

Е. И. РЕГИРЕР

ГРАММОФОННАЯ  
ПЛАСТИНКА

ГОСХИМИЗДАТ  
1940

Е. И. РЕГИРЕР

# ГРАММОФОННАЯ ПЛАСТИНКА

ЗВУКОВЫЕ КАЧЕСТВА,  
ТЕХНОЛОГИЯ,  
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ХИМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА

1940

ЛЕНИНГРАД

КНИГА ПРЕДСТАВЛЯЕТ МОНОГРАФИЮ, СОДЕРЖАЩУЮ  
ВСЕСТОРОННИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРАММОФОННОЙ ПЛА-  
СТИНКЕ И ЕЕ ТЕХНОЛОГИИ.

КНИГА РАССЧИТАНА НА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
РАБОТНИКОВ ЗАВОДОВ ГРАММОФОННЫХ ПЛАСТИНОК,  
НО МОЖЕТ ПРЕДСТАВИТЬ ИНТЕРЕС И ДЛЯ РАБОТНИ-  
КОВ СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ: ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПЛАСТ-  
МАСС, ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ, РАДИОТЕХНИКИ; ЗВУКО-  
ВОГО КИНО.

## ОТЦУ МОЕМУ

*к семидесятилетию жизни  
и сорокатрехлетию инженерной деятельности  
хотел я посвятить эту книгу.  
Памяти его  
вынужден я посвятить ее теперь.*

Отв. редактор *М. А. Григорук*

Техредактор *П. В. Погуокик*

Сдано в набор 2/ХІІ 1938 г. Подписано к печати 13/ХІІ 1939 г.  
Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Уполномоченный Главлита № А-21402. Тираж 1500 экз.  
Печ. л. 47<sup>1</sup>/<sub>4</sub> + 7 вклеек. Уч.-авт. л. 56. Доп. № 6226. Инд. 36-5-3 (4).  
Изд. № 13. ТКС № 12. Заказ № 1289.  
Тип. зн. в. 1 бум. л. 102816. Бумага Вишерской ф-ки.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

«Точный состав каждой марки граммофонных пластинок охраняется как торговый секрет... Секретность состава массы и количественных соотношений компонентов может быть сохранена путем присвоения всем исходным материалам ложных названий, основанных на признаках внешнего сходства, и путем замены гирь, тщательно избегаемых на предприятии, разноцветными, наполненными нужным весом свинцовой дроби брезентовыми мешечками».

Так поучает книга, являющаяся сегодня наиболее современным и обстоятельным трудом в области производства граммофонных пластинок\*. Эта цитата лучше, чем что-либо иное, характеризует положение зарубежного производства граммофонных пластинок, боящегося конкуренции и старающегося поэтому охранить свою технологию от разглашения. Эта же цитата характеризует, к сожалению, и техническую литературу этого производства.

Замкнутость этой отрасли промышленности породила не-правильные о ней представления. Те, кто не имел возможности побывать на этом производстве, ожидают встретить в нем какие-то особенные приемы, не известные в других отраслях. Напротив, побывавшие на этом производстве, разочаровываются отсутствием подобных эффектных приемов.

Первые полагают, что изготовить граммофонную пластинку очень сложно; вторые, напротив, считают, что изготовление ее исключительно просто.

Оба эти представления в сущности верны, но лишь с известными ограничениями. Именно, простота выражается в том, что изготовление посредственных граммофонных пластинок, действительно, доступно рядовому кустарю, а сложность состоит в том, что массовое изготовление стабильно-высококачественных пластинок требует весьма квалифицированного сознательного учета влияния тонких деталей каждой операции, так как в готовой пластинке суммируются недостатки всех промежуточных производственных стадий.

В СССР производство граммофонных пластинок еще шесть лет тому назад стояло на ступени простого кустарного изготовления посредственных пластинок. Отсутствие технической изученности и научной обоснованности приводило к технологическому несовершенству процесса и к качественной неудовлетворительности продукции.

22 сентября 1933 г. Совнарком СССР вынес специальное постановление\*\* о реконструкции и развитии этой отрасли промышленности. Во вступительной части этого постановления говорилось:

«Совет народных комиссаров Союза ССР отмечает, что улучшение материального положения и огромный культурный рост широких масс трудящихся Союза ССР предъявляют все растущий спрос на музыкальные инструменты и, в частности, на граммофоны и граммофонные пластинки, как инструмент, наиболее доступный массам трудящихся.

Однако промышленность, производящая граммофоны и граммофонные пластинки, работает совершенно неудовлетворительно... производство остается кустарным и невысокого качества. Пластинки, производящиеся полуручным способом, не дают должного звучания, репертуар и исполнители неудовлетворительные. Между тем, при сравнительно небольших затратах, большая часть необходимого оборудования могла бы быть произведена на заводах Союза ССР, а при улучшении технического руководства и контроля качество продукции могло бы быть значительно повышено».

В результате намеченных этим постановлением мероприятий и благодаря дальнейшей помощи партии и правительства в граммофонно-пластиночном производстве наступил резкий перелом.

Промышленность пережила период бурного роста и продолжает развиваться дальше.

Увеличение числа новых специалистов наряду с оснащением предприятий более совершенной техникой рождает потребность в литературе, посвященной этому производству, тем более, что число выпускаемых пластинок в СССР систематически возрастает (уже сейчас ежедневный выпуск составляет более 200 тыс. шт.) и вместе с количеством возрастает необходимость повышения качественного уровня пластинки.

Предлагаемой книгой делается попытка хотя бы в некоторой мере удовлетворить эту потребность в литературе и дать, не останавливаясь на описании отдельных предприятий, основы

\*H. Courtney Bryson, The Gramophone record. London 1935, стр. 189.

\*\* См. Собрание Законов и Распоряжений, отд. 1, 1933 г. № 62, ст. 372, декрет № 2084.

общей технологии. Такое ограничение автор считает тем более уместным, что подробное описание наших предприятий и принятой в них технологии Главширпотреб предполагает издать отдельно в виде технологических карт, подготовляемых ныне к печати.

Технология этого производства характерна отнюдь не тем, что содержит какие-то особые, неизвестные другим отраслям, процессы, а тем, что основана на сплетении столь удаленных обычно друг от друга областей, как электроакустика, электрохимия и технология пластмасс.

Производство граммофонных пластинок является в основном отраслью химической технологии и кадрами этого производства должны быть специалисты с химико-технологическим уклоном; поэтому в этой книге вводные химические сведения в значительной мере опущены, а вводным акустическим, напротив, уделено внимание, причем изложение акустических сведений дано в доступном виде.

Поскольку автор стремился дать по возможности широкий охват вопросов, связанных с техникой граммофонной пластинки, пришлось останавливаться более подробно на разделах, сведения о которых в литературе весьма разбросаны. В тех случаях, когда в рассматриваемой отрасли не доставало материала по какому-либо вопросу, автор старался привлечь родственный материал из смежных отраслей.

Автор считает своим долгом выразить благодарность Специальному Всесоюзной библиотеки им. Ленина за содействие в получении некоторых отсутствующих в СССР книг и журналов — из библиотек других стран по межбиблиотечному абонементу.

Чертежи и номограммы для книги выполнила В. Е. Регирер. Большинство фотографических репродукционных работ выполнил А. А. Депрейс.

Рецензентом книги, проф. И. Е. Гороном, при чтении законченной рукописи сделан был ряд ценных замечаний, принятых с благодарностью.

Выражая искреннюю признательность всем лицам, так или иначе благоприятствовавшим появлению этой книги, автор заранее признателен и всем тем, кто укажет на ее недостатки.

Замечания автор просит направлять по адресу: Москва 80, Ново-Алексеевская 7, кв. 9.

Автор

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	18
<b>ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ЗВУКОВЫЕ КАЧЕСТВА ГРАММОФОННЫХ ПЛАСТИНОК</b>	
<b>Глава I. Физика механических колебаний . . . . .</b>	<b>19</b>
1. Колебательное движение (19). 2. Простое (гармоническое) колебание (20). 3. Сложные колебания (23). 4. Колебания звуковой частоты (24). 5. Распространение звуковых колебаний (26). 6. Звуковое давление (31). 7. Звуковой резонанс (33).	
<b>Глава II. Слух . . . . .</b>	<b>36</b>
8. Субъективность слуха (36). 9. Порог слышимости (38). 10. Психо-физический закон (40). 11. Острота слуха (42). 12. Тонкость слуха (45). 13. Болевая граница (46). 14. Зона слуховых ощущений (48). 15. Сложные звуки (52). 16. Маскирование (53). 17. Аккомодация и адаптация (54). 18. Бинауральный эффект (57). 19. Сосредоточенность слуха (58).	
<b>Глава III. Музыкальные звуки и шумы . . . . .</b>	<b>60</b>
20. Основной тон, обертоны (60). 21. Биения, консонанс (61). 22. Музыкальный строй (66). 23. Особенности звучания отдельных музыкальных инструментов (68). 24. Человеческий голос (75). 25. Шумы (78). 26. Динамика звукового процесса (80). 27. Практические громкости разных звуков (81).	
<b>Глава IV. Условия хорошего звуковоспроизведения . . . . .</b>	<b>85</b>
28. Артикуляция (85). 29. Диапазон передаваемых частот (86). 30. Частотная характеристика и линейные искажения (93). 31. Амплитудная характеристика и нелинейные искажения (96). 32. Нелинейные искажения слухового аппарата (101). 33. Восприятие нелинейных искажений (103). 34. Несоответственная громкость (106). 35. Устаивающие звуки (108). 36. Реверберация (109). 37. Поглощение звуков (116). 38. Звукоизоляция (119). 39. Объемный эффект (121). 40. О „натуральности звучания“ пластинки (123).	
<b>Глава V. Фонограмма на пластинке . . . . .</b>	<b>126</b>
41. Канавка (126). 42. Размеры пластинки (128). 43. Плотность записи (130). 44. Длительность игры (132). 45. Влияние линейной скорости на фонограмму (134). 46. Амплитуда записи (137). 47. Внешние признаки характера фонограммы (141). 48. Долгоиграющая пластинка (146). 49. Глубинная запись (149). 50. Экцентриситет фонограммы (152).	
<b>Глава VI. Шипение граммофонной пластинки . . . . .</b>	<b>157</b>
51. Трение (158). 52. Спектр шипения (161). 53. Аналитическая характеристика шипения (164). 54. Динамический диапазон (166).	
<b>ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС</b>	
55. Деление процесса (169). 56. Схема производства (170).	
<b>Глава VII. Восковой сплав . . . . .</b>	
57. Требования, предъявляемые к воскам для звуковой записи (174). 58. Составление рецепта воскового сплава (176).	

59. Процесс приготовления воскового сплава (186). 60. Обточка (190). 61. Шлифовка (192). 62. Контроль диска, хранение его (195).	
<b>Глава VIII. Звукозапись</b> . . . . .	199
63. Студия (199). 64. Расположение микрофонов и исполнителей (202). 65. Микрофон (205). 66. Рекордер (209). 67. Тракт (211). 68. Микширование (215). 69. Станок для записи и его обслуживание (218). 70. Специальные приемы (227).	
<b>Глава IX. Изготовление матриц</b> . . . . .	234
71. Схемы гальванического процесса (234).	
1. Проводящий слой . . . . .	236
72. Графитирование (237). 73. Бронзирование (239). 74. Химическая металлизация (239). 75. Катодное распыление (245). 76. Другие методы (251).	
2. Гальванический процесс . . . . .	252
а) Основы гальванического процесса . . . . .	252
77. Закон Фарадея (252). 78. Уравнение Нерста (253). 79. Электролиз (257). 80. Поляризация (259). 81. Расход энергии (265). 82. Концентрация водородных ионов (268). 83. Строение металла (271). 84. Кристаллизация металла на катоде (273). 85. Пористость (277). 85. Распределение металла (278).	
б) Медное отложение . . . . .	283
87. Электролит (283). 88. Режим (294).	
в) Никелевое отложение . . . . .	299
89. Электролит (299). 90. Режим (306).	
г) Хромовое отложение . . . . .	308
91. Электролит (308). 92. Режим (312).	
д) Оборудование гальванического процесса . . . . .	316
93. Ванны (316). 94. Циркуляция и фильтрация (318). 95. Перемешивание (319). 96. Крепление анодов и катодов (321). 97. Конструктивные примеры (323). 98. Контрольные устройства (328).	
3. Вспомогательные операции . . . . .	329
99. Разделительный слой (329). 100. Обезжиривание (334). 101. Прочие химические операции (335). 102. Полировка (336). 103. Центрирование (342). 104. Гравировка (344). 105. Напайка (345). 105. Механические обработки (347).	
4. Процесс изготовления матриц в целом . . . . .	348
107. Построение процесса (348). 108. Отличие между гальванопластическим и гальваностегическим отложением (353). 109. Выбор металла и варианты процесса (357).	
<b>Глава X. Пластиночный состав</b> . . . . .	361
1. Физико-химия массы . . . . .	
110. Компоненты (361). 111. Пластичность (362). 112. Взаимоотношения связующего и наполнителя (367). 113. Смолоемкость (374). 114. Выгодность наполнителя (377). 115. Скважность (380). 116. Гранулометрический состав (384). 117. Составление рецепта (390).	
2. Связующие . . . . .	393
а) Шеллак . . . . .	393
118. Шеллакдающие насекомые (393). 119. Кормовые растения (398). 120. Районы добычи шеллака (400). 121. Получение шеллака (402). 122. Сорта шеллака (408). 123. Экономика шеллака (410). 124. Применение шеллака (412). 125. Химия шеллака и шеллака (413). 126. Свойства шеллака (422).	
б) Другие связующие . . . . .	431
127. Естественные смолы (432). 128. Битуминозные и другие вещества (435).	
3. Наполняющие, красящие, армирующие и прочие вещества . . . . .	435
129. Минеральные наполнители (436). 130. Сажа (439). 131. Армирующие вещества (442). 132. Прочие вещества (443).	
<b>Глава XI. Приготовление массы</b> . . . . .	445
133. Сушка (445). 134. Подготовка боя (446). 135. Дробление и пульверизация (448). 136. Сита (452). 137. Машины для просеивания (456). 138. Воздушная сепарация (459). 139. Фильтрация воздуха (461). 140. Отмагничивание (462). 141. Дозирование (463). 142. Смешение (464). 143. Мастикация (467). 144. Калаидрирование (475). 145. Подготовительный цех в целом (478).	
<b>Глава XII. Прессование пластинок</b> . . . . .	488
146. Процесс прессования (488). 147. Прессформа (493). 148. Режим прессования (501). 149. Конструктивные детали (507). 150. Пресс в целом (512). 151. Обслуживание прессы (520). 152. Дефекты пластинки (522). 153. Вспомогательное хозяйство (529).	
<b>Глава XIII. Пластинки других типов</b> . . . . .	534
154. Классификация пластинок по типам (534). 155. Искусственные смолы и другие материалы, предложенные для граммофонных пластинок (535). 156. Однослойные наполненные пластинки (542). 157. Однослойные монолитные пластинки (544). 158. Слоистые пластмассовые пластинки (545). 159. Слоистые прокладочные пластинки (546). 160. Значение пластинок других типов (550). 161. Проблема освобождения от шеллачной зависимости (553).	
<b>Глава XIV. Заключительные и вспомогательные операции</b> . . . . .	557
162. Шлифовка борта (557). 163. Браковка готовых пластинок (558). 164. Упаковка (560). 165. Полиграфическо-картонажные работы (561).	
<b>Глава XV. Контроль производства</b> . . . . .	567
166. Отбор средней пробы (567). 167. Механические испытания [приготовление образцов (569), прочность на излом (571), твердость (580)]. 168. Термические испытания (588). 169. Электроакустические испытания [измерение негладкости, как источника шипения (595), измерение неправильности формы канавок, как источника искажений (598)]. 170. Микроскопические испытания (599). 171. Физико-химические испытания (601). 172. Химический анализ (602). 173. Технологические пробы (603).	

<b>Глава XVI. Организация производства</b> . . . . .	605
174. Хозяйственное разделение предприятия (605). 175. Расположение цехов (606). 176. Планирование производства (608). 177. Организация труда (612). 178. Учет производства (615)	
<b>ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ</b>	
<b>Глава XVII. Техника эксплуатации граммофонных пластинок</b> . . .	618
179. Контроль числа оборотов (618). 180. Движение тоннара (622). 181. Воспроизведение адаптером (628). 182. Воспроизведение мембраной (634). 183. Игла (636). 184. Износостойкость пластинки (646). 185. Обращение с пластинками (648).	
<b>Глава XVIII. Применение граммофонных пластинок</b> . . . . .	653
186. Музыкальные пластинки (653). 187. Пластинки — учебные пособия (654). 188. Иммитационные пластинки (655). 189. Документальные пластинки (657). 190. Демонстрационные пластинки (658). 191. Измерительные пластинки (658). 192. Пластинки киносопровождения (660). 193. Фоновизионные пластинки (661). 194. Пластинки других назначений (664).	
<b>Глава XIX. Пластинки прямого воспроизведения</b> . . . . .	666
195. Общие сведения (666). 196. Материалы, применяемые для записи пластинок прямого воспроизведения (667). 197. Особенности записи (669). 198. Ведущий механизм (671).	
<b>Глава XX. Исторический обзор</b> . . . . .	676
199. Положение граммофона в ряду других звуковых устройств (676). 200. Фиксация звука (678). 201. Обратимость записи, изобретение фонографа и граммофона (680). 202. Осуществление фонографа (684). 203. Развитие фонографа и осуществление граммофона (687). 204. Усовершенствование граммофона (692). 205. Развитие гальванотехники (694). 206. Развитие технологии пластических масс (698). 207. Развитие производства граммофонных пластинок (702).	
<b>Глава XXI. Конкуренция граммофонной пластинки</b> . . . . .	707
208. Отличительные черты методов записи (707). 209. Приемы механического оставления следа (708). 210. Приемы магнитного оставления следа (709). 211. Приемы фотохимического оставления следа (711). 212. Приемы электрохимического оставления следа (714). 213. Разные приемы записи колебаний (715). 214. Выбор приема оставления следа для звукового кино (716). 215. Размножение при разных методах звукозаписи (717). 216. Связь между отдельными методами (718). 217. Граница между аутофонами и репетофонами (721).	
<b>Замечания о терминологии</b> . . . . .	723
<b>Библиография</b> . . . . .	728
<b>Приложения</b>	
ОСТ НКМ 4213. Иглы граммофонные . . . . .	732
ОСТ НКМ 20022. Граммофоны портативные . . . . .	735
ОСТ НКМ 20023. Детали граммофона, сопрягаемые с граммофонной пластинкой, иглой и мембраной . . . . .	739
ОСТ 23018—39. Пластинки граммофонные шеллачные . . . . .	741
<b>Именной указатель</b> . . . . .	746
<b>Предметный указатель</b> . . . . .	752

### СОКРАЩЕНИЯ НАЗВАНИЙ ЖУРНАЛОВ И СЛОВАРЕЙ

ЖПФ . . . . .	Журнал прикладной физики. М.-Л.
ЖРП . . . . .	Журнал резиновой промышленности. М.-Л.
ЖТФ . . . . .	Журнал технической физики. М.-Л.
ЖХП . . . . .	Журнал химической промышленности. М.-Л.
МС . . . . .	Минеральное сырье. М.
ПМ . . . . .	Пластические массы. Л.
РФ . . . . .	Радиофронт. М.
AdePh . . . . .	Annales de physique. Paris.
AderPh . . . . .	Annalen der Physik. Leipzig.
AEG . . . . .	AEG-Mitteilungen. Berlin.
BSTJ . . . . .	The Bell System Technical Journal. N. Y.
ChZ . . . . .	Chemisches Zentralblatt. Berlin.
CR . . . . .	Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des sciences. Paris.
Gum . . . . .	Gummi-Zeitung. Berlin.
ENT . . . . .	Elektrische Nachrichten-Technik. Berlin.
ETZ . . . . .	Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin.
FuL . . . . .	Farbe und Lack. Zentralblatt der deutschen Farben- und Lackindustrie.
FT . . . . .	Filmtechnik. Halle.
HeIR . . . . .	Helios. Fachzeitschrift für Elektrotechnik. Beilage: Radio-Technik u. Export. Leipzig.
JASA . . . . .	The Journal of the Acoustical Society of America. Menasha, Wisconsin.
JFri . . . . .	The Journal of the Franklin Institute. Philadelphia.
JSMPE . . . . .	Journal of the Society of motion picture engineers. N. Y.
KS . . . . .	Kunststoffe, Zeitschrift für Erzeugung und Verwendung veredelter oder chemisch hergestellter Stoffe. München.
KT . . . . .	Kinotechnik. Zeitschrift für Technik im Film. Berlin.
MetI . . . . .	The Metal Industry. London.
PhRev . . . . .	Physical Review. N. Y.
PhZ . . . . .	Physikalische Zeitschrift. Leipzig.
PIRE . . . . .	Proceedings of the Institute of Radio Engineers. N. Y.
RMP . . . . .	Revue Générale des matières plastiques. Paris.
Siem . . . . .	Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. Berlin.
TAECs . . . . .	Transactions of the American Electrochemical Society. N. Y.

- ZanCh . . . . Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. Leipzig.  
 ZECh . . . . Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie. Berlin.  
 ZphCh . . . . Zeitschrift für physikalische Chemie. Leipzig.  
 ZPh . . . . Zeitschrift für Physik. Berlin.  
 ZtPh . . . . Zeitschrift für technische Physik. Leipzig.  
 VDI . . . . Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin.
- Бр. Е. . . . . Энциклопедический словарь изд. Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефроя.  
 ТЭ . . . . . Техническая энциклопедия. М. 1929—1936 гг.  
 Спр. ТЭ . . . . Справочник физических, химических и технологических величин. Приложение к ТЭ.

В ссылках принята следующая система обозначений: слова „год“, „том“ „выпуск“, „страница“ и т. д. опускаются и заменяются знаком: год — *запятой*, том, часть, серия — *точкой с запятой*, выпуск, номер, тетрадь — *двоеточием*, страница — *точкой*. Например, 1933 год, 28 том, 6 выпуск, стр. 115 обозначается так: 1933, 28; 6:115.

## ВВЕДЕНИЕ

«Великая победа над временем одержана граммофоном» \* — в этом его огромное культурное значение. Современная техника звукозаписи позволяет закреплять звуки определенного отрезка времени и вызывать желаемое звучание вновь и вновь, подобно тому как кинематография позволяет сохранять и повторять по желанию зрелище.

Для сохранения зрелища — получения фотографического изображения — пользуются косвенным (относительно указанной цели) свойством света — тем, что освещение некоторых веществ (например солей серебра) вызывает в них физико-химические изменения.

Для фиксирования звука пользуются тем *основным* его свойством, что звучание не отделимо от механической подвижности — без перемещения, без движения, хотя бы малого, для глаз не заметного, нельзя издать ни одного звука (поэтому, в частности, в пустоте, где нечему перемещаться, не передаются звуки). Запись звука, каким бы способом она ни производилась, есть поэтому всегда запись *движения* \*\*.

Звук связан с определенным незначительным колебательным перемещением, — в этом можно убедиться *осязательно*. Можно, например, почувствовать рукой колебание диффузора репродуктора или деки виолончели. Можно убедиться в этом и *зрительно*: мы можем видеть, как во время звучания струнных инструментов колеблются их струны, а во время звучания духовых инструментов — колеблется язычок.

\* Цит. по граммофонной пластинке „Речь о культурном значении граммофона“.

\*\* Звук всегда связан с движением, но надо сразу же заметить, что далеко не всякое движение вызывает звук.



Наконец, даже в случае, когда это трудно уловимо наощупь и на-глаз, мы можем с физической объективностью убедиться в том, что звук связан с колебанием. Приделаем для этого к любому звучащему телу (например к деке виолончели, диффузору репродуктора или к камертону, как это показано на рис. 1) штифт, который будет оставлять след своего движения на закопченном стекле или бумаге. Если мы (приведя смычком по камертону или каким-либо иным путем) заставим камертон звучать, — штифт прочертит линию *AB*. Если при незвучащем камертоне мы протянем бумагу в поперечном относительно линии *AB* направлении, показанном стрелкой, штифт прочертит линию *CD*. Но если мы одновременно заставим камертон звучать и будем с постоянной скоростью протягивать бумагу, на бумаге окажется вычерченная показанная на рисунке кривая.

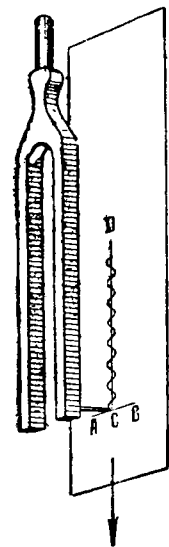


Рис. 1.

Впервые опыты подобной записи проделаны были сто лет назад.

Рассматривая кривую, мы видим с полной наглядностью, что звук представляет ряд последовательных колебаний. Несколькими опытами нетрудно убедиться в том, что чем выше тон взятого нами камертона, тем больше волн будет на одном и том же протяжении бумаги, а чем громче звук — тем больше будут подниматься самые волны. Заменяв камертон виолончелью, получим значительно более сложную кривую. Не вдаваясь в более подробное изучение этого опыта, сейчас важно лишь отметить зависимость между звучанием и формой кривой.

Но тот опыт, который мы сейчас проделали, есть не что иное, как запись звука.

*Запись звука, каким бы способом она ни производилась, всегда сводится к запечатлению соответствующей звучанию вибрации путем местного изменения свойств тела, воспринимающего эту вибрацию; элемент времени закрепляется при этом относительным перемещением воспринимающего тела.*

В 1937 г. исполнилось шестьдесят лет с тех пор, как была впервые высказана блестящая идея обратимости записи,

идея, на которой основано всякое звуковоспроизведение. Смысл ее в основном таков: *если соответствующие какому-либо звучанию колебания зарегистрированы во времени в виде пространственного следа, то, обратно, тело, приведенное в колебательное движение при помощи этого следа, будет издавать звуки, подобные записанным.*

Вся задача воспроизведения состоит поэтому в том, чтобы заставить тело колебаться в точном соответствии с теми колебаниями, которые были зарегистрированы. Для этого прежде всего нужно уметь использовать самый пространственный след для создания вторичных колебательных движений.

Пространственный след может быть и незаметным для глаз (латентное фотографическое изображение, изменение магнитных свойств). В случае граммофонной пластинки применяется след, произведенный путем изменения формы воспринимающего тела, что позволяет использовать этот след для воспроизведения простейшим механическим путем.

Для того чтобы с помощью пространственного следа, зафиксированного в определенной форме на воспринимающем теле, стало возможным получить вторичное звучание, необходимо, во-первых, чтобы какое-либо тело могло приходить в колебания, соответствующие любым звукам, и, во-вторых, чтобы этому телу было принудительно сообщено то колебание, которое зафиксировано в виде пространственного следа.

Ударяя по колоколу, мы всегда слышим звон, а не писк или свист, и потому на первый взгляд кажется невероятным, чтобы какое-либо тело было способно по выбору издавать любой из этих звуков. Можно ли, например, бумагу заставить издавать звуки, тождественные несущимся от тяжелого металлического колокола? Оказывается можно.

Разве не приходилось нам слышать по радио не только звон, но и самые разнообразные звуки и разве не бумажный диффузор какого-нибудь репродуктора передавал все эти звуки? Ударенная простым толчком бумага не способна прийти в такое колебательное движение, звук которого напомним нам звон тяжелого колокола. Но, вынудив бумагу с помощью специального устройства вибрировать желательным образом, мы заставим ее издавать разнообразнейшие звуки. Это свойство, отнюдь, не специфическое свойство бу-

маги и в диффузорах применяют бумагу лишь благодаря некоторым ее практическим преимуществам, на которых здесь останавливаться нет надобности. Сейчас важно установить, что тело может быть при известных условиях приведено в колебания, создающие самые разнообразные звуки.

Остается выяснить способ, с помощью которого можно принудительно сообщать какому-либо телу любые желательные движения, в частности те, которые были зафиксированы при записи звука.

Поскольку для рассматриваемого случая граммофонной пластинки существенны, как уже сказано, *механические* пути передачи движения, остановимся на опыте, произведенном еще в 1681 г. знаменитым Робертом Гуком (Robert Hooke) \*\*\*.

Рис. 2 показывает диск с укрепленными в нем зубьями, способный вращаться вокруг своей оси. Заставляя этот диск вращаться и подводя к нему до соприкосновения с зубьями листок плотной (например ватманской) бумаги, мы

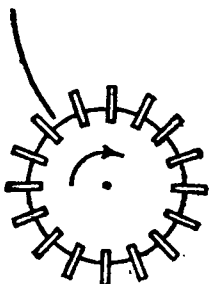


Рис. 2.

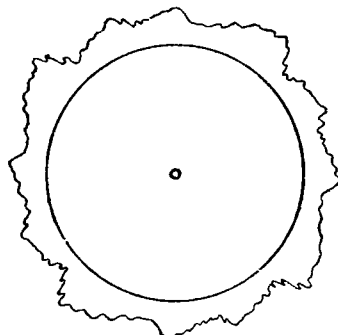


Рис. 3.

услышим при медленном вращении щелчки от отдельных ударов, которые при ускорении вращения заменятся одним сплошным тоном, становящимся все выше по мере дальнейшего повышения числа оборотов. Этот тон уже совершенно не похож на звуки, издаваемые бумагой при простом толчке.

Еще более разнообразные звуки мы получим, усложняя форму зубьев диска, придающих бумаге движение. Так, например, диск, имеющий форму, показанную на рис. 3, даст

\*\*\* Этот опыт более известен в физике под названием „колеса Савара“, хотя Савар (Savart) проделывал подобные опыты на полтора столетия позже.

при 1500 об/мин звук произнесенной человеческим голосом буквы «у».

Прикрепив к колоколу записывающий штифт, произведя запись звучания колокола соответственно рис. 1 и придав затем диску профиль, соответствующий этой записи, мы, вращая диск с таким профилем, можем заставить касающуюся его бумагу издавать звуки колокольного звона, потому что бумага будет колебаться так, как колебался звеневший колокол.

Этими экспериментами мы иллюстрировали, по существу, и технику механического воспроизведения звукозаписи. Применяемая на практике система отличается от только что описанной, главным образом, тем, что передача движения от носителя записи к приемнику колебаний осуществляется с помощью более надежной механической связи тел.

При граммофонном воспроизведении носителем записи является граммофонная пластинка, а телом, излучающим всевозможные колебания, — диафрагма мембраны. С точки зрения кинематики механизмов передача движения от граммофонной пластинки к игле (составляющей одно кинематическое целое с рычагом мембраны, передающим движение диафрагме мембраны) может быть отнесена к классу кулачково-эксцентриковых \*\*\*\*.

Граммофонная пластинка может быть с этой кинематической точки зрения охарактеризована как диск, в котором имеется паз (называемый в граммофонной пластинке канавкой), сообщающий при вращении пластинки колебательное движение ходящему в этом направляющем пазе кулачку (роль которого выполняет граммофонная игла).

Форма извилистостей этой канавки определена теми вибрациями, которые имели место при записи; эта форма обусловлена поэтому звучанием во время записи и в свою очередь обуславливает звучание при воспроизведении, так как заставляет иглу совершать вибрации, соответствующие вибрациям первоначального звучания.

Таким образом ясно, что *граммофонная пластинка несет чисто механические функции, являясь по существу сменной деталью ма-*

\*\*\*\* О кинематическом анализе механизма всего гонарма см. вкратце Малышев в А. С., Кинематика механизмов, 1933, стр. 370.

шины. Поэтому любой материал, способный принять необходимую форму извилин канавки и сохранить ее при движении по этой канавке иглы, вызовет на граммофоне звучание.

Если далеко не всякий материал удовлетворяет этим простым на вид требованиям, то происходит это по следующим двум причинам.

Во-первых, точность соблюдения формы извилин канавки должна быть очень высока — мы увидим ниже, что самое большое отклонение канавки от средней линии (т. е. ход эксцентрика в приведенном выше толковании) не превышает 0,07 мм, будучи обычно еще намного меньше этой и без того малой величины.

Во-вторых, как показано будет ниже, удельная нагрузка, оказываемая на материал пластинки иглой, проходящей по канавке, имеет ту же величину, что и удельная нагрузка, оказываемая на железнодорожный рельс самым тяжелым паровозом.

Суммируя все изложенное, можем сказать, что *граммофонная пластинка является деталью очень высокой точности, работающей при исключительно больших нагрузках.*

Описание этой детали и ее изготовления и составляет задачу этой книги.

В первой части книги будет рассмотрена главным образом связь между звучанием и характером извилистостей канавки. Во второй части будет описано производство граммофонной пластинки. В третьей части будут рассмотрены условия эксплуатации пластинки, а также даны будут о ней общие и исторические сведения.

## Глава I

**ФИЗИКА МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ****1. Колебательное движение**

В приведенном выше опыте Гука-Савара имело место явление колебательного движения; для идеального случая это явление можно представить следующим образом. Тело (лист плотной бумаги в рассмотренном примере) под действием толчка отклонялось из своего положения равновесия; однако по мере того как оно отклонялось, возрастали силы упругости, старавшиеся вернуть его в положение равновесия, и, наконец, силы эти оказывались достаточными, для того чтобы уравновеситься с силой толчка. В этот момент кинетическая энергия толчка оказывалась полностью превращенной в потенциальную энергию отклоненного тела. Затем уже тело, стремясь под действием сил упругости вернуться к своему состоянию равновесия, **начинало** перемещаться в обратном направлении, причем **потенциальная энергия** обратно переходила в кинетическую и **оказывалась полностью** в нее перешедшей в тот момент, когда **тело достигало снова** положения равновесия. С этого момента **возникали направленные в обратную сторону** силы упругости и **потому движение замедлялось** до тех пор, пока тело снова не останавливалось, **на этот раз по другую сторону** своего положения равновесия, в **точке, где силы инерции и упругости были снова уравнены, а кинетическая энергия была нацело обращена в потенциальную.** Тогда процесс продолжался в том же духе и тело возвращалось, проходя снова через положение равновесия, к точке наибольшего отклонения от начального положения и т. д.

Рассмотренное здесь движение является колебательным движением, так как под последним понимают такое, когда материальные точки какого-либо тела периодически вновь проходят через те точки пространства, в которых они находились в момент равновесия, т. е. в тот момент, когда на них еще не действовали силы, вызвавшие это колебательное движение.

Простейшим случаем колебательного движения является тот, когда *сила упругости*, ограничивающая отклонение тела от

его положения равновесия, пропорциональна этому отклонению. Если при этом, как в приведенном выше описании, кинетическая энергия нацело переходит в потенциальную и обратно (т. е. отсутствуют всякие необратимые процессы — потери), то колебательное движение носит название простого или гармонического колебания.

## 2. Простое (гармоническое) колебание

Покажем, что проекция точки, равномерно движущейся по окружности, на диаметр этой окружности совершает по этому диаметру простое гармоническое колебание. Это позволит выяснить основные понятия и закономерности гармонических колебаний.

Если радиус окружности равен  $A$ , а угол, определяющий положение точки на этой окружности (считая этот угол от нормали к линии колебаний, так как нормаль проходит через положение равновесия), равен  $\alpha$ , найдем, что смещение этой точки равно:

$$x = A \sin \alpha, \quad (1)$$

т. е. выражается синусоидой.

Время, в течение которого точка, движущаяся по окружности, совершает полный оборот ( $360^\circ$  или  $2\pi$ ), называется периодом колебания  $T$ . В качестве единицы времени принимают одну секунду.

Обратная величина периода колебания  $\frac{1}{T} = f$  ( $f$  — от слова frequency) есть число колебаний в секунду или частота колебаний. Для обозначения частоты принята единица 1 колеб./сек., называемая герц (в честь Hertz'a) и обозначаемая  $гц$  или  $Hz$ . Имеется и более крупная величина — килоцикл ( $кц$  или по немецкому обозначению — килогерц  $kHz$ ), равная 1000 колеб./сек.

Если выразить не число колебаний, а угол, пройденный точкой за единицу времени, получим так называемую угловую скорость или угловую частоту  $\omega$ , которая таким образом равна:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \text{ радиан/сек.} \quad (2)$$

Если за  $t$  секунд пройден угол  $\alpha$ , то:

$$\alpha = \omega t \text{ радиан.} \quad (3)$$

Угол  $\alpha$  называется фазой колебания. При  $\alpha = 90^\circ$ , т. е. при максимальном удалении от положения равновесия, отклонение по формуле (1) равно:  $x = A$ . Величина  $A$  называется амплитудой смещения (или просто амплитудой).

Величину отклонения  $x$  будем давать в сантиметрах.

Учитывая формулу (3), можно написать другое выражение для смещения:

$$x = A \sin \omega t. \quad (4)$$

Из механики известно, что скорость равна первой производной от пути по времени. Для нашего случая скорость перемещения проекции точки будет поэтому:

$$x' = \omega A \cos \omega t = 2\pi f A \cos \omega t \text{ см/сек.} \quad (5)$$

В дальнейшем  $x'$  будем называть колебательной скоростью. Будем иметь при этом в виду наибольшую ее величину, соответствующую  $\alpha = 0$  (и следовательно  $\cos \omega t = 1$ ). Эту наибольшую величину называют иногда амплитудой скорости.

Ускорение равно второй производной пути по времени, т. е. в нашем случае

$$x'' = -\omega^2 A \sin \omega t \text{ см/сек}^2$$

или, принимая во внимание формулу (4), можно написать

$$x'' = -\omega^2 x \text{ см/сек}^2. \quad (6)$$

Другими словами, имеется прямая пропорциональность между ускорением и отклонением. Вспомнив второе начало Ньютона, по которому ускорение пропорционально действующей силе, можем утверждать, что в рассмотренном случае, где очевидно также действовала некоторая сила, отклонение пропорционально действующей силе, а это по сказанному в § 1 характерно для гармонического колебания. Этим и доказывается, что синусоидальное колебание отвечает случаю простого, гармонического, колебания.

Закон изменения синусов и косинусов представляет в тригонометрии простейший случай периодического процесса и нас не должно удивлять поэтому то, что простое гармоническое колебание выражается именно синусоидой<sup>1</sup>. Однако, чтобы сделать это более наглядным, убедимся в этом и графически. Пусть (рис. 4)  $4-10$  представляет гот диаметр, по которому происходит колебательное движение некоторой точки, занимающей последовательно положения  $O$  (равновесие),  $M$ ,  $N$ ,  $4$ ,  $X$ ,  $M$ ,  $O$ ,  $M_1$ ,  $X_1$ ,  $10$ ,  $X_1$ ,  $M_1$ ,  $O$ . Эти точки являются

<sup>1</sup> Исходя из требования построить движение, при котором отклонение пропорционально силе, можно прийти к уравнению синусоиды: аналитически [см., например, Партингтон Д. Р., Высшая математика для химиков (пер. с англ.) Л. 1931, стр. 305]; автор счел, однако, возможным отказаться здесь, как и в ряде дальнейших случаев, от более строгого изложения (требующего в данном случае интегрирования дифференциального уравнения).

проекциями точек 1—12, изображающих (равным угловым сдвигом) равномерное движение по окружности. Заставив колеблющуюся точку чертить кривую на равномерно продвигаемой в поперечном направлении (что видно по одинаковым отрезкам на линии I—I) бумаге, мы (в результате пересечения горизонтальных и вертикальных линий) получим кривую I—II—III—IV—V—VI—VII—VIII—IX—X—XI—XII—I, представляющую синусоиду.

Рассматривая выражение (5), видим, что скорость имеет максимум при  $\cos \omega t = 1$ , что соответствует  $\alpha = 0^\circ$ , т. е. при прохождении через положение равновесия, и, напротив, минимум при  $\alpha = 90^\circ$ , когда  $\cos \omega t = 0$  и  $x' = 0$ , что имеет место в точках 4 и 10.

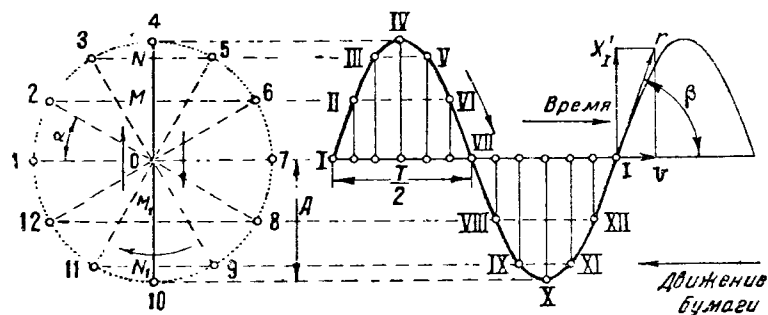


Рис. 4.

Форма полученной синусоиды зависит совершенно очевидным образом от скорости движения бумаги или иного носителя записи: чем быстрее бумага будет двигаться, тем более растянутой и пологой получится самая синусоида.

Наклон кривой в любой точке совпадает с направлением результирующего вектора, полученного в результате сложения известного уже нам вектора  $x'$  с вектором  $v$ , выражающим скорость носителя фонограммы. Например, в точках 4 и 10, где, как мы видели,  $x' = 0$ , соответствующий отрезок кривой горизонтален. На рис. 4 для точки I построен вектор  $x'_I$  и показано, что результирующая  $r$  совпадает в точке I с направлением синусоиды. Направление отрезка кривой в точке I, определяемое углом  $\beta$ , аналитически найдется из отношения:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x'_I}{v}. \quad (7)$$

Ясно, что при увеличении  $v$  уменьшается  $\operatorname{tg} \beta$ .

Не представляет трудности и определение энергии гармонического колебания.

Из общей механики известно<sup>2</sup>, что кинетическая энергия движущейся точки равна живой силе:

$$E_k = \frac{mv'^2}{2}. \quad (8)$$

Для найденного значения  $x'$  [значение из (5)]:

$$E_k = \frac{m}{2} \omega^2 A^2 \cos^2 \omega t. \quad (9)$$

Но сумма кинетической и потенциальной энергии постоянна:

$$E_k + E_p = E = \text{const.}$$

В нейтральном положении, когда  $x = 0$ ,  $\alpha = 0^\circ$  и  $E_p = 0$ , имеем:

$$\cos \omega t = 1 \quad \text{и} \quad E_k = E = \frac{m}{2} \omega^2 A^2 \quad (9a)$$

или, учитывая (2):

$$E = 2\pi^2 f^2 A^2 m. \quad (10)$$

Таким образом энергия гармонического колебания пропорциональна квадрату амплитуды. Из уравнения (10) видно также, что колебания низкой частоты должны иметь большие амплитуды, чтобы обладать такой же энергией, как колебания более высокой частоты.

### 3. Сложные колебания

Такие простые чисто синусоидальные колебания, как рассмотренные выше, встречаются на практике очень редко. Даже в лабораторных условиях представляет значительные трудности создание чисто синусоидального колебательного движения.

Сложением простых гармонических колебаний получается сложное колебание, графическое изображение которого не представляется более синусоидой. Однако если вид кривой этого колебания, независимо от его формы, периодически повторяется, т. е. если движение носит периодический характер, то, как бы сложно это движение ни было, его можно составить из ряда простых гармонических колебаний, выражаемых синусоидами рассмотренного выше типа. Это положение известно под названием теоремы Фурье (Fourier), впервые теоретически обосновавшего его.

Фурье показал, что всякую периодическую функцию можно представить в виде ряда:

$$f(x) = A + a_1 \sin x + a_2 \sin 2x + a_3 \sin 3x + \dots \\ \dots + b_1 \cos x + b_2 \cos 2x + b_3 \cos 3x + \dots \quad (11)$$

<sup>2</sup> См., например, Хвольсон О. Д., Курс физики, 1923, т. 1, стр. 104.

Так как в этом ряду встречаются функции косинуса, а мы говорили о синусоидах, напомним, что косинусоида имеет в точности тот же вид, что и синусоида, и лишь сдвинута в фазе.

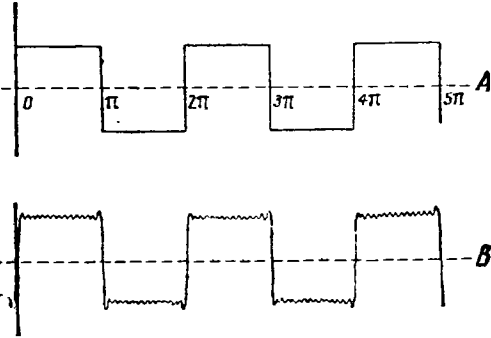


Рис. 5.

$$f(x) = \sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \frac{1}{7} \sin 7x + \dots$$

И действительно, на том же рисунке приведена кривая *B*, представляющая сумму лишь первых 15 членов приведенного ряда, однако уже совершенно явным образом приближающаяся к заданной форме кривой.

На приводимых ниже рис. 16 и 39 складываются каждый раз лишь две синусоиды, однако и в этом случае получаются кривые казавшие бы отдаленного от синусоиды характера. На этих рисунках, кстати, с полной наглядностью видна техника графического сложения синусоид.

Как уже указано, теорема Фурье предполагает наличие периодичности в колебаниях. Однако, имея какую-либо кривую, в которой периодичности не усматривается, мы можем условно сделать предположение, что не находим периодичности лишь потому, что нами взят участок, не выходящий за пределы одного периода, и, следовательно, также можем применять к ней все, что выводится на основе рассмотрения простого гармонического колебания.

#### 4. Колебания звуковой частоты

До сих пор говорилось о колебаниях вообще, а не специально о звуковых колебаниях. Но, строго говоря, «звуковые колебания» не есть самостоятельное физическое понятие. Звуковыми называют те колебания, частота которых такова, что они воздействуют на орган слуха человека (т. е. лежат в пределах, примерно, от 15 до 15 000 колебаний в секунду; подробнее об этом будет сказано в следующей главе).

Лежащие в этих пределах колебания мы воспринимаем как звук. Когда число колебаний выходит за эти пределы, мы перестаем слышать звуки.

Выражение «неслышимые звуки» представляет с этой точки зрения такое же неуместное сочетание, как, например, «красные чернила» или «сосновая дубина», но подобные выражения настолько распространены в языке, что мы очень часто даже не отдаем себе отчета в их несурзности; с ними приходится не столько бороться, сколько принудительно останавливать на них внимание.

Отдел физики, изучающий колебания, происходящие с звуковой частотой, называется акустикой. В последнее время понятие «акустики» несколько расширилось, так как она не ограничивает себя ныне рассмотрением лишь слышимых звуков<sup>3</sup>; аналогичное явление имеем и в оптике, которая также вышла за пределы видимого света, т. е. за пределы колебаний от 400 миллиардов ( $4 \cdot 10^{14}$ ) до тысячи миллиардов ( $1 \cdot 10^{15}$ ) в секунду, воздействующих на человеческий орган зрения.

Отличие между световыми и звуковыми колебаниями отнюдь не есть лишь отличие, связанное с разной частотой этих колебательных движений. Напротив, здесь имеют место явления *разного характера*. Следует разграничивать две области явлений: одна — периодические движения частиц (механические колебания) и другая — периодические электрические процессы (электромагнитные колебания). К первой области относятся акустические, ко второй — оптические явления. Наглядную обозримость их дает приведенная сводка (рис. 6), подчеркивающая, что соответствующие процессы не являются тождественными, хотя они и родственны<sup>4</sup>.

Из колебаний материальных частиц мы не воспринимаем тех, которые, как говорилось уже, по частоте выходят за пределы воздействующих на наш орган слуха.

Вообще же говоря, механические колебания значительно более распространены в природе, нежели это обычно полагают, и остаются для нас незаметными отнюдь не за малостью их (мы увидим ниже, как исключительно чувствителен

<sup>3</sup> Например, в последние полтора-два десятилетия уделяется усиленное внимание ультразвукам, имеющим частоту выше 15 000 гц и не улавливаемым ухом, но зато имеющим такие интереснейшие свойства, как способность убивать бактерии (ими, например, можно стерилизовать молоко), просвечивать металлы, удалять газы при плавке легированных сталей, улучшать дисперсность фотографических эмульсий и т. д.

<sup>4</sup> Мясников Л. Л. и Фрейман Л. С., «Современные проблемы физической акустики», 1935 г., гл. «Звуковые кванты». Рис. 6 не претендует ни на высокую точность границ, ни на полноту (в нем отсутствуют, например, радиоактивные и космические лучи).

наш слух к самым малым по интенсивности колебаниям), а лишь именно по причине своего частотного состава. Как много в окружающей нас среде медленных колебаний, т. е. колебаний с малой частотой, «инфразвуковых» колебаний, видно

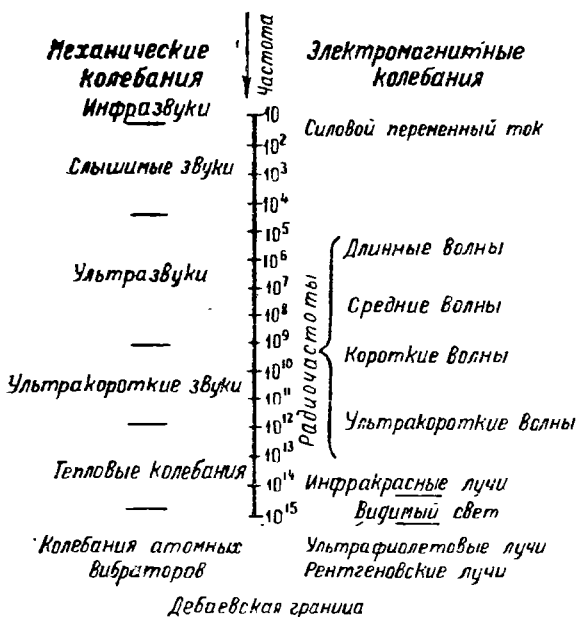


Рис. 6.

по микросейсам, записываемым высокочувствительными сейсмографами: например, даже в городах, столь удаленных от моря, как Вена, микросеймы обнаруживают сотрясения от морского прибой. Колебания почвы с периодом от тридцати секунд до нескольких минут вызываются морозом (это также видно на микросеймах)<sup>5</sup>; мы не воспринимаем этих колебаний и не «слышим мороза», как не слышим далеко на материке морского прибой только потому, что колебания с периодом больше  $\sim 0,05$  сек. находятся за границами нашего звукового восприятия, но вовсе не потому, что сами явления эти не сопровождаются колебаниями.

### 5. Распространение звуковых колебаний

Всякое тело, совершающее механические колебания, передает эти колебания другим соприкасающимся с ним телам, эти последние — еще дальше и таким образом в колебательное движение приходят все новые точки пространства, с чем и связано распространение механических колебаний, в частности звука.

Скорость распространения звуковых колебаний, или, как говорят, скорость звука, есть функция отношения упругости среды  $U$  к ее плотности  $\rho$ :

$$c = \Phi\left(\frac{U}{\rho}\right), \quad (12)$$

причем для газов под упругостью будем понимать величину давления  $P$ , умноженную на отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме  $k = \frac{c_p}{c_v}$ . Тогда, как это установил впервые Лаплас,

$$c = \sqrt{\frac{kP}{\rho}}. \quad (13)$$

Например, для воздуха  $\frac{c_p}{c_v} = 1,405$  и при

$$P = 1 \text{ ат абс.} = \frac{760}{736} \text{ ат техн.} = 1,031 \cdot 0,981 \cdot 10^6 \text{ дин/см}^2 = 1,014 \cdot 10^6 \text{ дин/см}^2$$

$$\rho = 0,001293 \text{ г/см}^3 \text{ для } 20^\circ \text{ и } 760 \text{ мм рт. ст.},$$

откуда при тех же условиях теоретическая скорость составит:

$$c = \sqrt{\frac{1,405 \cdot 1,014 \cdot 10^6}{0,001293}} = 3,31 \cdot 10^4 \text{ см/сек} = 331 \text{ м/сек.}$$

В действительности скорость звука имеет ту же величину<sup>6</sup>. Сопоставив эту скорость со скоростью света (в пустоте  $299\,860 \text{ км/сек}$ ), можно убедиться в том, насколько мала скорость звука. Но сравнение со скоростью света, наибольшей из всех наблюдаемых в природе скоростей, не дает наглядного представления о том, насколько медленно звук распространяется. Лишь немного наглядней станет цифра скорости звука, если вспомнить, что рекордная скорость, достигнутая гоночными самолетами, составляет уже более половины этой величины<sup>7</sup>. Чтобы действительно наглядно закрепить в памяти представление о медленности распространения звука, приведем следующий практический пример<sup>8</sup>: Войсковая часть с духовым оркестром во главе идет со скоростью  $5 \text{ км/час}$ , делая около 1400 двойных шагов на километр — таким образом, на один шаг приходится около  $0,5$  сек.; звук проходит за это время  $170 \text{ м}$  и, следовательно, все идущие на этом расстоянии от оркестра должны ступать правой ногой в то время, как идущие у самого оркестра ступают левой. Многие из зрителей примут такую несогласованность просто за недостаточную организованность идущих.

Нельзя, строго говоря, считать скорость звука не зависящей от силы звука: с увеличением силы звука возрастает и скорость его. Например, для случая взрыва скорость может

<sup>6</sup> Так как величины, входящие в формулу (13), не свободны от температурной зависимости, то и скорость звука зависит от температуры; она возрастает примерно на  $0,6 \text{ м}$  от прибавления каждого градуса Цельсия. Кроме того, она довольно заметно возрастает с повышением влажности воздуха. См. Geiger H. и Scheel K., Handbuch der Physik, V. VIII, стр. 623.

<sup>7</sup> Мировой рекорд (1934 г.)  $709 \text{ км/час}$ , т. е.  $197 \text{ м/сек}$ .

<sup>8</sup> Идея его высказана в книге Тиндаль Д., Звук (пер. с англ.), 1921, стр. 37.

<sup>5</sup> Гутенберг В., Основы сейсмологии, 1935, стр. 125.



достигать более километра в секунду. Хотя и для обычных значений силы звука скорость звука находится в некоторой зависимости от силы звука, все же с большой точностью можно считать скорость звука постоянной. Не будь это так, возникал бы ряд искажений, с которыми нам пришлось бы познакомиться; например, музыкальный отрывок на разных расстояниях от инструмента звучал бы совершенно по-разному.

В выражение для скорости звука не входит частота, другими словами, скорость звука не зависит от частоты. Это очень важный вывод верен при обычных условиях распространения звуков<sup>9</sup>.

Путь, проходимый звуком за период одного колебания:

$$L = \frac{c}{f} \quad (14)$$

носит название длины волны.

Принято говорить, что звук распространяется волной. Однако, пользуясь этим выражением, оговорим те особенности, которые отличают звуковую волну от волны для нашего представления наиболее обычной — волны на поверхности воды.

Когда по поверхности воды идут волны, отдельные частицы воды совершают, главным образом, колебания в вертикальной плоскости, т. е. в направлении, перпендикулярном к распространению волны. Такие волны называют *поперечными*. Другой вид волн — *продольные* волны — имеет место в том случае, когда частицы колеблются в том же направлении, в каком движется волна. Волна на воде вызывается действием силы тяжести. Звуковые же колебания основываются на силе упругости, которая, естественно, может вызывать в газах и жидкостях только продольные волны. Напротив, в твердых телах силы упругости могут вызывать не только продольные, но и поперечные волны. И действительно в твердых телах наблюдаются оба вида волн. Например, при сотрясениях земли, происходящих от сильных взрывов или землетрясений, к месту наблюдения сперва приходит продольная волна, а затем распространяющаяся медленнее поперечная; по промежутку времени между ними и устанавливается расстояние до очага землетрясения.

Наиболее существенным для нас способом передачи звуков является путь через воздух; эта передача всегда, как уже ска-

<sup>9</sup> Отклонения связаны с несущественными для нас условиями: с теплопроводностью, градиентом температуры, ветром и т. п. На скорость звука оказывают влияние и другие факторы, например, рентгеновские лучи увеличивают скорость звука; ультрафиолетовые лучи уменьшают скорость звука. Быть может эти влияния можно поставить в связь с замеченным изменением скорости звука со временем (от 1738 г. до 1919 г. скорость звука уменьшилась на 0,3%). Ф о л е й. Скорость звука Спр. ТЭ 10: 402).

зано, осуществляется продольными волнами, представляющими, в результате действия силы упругости, периодические уплотнения и разрежения.

Эти периодические уплотнения и разрежения, имеющие место при колебательном движении частиц, могут быть обнаружены наглядно, так как они действуют как диффракционная решетка, постоянная которой равна длине волны звука. Явление диффракции света в ультразвуковом поле открыто совсем недавно, в 1932 г., Дебаем (Debye) и Серсом (Sears).

Если бы было направлено несколько ультразвуковых лучей по разным осям, получилась бы уже пространственная решетка, которая должна вести себя относительно *видимого* света так же, как ведет себя кристалл в лучах Рентгена (длина волны последних меньше длины волны видимого света, как и расстояния между атомами кристалла меньше расстояний между уплотнениями в звуковом поле). И действительно, в 1934 г. Шеферу (Schaefer) удалось, направив ультразвуковые лучи по трем взаимно перпендикулярным направлениям, создать пространственную решетку куба и сфотографировать прошедший луч видимого света, получив лауэграмму «звуковой решетки».

Благодаря распространению механических колебаний происходит пространственный перенос энергии, связанной с этими колебаниями.

Энергия звучащего тела передается окружающей среде (в нашем случае — воздуху). Волна, распространяющаяся дальше в пространстве (если, как мы это можем принимать для всех интересующих нас случаев, скорость распространения во всех направлениях одинакова), имеет сферическую поверхность, так что звуковая энергия передается концентрическим шаровым слоям; таково положение, когда звучащее тело находится на открытом воздухе. Полученную волну называют сферической или *ш а р о в о й*. На очень больших расстояниях от источника, когда радиус шаровой волны очень велик, отрезок такой шаровой поверхности можно считать плоскостью, и волну, соответственно этому, называют *п л о с к о й*. Однако в наших условиях мы можем плоскими волнами, как и упомянутыми выше *к р у г о в ы м и* волнами, распространяющимися на поверхности воды, — не интересоваться, ограничив свое внимание шаровыми волнами.

Поверхность шара равна, как известно,  $4\pi r^2$ . Соответственно с этим, при удалении от звукоизлучателя *п л о т н о с т ь э н е р г и и*  $E$  эрг/см<sup>3</sup> (энергия в единице объема) будет убывать обратно пропорционально квадрату радиуса сферы или, что то же, квадрату расстояния от источника. Это поясняет нам, почему звуки так быстро ослабевают по мере удаления от источника.

Преимущество плоской волны состоит в том, что плотность энергии остается постоянной независимо от расстояния и по-

тому дальность передачи несравненно больше. Существует искусственный прием, для того чтобы звуковые колебания передавались как бы плоской волной, — с этой целью применяют ограничивающие стенки. Общеизвестна распространенная на многих предприятиях и ныне связь между цехами с помощью отдельных разговорных труб. Пользуясь трубами, нельзя передавать звук на безграничные расстояния (происходит поглощение энергии от трения колеблющегося воздуха о стенки, от неизотермичности процесса и т. д.), но все же с помощью таких труб можно слышать разговор на расстоянии сотен метров; на таком расстоянии в обычных условиях его слышать было бы нельзя. Условия распространения волн в рупорах граммофонов, также являющихся трубами, более сложны ввиду меняющегося сечения их.

Число эргов энергии, проходящих через данное перпендикулярное к направлению распространения сечение за 1 сек., называют потоком энергии. Поток энергии через  $1 \text{ см}^2$  в волне, свободно распространяющейся со скоростью  $c$  (в  $\text{см/сек}$ ), равен произведению плотности энергии на скорость звука:

$$I = Ec \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек.} \quad (15)$$

Принимая значение  $E$  по формуле (10), выведенное для колеблющейся точки, и относя его по аналогии к  $1 \text{ см}^3$  колеблющегося воздуха, найдем:

$$I = 2\pi^2 f^2 A^2 \rho c.$$

Так как масса в единице объема равна плотности  $\rho$  (в  $\text{г/см}^3$ ), это выражение можно написать так:

$$I = 2\pi^2 f^2 A^2 \rho c \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек} \quad (16)$$

или, учитывая, что  $1 \text{ ватт} = 1 \text{ джоуль/сек.} = 10^7 \text{ эрг/сек.}$ , т. е.  $1 \text{ мвт} = 10 \text{ эрг/сек.}$

$$I = 0,2\pi^2 f^2 A^2 \rho c \text{ мвт/см}^2. \quad (16a)$$

В случае звуковых явлений этот поток энергии  $I$  принято называть силой звука.

Когда звук встречает на своем пути преграду, происходит отражение звука.

При отражении звука какая-либо точка пространства может оказаться под влиянием двух волн: одной — прямой и другой — отраженной (случай интерференции). Эффект действия обеих волн складывается, и в результате этого сложения те точки, в которых совпали фазы обеих волн, получают увеличение амплитуды, а точки, соответствующие обратным фазам, — уменьшение.

При этом точки, расположенные на расстоянии полуволны или кратного числа полуволн от отражающей стенки, всегда

будут встречать обе волны в противоположных фазах (поскольку при отражении звука от твердой стенки происходит сдвиг фазы на  $\sim 180^\circ$ ). Поэтому в этих точках амплитуды будут равны нулю, а раз не будет колебаний — не будет и звука. Эти точки называются узлами, а самое явление носит название стоячих волн. Так как длина полуволны, определяющая положение узлов, находится в прямой зависимости от частоты звука, то совершенно ясно, что положение узлов будет для разных частот различно.

Точки, находящиеся каждая по середине между двумя узлами, называются пучностями; в этих точках, напротив, обе волны никогда не имеют противоположных знаков, и здесь колебание достигает наибольших величин.

Возможен и такой случай, когда распространяющийся звук встретит на своем пути какое-либо тело, соизмеримое с длиной волны, тогда наступает дифракция. Длина световых волн составляет  $0,38—0,75 \text{ м}$ , а длина звуковых волн  $18 \text{ мм}—18 \text{ м}$ ; последние величины значительно ближе подходят к размерам различных предметов нашего обихода. Соответственно этому мы привыкли к дифракции звуков, но не наблюдаем в обычных условиях дифракции света: мы наблюдаем световую тень, но не наблюдаем обычно тени звуковой — звук огибает препятствие, а свет не огибает его.

Дифракция звуков высокой частоты менее заметна, чем дифракция звуков низкой частоты.

## 6. Звуковое давление

Слои воздуха, придя в колебательное движение, производят удары по находящемуся в воздухе телу. Если размеры этого тела значительны в сравнении с молекулярными, то совокупность этих ударов воспринимается телом как некоторое эффективное давление<sup>10</sup>.

Релей (Rayleigh) предложил измерять колебательную скорость частиц воздуха с помощью небольшого диска, помещенного по ходу звуковой волны. Диск этот отклоняется на разную величину в зависимости от силы звука, подобно отклонению флюгарки от ветра. Этот способ, так называемая «шайба Релея», послужил впоследствии для измерения силы звука.

Установлена<sup>11</sup> следующая зависимость между эффективным давлением  $P$  и силой звука  $I$ :

$$I = \frac{P^2}{\rho c}. \quad (17)$$

<sup>10</sup> Эффективное звуковое давление — среднее квадратичное из значений мгновенных давлений в звуковой волне за один период.

<sup>11</sup> Вывод см., например, Олсон и Масса, Прикладная акустика (перев. с англ.), 1938, стр. 13.

Здесь все величины, кроме давления, нам уже встречались. Для измерения давления применяется целый ряд единиц, из которых для звукового давления наиболее удобна:

$$1 \text{ бар} = 1 \text{ дин/см}^2.$$

Нужно заметить, что в международном применении бар есть величина, в миллион раз большая<sup>12</sup>, а величина, равная 1 дин/см<sup>2</sup>, называется не баром, а барией, так что:

$$1 \text{ бар} = 10^6 \text{ барий},$$

однако в СССР эта бария стандартизована под названием бар<sup>13</sup>: под этим названием, следовательно, она фигурирует и в этой книге. В соответствии с международным значением бара (например в Германии) принято применять для барии термин «микробар», обозначая эту величину  $\mu\text{B}$ .

Для большей наглядности полезно сопоставить бар с другими единицами давления; это легко сделать, вспомнив, что динай называется сила, сообщающая массе в 1 г ускорение в 1 см/сек<sup>2</sup>. Сила тяжести сообщает массе в 1 г ускорение в 981 см/сек<sup>2</sup>, откуда

$$1 \text{ бар} = 1 \text{ дин/см}^2 = \frac{1}{981} \text{ г/см}^2 = 1,02 \text{ мг/см}^2.$$

Таким образом: 1 техн. атмосфера = 1 кг/см<sup>2</sup> = 981 000 бар = 0,981 междунар. бар.

Упомянем еще о пизе, равной 10 000 бар, являющейся единицей<sup>14</sup> в абсолютной системе механических единиц МТС.

Учитывая приведенные в § 5 значения  $\rho$  и  $c$ , можем, пользуясь формулой (17), выразить  $I$  через  $P$  следующим образом:

$$I = \frac{\rho^2}{0,001293 \cdot 3,31 \cdot 10^4} = \frac{\rho^2}{41,5}. \quad (18)$$

откуда

$$P = 6,4 \sqrt{I}. \quad (19)$$

Здесь  $I$  предполагается выраженным в эрг/см<sup>2</sup> · сек, а  $P$  в барах.

Само собой разумеется, что во всех случаях, когда говорится о звуковом давлении, имеется в виду разность по сравнению с давлением, уже имевшим место в среде до начала звучания.

Мощностью  $Q$  источника звука называют полное значение потока звуковой энергии, излучаемого источником звука во всех направлениях. Приблизительно можно подсчитывать мощность как произведение потока звуковой энергии, наблюдаемого на расстоянии  $r$  от источника, на поверхность шара радиуса  $r$ , т. е.

$$Q = 4\pi r^2 \cdot I. \quad (20)$$

## 7. Звуковой резонанс

Как уже говорилось, какое-либо тело, совершающее механические колебания, передает эти колебания соприкасающимся с ним телам. Механизм этой передачи, однако, довольно сложен: не так просто раскачать любое тело с любой частотой. Таким образом необходимо различать свободные («собственные») и вынужденные колебания.

Та частота, с которой легче всего удастся заставить какое-либо тело колебаться и которая является поэтому наиболее свойственной данному телу, называется его собственной частотой колебаний. Ударив по струне или колоколу, мы заставим их свободно колебаться, притом преобладающей частотой окажется как раз их собственная частота.

В курсе физики можно обычно найти вывод собственной частоты колебаний простейших тел, например физического маятника. При этом оказывается, что частота собственных колебаний составляет:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgl}{M}}, \quad (21)$$

где  $m$  — масса тела,  $g$  — ускорение силы тяжести,  $l$  — расстояние от центра тяжести до точки привеса, а  $M$  — момент инерции колеблющейся массы.

Когда какое-либо тело колеблется, оно передает свои колебания, обычно, прежде всего окружающему его воздуху. **Примем** в первом приближении, что воздух способен приходить в колебания с любой частотой и таким образом является вполне добросовестным переносчиком этих колебаний. Воздух, в свою очередь соприкасаясь с рядом предметов, заставит наиболее интенсивно колебаться те, для которых как раз данная частота совпадает с их собственной.

Это явление, называемое резонансом, очень удобно демонстрируется на камертонах. Ударив по камертону и заставив его таким образом звучать, мы заметим, что кроме ударенного из всех других находящихся в комнате камертонов начнут звучать те, частоты которых совпадают с собственной частотой колебаний ударенного.

Присмотревшись к звучащим камертонам внимательнее, мы заметили бы, что в колебательное движение приходят не только камертоны со строго совпадающей частотой, но и с близкой частотой, причем амплитуда их колебания оказывается тем менее, чем более их собственная частота удалена от частоты ударенного камертона. Если изобразить эту зависимость амплитуды от частоты графически, мы получим так называемые резонансные кривые, имеющие вид, изображенный на рис. 7. На этом рисунке даны три кривые

<sup>12</sup> Сир. ТЭ т. I, стр. 24.

<sup>13</sup> ОСТ 7242.

<sup>14</sup> СТ 169.

резонанса, отличающиеся между собой остротой пика в точке совпадения приходящей частоты с собственной.

Пик оказывается тем резче выраженным, чем меньше данное тело теряет энергии в среду при совершении собственных колебаний или, как говорят, чем меньше за г у х а н и е колебаний данного тела. Например, камертон, обладающий очень незначительной поверхностью соприкосновения с воздухом, испытывает очень незначительное сопротивление при колебании,

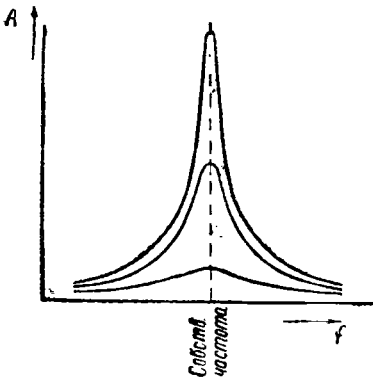


Рис. 7.

отдает мало энергии и обладает очень малым затуханием, почему и дает особенно резкий пик резонанса. Но если у камертона имеется подходящий резонаторный ящик, отдача энергии увеличивается и затухание становится более быстрым. Таким образом наличие ящика не увеличивает общую энергию отдачи камертона, а лишь сосредоточивает ее в более коротком промежутке времени.

Подобно этому дека виолончели, имеющая значительную поверхность соприкосновения, отдает много энергии и обладает значительным затуханием. Именно на

большой поверхности и большой отдаче и основано применение деки.

В силу более высокого внутреннего трения в дереве, чем в металлах, затухание деревянных предметов (дека, резонаторный ящик камертона, дощечки ксилофона) больше, чем затухание металлических (струна, камертон).

Явления резонанса имеют большое значение в граммофонной технике. Так, например, граммофонная мембрана, собственная частота которой окажется совпадающей с частотой воспроизводимого тона, резко подчеркнет его, будет, как говорят, резонировать и это скажется в тем большей степени, чем менее ее затухание.

Приведенный во введении пример бумажного диффузора репродуктора, не способного при обычном ударе производить никаких звуков, кроме звука щелчка, и оказывающегося в репродукторе источником чистых и разнообразных музыкальных тонов, — наглядный пример роли вынужденных колебаний.

Промежуток времени, протекающий от момента прекращения состояния неподвижности какого-либо тела, побуждаемого к совершению вынужденных колебаний, и до момента, когда это тело пришло в состояние вынужденных колебаний, несмотря на свою непродолжительность, очень важен. Если

записать движение этого тела таким же образом, как показано было на рис. 1, мы получили бы картину некоторых, на первый взгляд, совершенно беспорядочных движений, в которых можно, правда, уловить начальное стремление прийти в колебания с собственной частотой, постепенно сменяющееся заданным вынужденным колебанием. Это явление носит название процесса установливания. Роль этого явления станет нам яснее в дальнейшем, но уже из сказанного понятно, что звуки, издаваемые в процессе установливания, не будут точно соответствовать желательным вынужденным колебаниям.

## Глава II

## СЛУХ

## 8. Субъективность слуха

То, что мы слышим, зависит не только от того, что мы слушаем, но и от того, чем мы слушаем. Нельзя поэтому говорить о воспринимаемых звуках, не учитывая свойств улавливающего их уха. Вопросы о том, как устроено наше ухо, не будем касаться вовсе: интересующиеся легко найдут в литературе подробнейшие описания<sup>15</sup>.

Поставив перед собой вопрос о степени беспристрастности органа слуха, вопрос об его объективности, о том, насколько одинаково слышат одни и те же звуки разные люди, — мы вынуждены будем отметить крайнюю субъективность этого органа. Мы убедимся сейчас в том, как велики отличия в слухе отдельных людей, мы увидим, что ухо отдельных людей может, с одной стороны, совершенно не доносить до сознания определенные тона, что оно, с другой стороны, может от себя вносить тона, которых в природе не было, что оно может значительно исказить внешнюю картину звуковых явлений.

Так, например, в § 4 было сказано, что человек воспринимает как звук колебания с частотой от 15 до 15 000 гц, но для отдельных людей эти границы подвержены значительным изменениям<sup>16</sup>.

Свисток Гальтона (Galton) дает удобный способ суждения о предельной высоте воспринимаемых отдельными людьми тонов, так как в нем легко производится плавное повышение частоты от 3500 до 50 000 гц. Производивший опыты над рядом людей Гершель<sup>17</sup> пишет: «ничего не может быть поразительнее, как видеть двух лиц, вовсе не глухих, из которых одно жалуется на пронзительную резкость звука, между тем как другое утверждает, что вовсе нет никакого звука».

При восприятии звуков, выходящих за пределы слышимого диапазона по малости частоты, картина несколько меняется — мы слышим обычно *отдельные толчки*, не сливающиеся в общий тон. Примером может послужить «тикание» баланса обыкновенных карманных часов, совершающего обычно 5 колебаний в секунду.

Восприимчивость звуков изменяется, кроме того, с возрастом; верхняя граница у детей достигает 20 000 гц, а в старости она падает до 12 000 гц и ниже.



Рис. 8.

Но субъективность не ограничивается одними только пределами слуха. Восприятие звуков внутри этих пределов, к сожалению, также неодинаково. На работу органа слуха влияет множество факторов.

Высота недостаточно длительных звуков вовсе не различается ухом. При насморке сильно понижается чувствительность уха в области низких тонов.

При болезненных процессах уха (diplocusis) один и тот же тон может восприниматься правым и левым ухом как тоны разной высоты.

Ухо может иметь также и собственные звуки («звон в ушах»); при достаточной громкости последних это также приводит к понижению чувствительности слуха.

Длительное воздействие звука приводит к утомлению слуха, вызывающему уменьшение чувствительности. После длительного воздействия

<sup>15</sup> См., например, „Ухо“, Больш. Мед. Энци., т. 33, стр. 465—77.

<sup>16</sup> Любопытно отметить, что собаки слышат более высокие звуки, чем люди (до 38 000 гц); Андреев Н., Русск. Физиол. Журн. 1928, 11, 233. Физиол. Журн. СССР 1935, 17, 1248. Нижнюю границу слуха людей сейчас считают лежащей около 30—40 гц, а не 15 гц.

<sup>17</sup> Цит. по книге Тиндаля (см. сноску 8), с.р. 55.

звук он кажется менее громким, чем вначале, а когда ухо отдохнет — этот же звук покажется более громким, чем в момент прекращения его.

Когда низкие звуки (< 1000 гц) очень сильны — звуки кажутся ниже, чем они есть на самом деле; когда они высоки (> 2000 гц), напротив, кажутся выше. Слуху, предварительно утомленному сильным тоном, тоны, лежащие выше этого тона, кажутся еще более высокими, ниже — еще более низкими.

В § 16 описано будет явление «маскирования тона», состоящее в ухудшении слышимости одного тона на фоне другого.

Перечисленные влияния настолько значительны, что даже специальные наблюдения отдельных исследователей в области звука оказывались, благодаря неучету их, противоречивыми<sup>18</sup>.

Приведенные только что примеры показывают, что слух способен в отдельных случаях вводить в заблуждение. Таким образом слух — тот орган, суждения которого должны быть решающими для оценки нашей продукции, недостаточно объективен.

Познакомимся поэтому более обстоятельно со свойствами слухового аппарата, рассматриваемого как *нормальный*. Отклонения от этих свойств считаются дефектами слуха. Чтобы иметь представление о том, насколько распространены дефекты слуха, укажем, что в 1927 г. в США произведено с помощью специальных граммофонных пластинок испытание (рис. 8) около 250 000 школьников<sup>18а</sup>, причем установлено, что дефекты слуха имеют до 12% из них.

## 9. Порог слышимости

Чтобы звук был услышан, необходима определенная минимальная сила звука, величина которой зависит от высоты тона; эта за-

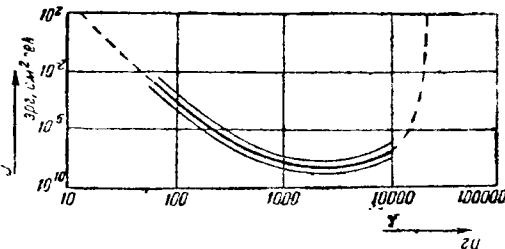


Рис. 9.

висимость показана на рис. 9, где по ординатам отложена сила звука, а по абсциссам частота.

<sup>18</sup> В качестве примера можно привести разную в определениях порога различия изменений силы звука по работе Кнудсена, Рисса и Бекеши. См. Ржевкин С. Н., Физика слуха, Спр. ТЭ, т. 10, стр. 365.

<sup>18а</sup> О технике испытания будет сказано в § 189.

Кривая, выражающая эту зависимость, носит название порога слышимости. Пунктирная часть кривой отвечает недостаточно достоверным участкам. Две идущие параллельно основной более тонкие линии отвечают индивидуальным отклонениям среди людей с нормальным здоровым слухом, нижняя линия отвечает случаю более чувствительного слуха, верхняя — более слабого<sup>19</sup>.

Обратим внимание на то, что наибольшая чувствительность отвечает, примерно, частоте в 2300 гц, а в обе стороны от нее — падает.

Зона наибольшей чувствительности соответствует при этом звуку с силой в  $\sim 2 \cdot 10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup> · сек или  $2 \cdot 10^{-10}$  мвт/см<sup>2</sup>. Это исключительно малая величина. Любопытно отметить, что физическое выражение наибольшей чувствительности глаза (к зеленым лучам) в тех же единицах имеет величину того же порядка<sup>20</sup>.

Воспользовавшись уравнением (19), переведем эту величину в единицы давления:

$$[P_{01}]_{2300} = 6,4\sqrt{I} = 6,4\sqrt{2 \cdot 10^{-9}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ бар,}$$

т. е. величина менее миллиардной части ( $3,87 \cdot 10^{-10}$ ) атмосферы.

Вспомнив уравнение (16), найдем с его помощью величину амплитуды колебаний воздуха в точке наибольшей чувствительности. Амплитуда определится из этого выражения так:

$$A = \frac{1}{\pi f} \sqrt{\frac{I}{2\rho c}},$$

подставляя  $f = 2300$  гц,  $I = 2 \cdot 10^{-9}$  эрг/см<sup>2</sup> · сек,  $\rho = 1,293 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>,  $c = 3,3 \cdot 10^4$  см/сек, найдем:

$$A = \frac{1}{\pi \cdot 2300} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 1,293 \cdot 10^{-3} \cdot 3,3 \cdot 10^4}} \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ см} = 0,1 \text{ \AA}^{21}.$$

Чтобы получить представление об этой величине, вспомним, что радиус электронной орбиты атома водорода равен  $5,35 \text{ \AA}$ , а других атомов и еще больше, т. е. во всех случаях значительно больше этой величины.

Таким образом наше ухо способно уловить такое смещение частиц, когда они передвигаются на величину, значительно меньшую их собственного размера.

<sup>19</sup> Fletcher H., Speech and Hearing, N. J., 1929.

<sup>20</sup> Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете современных физических воззрений, 1928.

<sup>21</sup>  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 0,1 \text{ м}\mu$ .

Так, однако, обстоит дело лишь в точке наибольшей чувствительности. Удаление от этой точки приводит к очень значительному падению чувствительности. Например, при 50 гц пороговое значение лежит около  $5 \cdot 10^{-3}$  эрг/см<sup>2</sup> · сек, т. е. чувствительность при этом в два с половиной миллиона раз меньше.

Наконец, подсчитаем пороговое звуковое давление для частоты 1000 гц, которая положена, как мы увидим дальше, в основу расчетов; подсчет дает:

$$[P_0]_{1000} = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ бар.}$$

Не будем забывать, что пользование формулой (18) означает принятие тех же основных условий среды, т. е. 20° и 760 мм рт. ст. Кроме того, надо помнить, что, говоря о звуковом давлении, мы всегда имеем в виду эффективную его величину.

### 10. ПСИХО-ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Раньше чем говорить о том, как мы воспринимаем более сильные звуки, лежащие выше порога, произведем следующий опыт.

Приготовим две коробочки одинакового размера, вида и веса, положим руку на стол и будем ставить на руку поочередно каждую коробочку, причем кто-либо, невидимо для нас, будет менять вес груза, вкладываемого в эти коробочки.

Если сперва в обе коробочки будет положено по 300 г, а затем во второй коробочке вес будет каждый раз повышаться, мы впервые заметим различие веса, когда вес во второй коробочке увеличится на 100 г и достигнет 400 г. Если же в обе коробочки будет положено по 900 г, а затем будут делаться добавки во вторую коробочку, мы заметим потяжеление лишь тогда, когда этот вес достигнет 1200 г, т. е. когда прибавится 300 г, а не 100 г, как в предыдущем случае.

Отсюда можно заключить, как это сделал в 1851 г. Вебер (Weber), который впервые произвел подобные опыты, что мы начинаем замечать приращение веса, когда оно достигнет  $\frac{1}{3}$  начальной величины независимо от абсолютного значения последней. Будем называть внешнее влияние (в приведенном случае груз) раздражением, наше восприятие — ощущением.

Обозначив величину начального раздражения через  $I$ , а впервые становящееся заметным приращение раздражения через  $\Delta I$ , можно выразить сделанное наблюдение (или «закон Вебера») так:

$$\frac{\Delta I}{I} = K, \quad (22)$$

где  $K$  — некоторая константа.

Подобные опыты Вебер произвел не только над действием грузов, но и над другими раздражениями, причем нашел, что закон этот распространяется и на все эти случаи, — надо лишь подобрать соответствующие значения константы.

Для отдельных физических явлений эта константа имеет различные значения. Так, для тактильно-осязательных ощущений (давление)  $K = \frac{1}{3}$ , как мы видели в приведенном выше примере с грузами. Для тепловых явлений (температурно-осязательных ощущений) и звуковых явлений (слуховых ощущений) константа также равна  $\frac{1}{3}$ . Для световых явлений (зрительных ощущений)  $K = \frac{1}{100}$ .

Величины этих констант следует рассматривать только как средние и иметь в виду, что индивидуальные отклонения здесь могут быть достаточно значительны.

Фехнер (Fechner) придал закону Вебера более строгую математическую форму, сделав возможным сравнение с его помощью не только впервые заметных приростов, но и количественное сопоставление оценок ощущения при раздражениях разной интенсивности.

Фехнер принял<sup>22</sup>, что определенному приросту раздражения отвечает постоянный прирост оценки ощущения, причем предположил, что пропорциональность между оценкой ощущения и приростом раздражения сохраняется до предела.

Другими словами, обозначив через  $\Delta L$  становящийся едва заметным прирост оценки ощущения и через  $c$  — коэффициент пропорциональности, выразим сказанное так:

$$\Delta L = c \frac{\Delta I}{I}$$

и в пределе (при  $\Delta L \rightarrow 0$ )

$$dL = c \frac{dI}{I};$$

проинтегрировав, получим:

$$L = c \ln I + C.$$

Постоянная интегрирования  $C$  определится из того условия, что при  $I = I_0$  (т. е. на пороге слышимости)  $L = 0$ , откуда:

$$C = -c \ln I_0.$$

Таким образом получается:

$$L = c \ln \frac{I}{I_0}. \quad (23)$$

<sup>22</sup> Fechner T., Elemente der Psychophysik, 1860; изложение см. также в книге Веревский Г. И., Математическая психология, 1914.

В последнем виде это выражение носит название общего психо-физического закона Вебера-Фехнера, так как дает зависимость между психическим явлением нашей оценки ощущений и физическим явлением внешнего раздражения.

## 11. Острота слуха

Коэффициентом пропорциональности  $s$  мы до сего времени не интересовались; значение его зависит от нашего выбора единиц (эту единицу придется выбирать произвольно, так как восприятие субъективно по своей природе и найти для него объективную единицу едва ли возможно). Если мы придадим коэффициенту  $s$  значение <sup>23</sup>  $s = 4,34$ , то, переходя к десятичным логарифмам, сможем написать:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}. \quad (24)$$

Этим определяется удобная шкала для выражения разности физических уровней. Единица этой шкалы носит название децибелл, обозначается  $дб$  или  $db$ , так как Беллом (в честь изобретателя телефона Белла) названа единица в десять раз большая, т. е. та, при которой коэффициент 10 в формуле (24) отпадает.

Вспомнив выражение (18), можем выразить в децибеллах разность уровней, когда известны звуковые давления:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ дб}. \quad (25)$$

Пользование формулой (25) иллюстрируем примером: подсчитаем, например, громкость тона в 2300  $гц$  с эффективным давлением в 1 бар. Мы видели в § 9, что минимуму слышимости при 2300  $гц$  отвечает давление  $P_0 = 3,8 \cdot 10^{-4}$  бар. Отсюда искомая громкость равна:

$$L = 20 \lg \frac{1}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 70 \text{ дб}.$$

Для наглядности и облегчения расчетов на рис. 10, который можно считать простейшей номограммой, даны рядом шкалы для децибелл, отношения силы звука и отношения звуковых давлений.

Децибелл удобен для суждения о громкости благодаря тому, что он близок к минимальной ощутимой разнице в силе звука.

<sup>23</sup> Aigner F., Die akustische Unterschiedsempfindlichkeit und das Dezibel, ENT 1931, 8; 8: 367—8.

Ввиду неточности психо-физического закона, в действительности минимальная ощутимая разница в силе звука зависит от силы начального звука (по Кнудсену и Риссу, она зависит также от частоты тона, убывая ниже 100  $гц$  и выше 4000  $гц$ , но Бекеша <sup>24</sup> указал на неправильность постановки их исследований). Так, например, по Бекеша, становится заметным:

при громкости в 20  $дб$  прирост силы звука в 36% = 1,32  $дб$   
при громкости в 40  $дб$  прирост силы звука в 26% = 1  $дб$

Несмотря на неточность психо-физического закона, особенно заметную при удалении от средних частот (при приближении к границам), полезно твердо помнить его основной вывод, что оценка ощущения растет в арифметической прогрессии, когда раздражение возрастает в геометрической.

В настоящее время, говоря о громкости, рекомендовано употреблять вместо термина децибелл термин фон: при 1000  $гц$  эти величины численно совпадают. В этой книге обозначение в фонах не введено <sup>24а</sup>.

Самая способность слуха судить об изменении силы звуков носит название остроты слуха.

Для большей наглядности логарифмического характера остроты слуха приведем небольшой пример. Пусть интенсивность какого-либо звучания создает ощущение громкости в 20  $дб$  (военный оркестр на большом расстоянии); мы хотим еще увеличить эту громкость на 20  $дб$ , т. е. иметь громкость в 40  $дб$ , — для этого, согласно

<sup>24</sup> Békésy, Zur Theorie des Hörens, PhZ 1929, 30; 115.

<sup>24а</sup> Об измерении громкости см. Ржевкин С. Н., Измерение громкости, Сборник Акад. Наук „Акустические измерения“, 1939, 5—26.

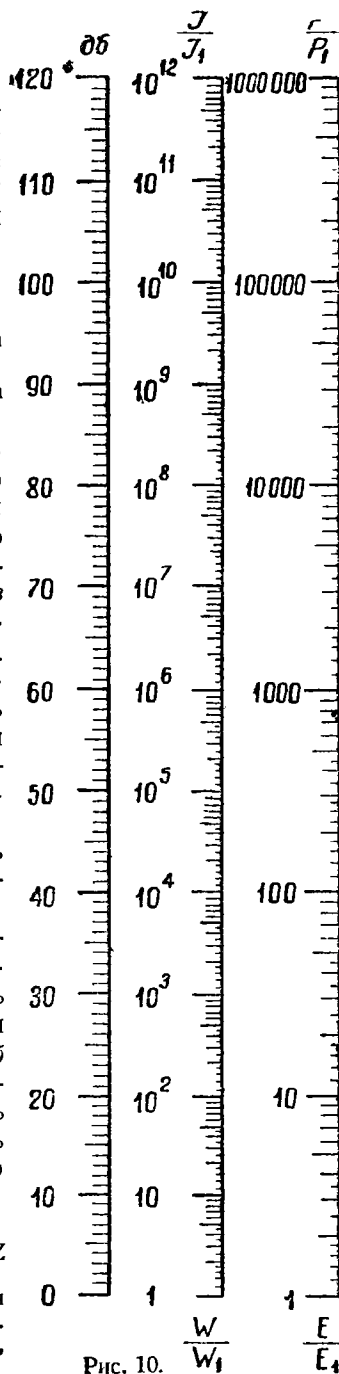


Рис. 10.



приведенным формулам, надо увеличить силу звучания в 100 раз. Поэтому, если военный оркестр состоял из 20 человек, то он должен будет теперь состоять из 2000 человек и это лишь добавит 20 *дб* к уже имевшимся 20 *дб*. Вспомнив приводившийся в § 5 случай маршировки войск под музыку, мы поймем, что гораздо лучше с обеих точек зрения иметь несколько небольших оркестров, нежели один большой.

Для того чтобы пользоваться выведенным способом измерения громкости для всех случаев, необходимо придать какому-либо определенное значение величине  $I_0$  или, что равносильно,  $P_0$ .

В качестве такой нулевой точки принят момент, когда человек с нормальным слухом начинает при отсутствии всяких посторонних звуков слышать одним ухом (второе плотно закрыто) чистый тон в 1000 *гц*, распространяющийся в воздухе в виде плоской волны, идущей к наблюдателю спереди, и постепенно возрастающий в силе<sup>25</sup>. Из этого определения ясно, что громкость эта является одной из точек порога слышимости, именно точкой, отвечающей частоте 1000 *гц*.

Громкость всякого другого, нежели 1000 *гц*, тона оценивается субъективным сравнением с тоном в 1000 *гц*.

Для измерения громкости применялись и другие меры, кроме децибелла. Эти меры громкости отличаются тем, что в них приняты шкалы с другим основанием логарифмов. Так, шкала Баркгаузена, ныне оставленная, построена не на десятичных логарифмах, а на логарифмах с основанием 2; единица громкости этой шкалы называлась фон (*phon*). Шкала Сименс-Гальске<sup>26</sup> построена на натуральных логарифмах (основание  $e = 2,718...$ ); единице громкости этой шкалы присвоено название непер (*neper*) по имени англичанина Нэпира (*Napier*), ошибочно считаемого автором натуральных логарифмов<sup>27</sup>. Непер обозначается иногда  $\mathcal{N}$  или  $\mathcal{P}$  (логарифмический декремент).

Взаимный перевод этих величин определяется поэтому соотношением:

$$\begin{aligned} 1 \text{ старый фон} &= 20 \lg 2 = 20 \cdot 0,301 = 6,02 \text{ дб} \\ 1 \text{ непер} &= 20 \lg e = 20 \cdot 0,434 = 8,68 \text{ дб} \end{aligned} \quad (26)$$

Для облегчения переводных расчетов служит рис. 11.

В настоящее время децибеллу как единице отдается предпочтение перед более крупными единицами — старым фоном и непером. Однако на децибеллы смотрят теперь не как на единицу громкости, а просто как на единицу удобной математической шкалы. Из формулы (24) следует, что

$$L = 1 \text{ при } \lg \frac{I}{I_0} = 0,1,$$

иначе говоря, при

$$\frac{I}{I_0} = 1,26 \text{ или при } \frac{P}{P_0} = \sqrt{1,26} = 1,12$$

т. е. децибелл соответствует приросту силы звука на 26% или приросту давления на 12%. Встречающаяся иногда американская „единица передачи“ TU (сокращение от *Transmission Unit*), применяемая, главным образом, для измерения ослабления телефонной передачи, соответствует падению интенсивности на 26% и поэтому равна децибеллу. Иногда децибелл обозначался SU (*Sensation Unit*), чем подчеркивалась его физиологическая природа.

Не следует — это необходимо подчеркнуть — смешивать понятия силы звука и громкости; надо помнить, что первое — есть физическая мера интенсивности звука, не зависящая от качеств слушающего, а второе — лишь физиологическая оценка звука, которой необходимо пользоваться, когда речь идет о восприятии.

## 12. Тонкость слуха

Закон Вебера-Фехнера применим не только для суждения о силе звуков, он может быть применен и к суждению о частоте.

Уже сам Вебер писал: «при сравнении высоты двух тонов... характерным является не то, на сколько колебаний один из них имеет больше другого, но отношение чисел колебаний обоих сравниваемых тонов»<sup>28</sup>. Впрочем на то, что для оценки музыкальных интервалов существенно отношение чисел колебаний, еще веком раньше указывал математик Эйлер, работа которого опубликована в России в 1739 г.<sup>29</sup>

Мы будем применять понятие частоты, говоря о физическом явлении, и понятие высоты, говоря об ощущении.

<sup>28</sup> Цитирую по Fechner, G., *Elemente der Psychophysik*, 1860, I Teil, стр. 137.

<sup>29</sup> Лазарев П. П., *Основной психофизический закон и его современная формулировка*. Успехи Физ. наук 1914, 2; 2:

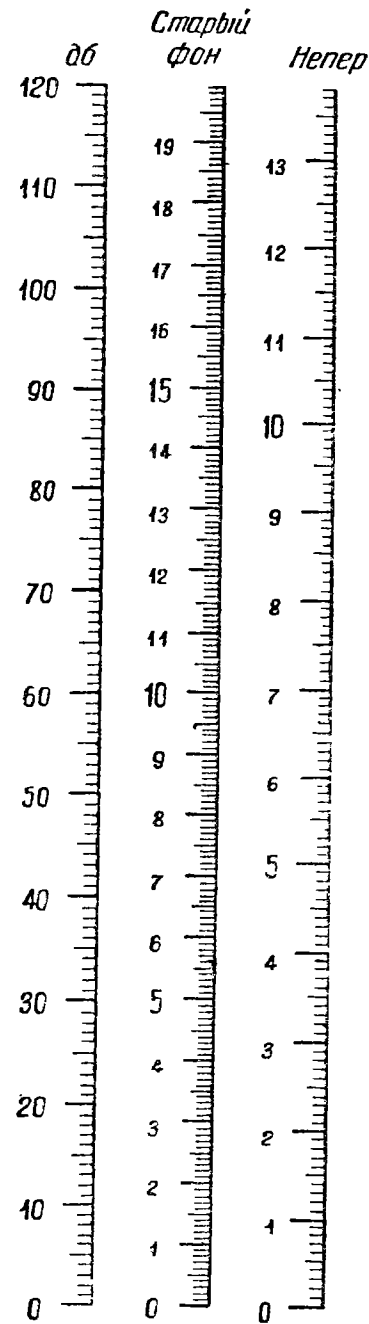


Рис. 11.

<sup>25</sup> Barkhausen, ZfPh 1926, 7; 599.

<sup>26</sup> См. брошюру S. H. 4270 Bl. „Messgeräte für die Fernmeldetechnik“, стр. 4.

<sup>27</sup> Единица непер предложена Comité consultatif International des Communications Téléphoniques à grande distance. В русской литературе этот комитет обозначается обычно буквами МККТ (международный консультативный комитет по телефонии).

В отношении высоты закон Вебера-Фехнера также не вполне точен. Чувствительность слуха к изменению высоты тона показана в правой части рис. 73, по данным Кнудсена<sup>30</sup>. Из этого рисунка видно, что, например, при частоте в 1000 гц прирост частоты станет заметным, лишь когда частота возрастет до 1003 гц.

Из того же рисунка видно, что при 600—4000 гц относительная чувствительность постоянна (относительное изменение в 30/100 становится впервые заметным); при более низких и высоких звуках требуется большее изменение частоты для того, чтобы оно стало заметным.

Кривая Кнудсена относится к уровню ощущения 40 дб над порогом. Более поздние измерения<sup>30а</sup> показали, что кривая не пререпевает существенного сдвига при переходе от 40 к 60 дб. Чувствительность к изменению тонов ниже 500 гц оказалась в несколько раз меньше, чем определено было Кнудсенем.

Самая способность слуха судить об изменении частоты звуков носит название тонкости слуха.

Характеризуя тонко развитый слух, способный устанавливать нотную высоту отдельных составляющих звука, говорят обычно об «абсолютном слухе» — этот термин не имеет, однако, какого-либо физического значения.

Надо заметить, кстати, что самое понятие «абсолютного слуха» или музыкальности отдельных лиц определяется не одной лишь тонкостью слуха, но и слуховой памятью.

Иногда считают, что слуховая память — особое и даже редкое качество. Но именно основываясь на слуховой памяти, мы узнаем (и притом очень легко) людей по голосу: трудно себе даже представить, какова была бы наша жизнь, если бы слуховая (и зрительная) память были настолько слабы, что мы не узнавали бы людей. Важно подчеркнуть этим резким примером ошибочность к сожалению очень распространенного обывательского мнения о том, что многие люди совершенно лишены слуховой памяти. Поэтому в дальнейшем, когда будут обсуждаться те или иные звуковые искажения, не должно создаваться представления, будто речь идет о каких-то таких тонкостях, которые уловимы лишь для людей с особо изощренным музыкальным слухом.

### 13. Болевая граница

Различие между понятиями силы звука и громкости резко заметно на примере порога слышимости. При возрастании

силы звука громкость также встречает свой предел, так как, увеличивая интенсивность звучания, мы можем прийти до такой громкости, которая окажется для уха болезненной.

Например, звук пушечного выстрела вблизи от орудия имеет интенсивность, восприятие которой болезненно. Развиваемое при этом давление таково, что для предупреждения разрыва барабанной перепонки необходимо обеспечить двустороннее давление на нее, для чего находящемуся вблизи орудия рекомендуется открывать рот. При силе звука, выходящей за болевую границу, кроме боли в ухе возникает головокружение, так как, вероятно, затрагивается орган равновесия, находящийся в зоне уха.

Эта граница болезненности также зависит от высоты тона. Зависимость показана<sup>19</sup> на рис. 12 в тех же координатах, что

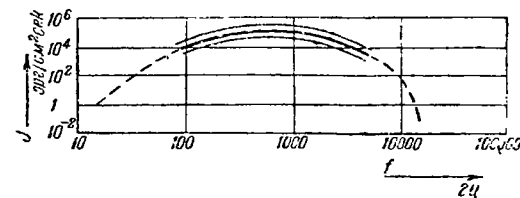


Рис. 12.

и на рис. 9. Кривую, выражающую эту зависимость, будем называть болевой границей. Эта граница, как показывает рис. 12, наступает позже всего при частоте около 700 гц, при большей или меньшей частоте — раньше. Как и на рис. 9, более тонкие линии относятся к индивидуальным отклонениям среди людей с нормальным слухом.

Для частоты 1000 гц болевая граница отвечает  $10^5$  эрг/см<sup>2</sup> · сек; по формуле (18) эти величины соответствуют давлениям:

$$[P_{\sigma}]_{1000} = 6,4 \cdot \sqrt{10^5} \approx 2000 \text{ бар} \approx 2 \text{ г/см}^2.$$

Последнее давление того же порядка, как и то, которое<sup>20</sup> может уже восприниматься кожей ( $1 \text{ г/см}^2$ ).

Было бы, однако, ошибкой предполагать, что зона осязательных ощущений начинается там, где кончается зона слуховых ощущений. Напротив, неоспоримо, что эти зоны перекрываются. Выше было указано, что можно осязать вибрации диффузора репродуктора или деки виолончели во время их звучания, и действительно, наощупь могут быть воспринимаемы<sup>30б</sup> при средних частотах смещения в 1 м, а при частоте 250 гц даже 0,1 м. И хотя указывают, что при числе прикосновений выше полутора тысяч осязание перестает их улавли-

<sup>30б</sup> Knudsen, Hearing with the sense of touch. Journ. of gen. Psychol. 1928 I; 320.

<sup>30</sup> Knudsen V. O., Sensibility of the Ear to small Differences of Intensity and Frequency, PhRev (ser. 2), 1923, 21; 84.

<sup>30а</sup> Shower E. и Biddulph R., JASA 1931, 3; 275. Цит. по Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете современных физических исследований, 2 изд., М. 1936, стр. 65.

вать<sup>30с</sup>, однако это утверждение основывается, очевидно, на особенностях постановки экспериментов; в противовес этому можно привести ряд фактов. Например, известная Елена Келлер «слушала»<sup>31</sup> прикосновением руки к издающему звук телу (роялю, мембране телефона, горлу человека), Бетховен для улучшения слухания упирался палкой в рояль, а Эдисон, как известно, страдавший глухотой в такой мере, что он не различал звуков фонографа на расстоянии трех шагов, слушал свой фонограф с помощью зубов<sup>32</sup>.

Если мы вспомним, что минимальное ощутимое давление (§ 9) равно  $3,8 \cdot 10^{-4}$  бар, то станет ясным, что давления, на которые нормально реагирует ухо, захватывают огромный диапазон, в котором верхняя граница отвечает давлению, в миллионы раз большему, чем нижняя граница. Нельзя назвать технического устройства, способного работать в подобном интервале!

Весь диапазон громкости укладывается при частоте 1000 гц в границах:

$$L = 20 \lg \frac{2000}{2,04 \cdot 10^{-4}} \approx 120 \text{ дб.}$$

Поэтому громкости больше 120 дб над порогом существовать не может, так как это отвечало бы уже не звуковому, а болевому ощущению.

#### 14. Зона слуховых ощущений

Совершенно естественно напрашивается мысль объединить, как это обычно и делается, рис. 9 и рис. 12 в один, так что кривая порога слышимости и кривая болевой границы образуют замкнутое поле, ограничивающее зону слуховых ощущений (рис. 13). Познакомимся с этой зоной более обстоятельно.

Совмещение этих кривых делает более понятным известное уже нам ограничение воспринимаемых ухом частот. Место пересечения кривых соответствует случаю, когда, собственно говоря, звук, только впервые достигнув предела слышимости, уже оказывается на границе болезненности. Заметим сразу, что с этими крайними точками зоны слуховых ощущений нам в дальнейшей практике дела иметь не придется, да и нельзя еще эти точки считать достаточно изученными. так как самое исследование здесь связано с большими трудностями.

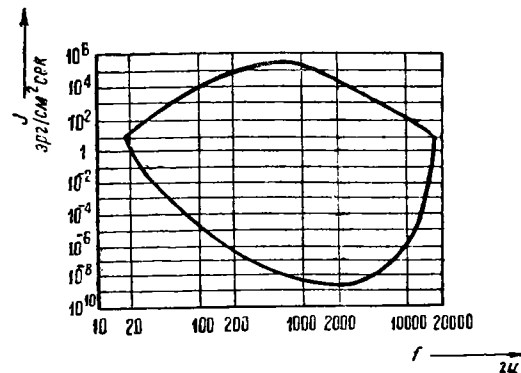


Рис. 13.

На рис. 14 показаны зоны слуховых ощущений для нескольких лиц с дефектами слуха<sup>33</sup>. По этим примерам видно, что болевая граница не имеет таких заметных индивидуальных отклонений, как порог слышимости.

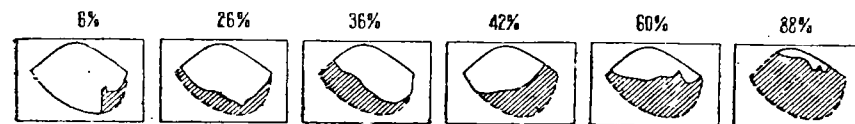


Рис. 14.

Флетчер предложил условно оценивать степень потери слуха отношением площади недостающей (затрихованной) части зоны слуховых ощущений данного дефектного слуха к полной площади зоны слуховых ощущений нормального слухового аппарата. Соответственно этому на рис. 14 представлены в процентах значения потери слуха при каждой аудиограмме.

Обратим внимание на то, что порог слышимости при дефектах слуха поднимается отнюдь не параллельно своей нормальной кривой, а самым разнообразным образом, так что

<sup>33</sup> Fletcher (см. сноску 19). Наблюдения, необходимые для получения таких кривых, производятся с помощью специальных граммафонных пластинок, либо звукового генератора и телефона.

<sup>30с</sup> Тарханов И. Осязание. Бр. Е. 43; 377. Повидимому, правильное считать пределом 2700—3000 гц. Gault R. H., Hearing through the sense organs of touch and vibration. JFrl 1927, 204; 339.

<sup>31</sup> Keller H., Geschichte meines Lebens, Stuttgart 1905.

<sup>32</sup> Брайан Д., Эдисон. 1927, стр. 76. Эдисон говорил: «Я слышу с помощью зубов и черепа. Мне достаточно прикасаться головой к фонографу. Если при этом мне не удастся уловить некоторых, более слабых, звуков, я захватываю зубами деревянные части и тогда мне все становится ясным». Слух с помощью осязания вообще не столь необычное явление в природе. Указывают, что муравьи слышат лишь те звуковые колебания, которые приходят к ним через твердые тела — у них, повидимому, «слух» вообще осуществляется органами осязания. См. Редикорцев В. В., Кузнецов Н. Л., Поспелов В. П., Мартынов А. В., Энтомология. М.-Л. 1935, стр. 139.

при незначительной общей потере слуха, мало в обиходе заметной, может быть резко понижена чувствительность к каким-либо отдельным частотам. Поговорка «восприятий столько, сколько ушей» имеет таким образом прямой физический смысл.

Заметим кстати, что в области зрения наблюдаются явления, имеющие родственные черты, например, в виде дальтонизма, который по существу также является невосприимчивостью к известным частотам.

Продолжая рассмотрение зоны слуховых ощущений, обратим внимание на то, что не только громкости, но и частоты отложены в логарифмическом масштабе (рис. 9, 12, 13). После знакомства с законом Вебера-Фехнера способ такого изображения не должен нас удивлять.

Все графики, построенные подобно рис. 14 в координатах  $L-f$ , будем называть *аудиограммами*.

Подобно тому как возрастание громкости наблюдается лишь после определенного возрастания силы звука, так и чувствительность уха к изменению высоты обнаруживается лишь тогда, когда прирост частоты достигнет определенной величины. Мы можем поэтому представить себе всю зону слуховых ощущений состоящей из многих микрозон, причем в пределах каждой такой микрозоны любые изменения частоты или интенсивности (или того и другого одновременно) остаются не замеченными ухом. Микрозоны не имеют строгой формы прямоугольников, как того требовал бы закон Вебера-Фехнера. У границы зоны слуховых ощущений микрозоны имеют большие размеры, чем в средней части зоны. Число микрозон представляет, собственно, число отдельных звуков, которые способно различать наше ухо. По подсчетам число таких микрозон оказывается<sup>34</sup> около 540 000.

Переходя к вопросу о количественных определениях в пределах зоны слуховых ощущений, укажем прежде всего, что частотой, служащей для сравнения, избрана частота в 1000 гц.

Необходимо уяснить несколько количественных понятий.

Уровнем силы<sup>35</sup> (по формулировке Флетчера, принятой в американском стандарте Акустического общества<sup>36</sup>) называют число децибел над пороговым значением для синусоидального тона в 1000 гц (для которого, как мы видели в § 9,  $[P_0]_{1000} = 2,04 \cdot 10^{-4}$  бар). Для других частот это понятие применять не будем.

Для всех остальных частот пользуются уровнем гром-

кости<sup>37</sup> (или «эквивалентной» громкостью), который определяют как уровень силы тона в 1000 гц такой интенсивности, что он воспринимается как *равногромкий* с данным тоном. С одной кривой уровня громкости мы уже познакомились как с пограничной кривой порога слышимости (рис. 9). Ряд других кривых равного уровня громкости показан на рис. 15 пунктирными линиями<sup>37а</sup>. Применительно именно к уровню громкости рекомендован вместо децибелла термин фон (см. § 11).

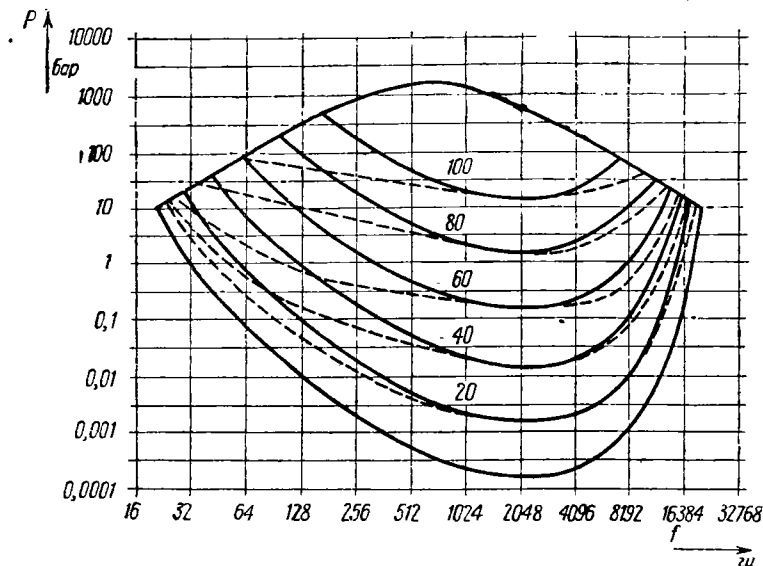


Рис. 15.

Ход пунктирных кривых наглядно показывает неточность закона Вебера-Фехнера, так как мы видим, что для низких и высоких частот кривые сближаются, между тем как по этому закону они должны бы быть параллельны пороговой кривой (т. е. отрезок ординаты между двумя кривыми равного уровня должен быть постоянным по величине).

Для удобства введено поэтому еще одно понятие, при котором сохраняется параллельность линий относительно пороговой кривой, а именно понятие *уровня ощущения*, характеризующее (измеренное также децибеллами) отношение силы звука данной частоты к силе звука той же частоты на

<sup>37</sup> Уровень громкости часто просто называют громкостью; это неудобно лишь в том отношении, что „громкость“ — житейский термин, нередко применяемый в самом разнообразном смысле.

<sup>37а</sup> По более новым измерениям (Fletcher H. и Munson F., JASA 1933, 5: 82.) кривые равного уровня громкости имеют не столь ровную форму.

<sup>34</sup> Fletcher H. (см. сноску 19), стр. 160.

<sup>35</sup> Не смешивать с силой звука — *физической* мерой интенсивности звучания, выражаемой в *абсолютных* единицах, о которой говорилось в § 5.

<sup>36</sup> Доклад см. JASA 1931, 2: 311.

пороге слышимости. Кривые равного уровня ощущения показаны на том же рис. 15 сплошными линиями.

Понятно, что (в силу самих определений) для тона в 1000 гц значения уровня силы, уровня громкости и уровня ощущения совпадают; это наглядно видно на рис. 15.

### 15. Сложные звуки

До сих пор шла речь о восприятии отдельных, как говорят обычно, чистых или синусоидальных тонов, каждый из которых соответствовал одной определенной частоте. Однако в речи и в музыке приходится иметь дело только со сложными звуками, в которых одновременно присутствует много тонов.

В § 3 указывалось, что всякое периодическое колебание можно разложить на ряд простых гармонических колебаний, из которых оно состоит. Наш слух воспринимает непосредственно эти простые гармонические колебания, а не сложное колебание в целом. Это положение высказано в 1843 г. знаменитым немецким физиком Омом (Georg Simon Ohm), известным по названному его именем основному закону электротехники. Положение это не было признано современниками Ома, но спустя 8 лет после его смерти было доказано Гельмгольцем и известно теперь под названием акустического закона Ома.

Закон этот имеет то практическое значение, что указывает на независимость восприятия сложных звуков от фазовых соотношений отдельных составляющих. Закон этот может быть сформулирован поэтому и так: ухо не реагирует на разность фаз. В соответствии с этим законом, например, две фонограммы, изображенные сплошными линиями на рис. 16, производят несмотря на отличие в своем виде тождественное

слуховое впечатление, так как они состоят из тех же самых простых колебаний, но лишь сдвинутых в фазе (отдельные составляющие показаны пунктиром).

Однако закон Ома не следует понимать в том смысле, что каждый отдельный составляющий простой тон таким и доходит до нашего сознания. Мы воспринимаем в сознании комплекс звуков как определенный тембр, и лишь при известных условиях можем сознательно выделить отдельные тоны.

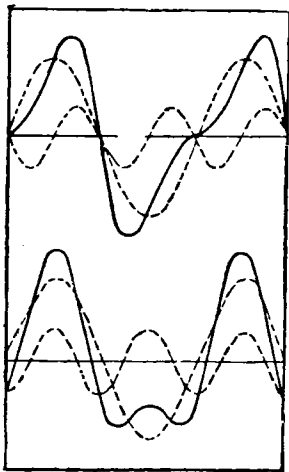


Рис. 16.

Громкость сложного звука не является суммой громкостей входящих в состав сложного звука простых звуков.

Сложение двух равногромких тонов одинаковой частоты приводит отнюдь не к удвоению громкости (поскольку это сложение означает увеличение вдвое силы звука, а оценка ощущений, как мы знаем, возрастает значительно медленнее самого раздражения).

При сложении двух тонов разной высоты суммарная громкость оказывается тем больше, чем ближе эти тона между собой. Так, в области 200—2000 гц установлена<sup>38</sup> следующая зависимость между разностью частот слагаемых тонов и наблюдаемым приростом громкости:

Разность частот	4 гц;	прирост громкости	около	6—11 дб
"	"	40 "	"	3 "
"	"	400 "	"	1 "

Таким образом при значительном удалении тонов друг от друга (> 400 гц) прирост громкости совершенно незначителен—практически лежит на границе чувствительности и можно считать, что громкость такого сложного звука равна громкости более интенсивного слагаемого тона<sup>39</sup>.

### 16. Маскирование

Как мы только что убедились, наблюдается влияние более громких звуков на восприятие менее громких. Если мы, заставив одновременно звучать два тона разной высоты, начнем ослаблять более слабый до тех пор, пока он перестанет быть слышимым, а затем прекратим звучание более громкого тона, то мы снова услышим более слабый, который, таким образом, субъективно исчез раньше, чем спустился до порога слышимости, и был, следовательно, скрыт или «замаскирован» более громким тоном.

Та громкость, которую имеет какой-либо тон А на границе его уловимости при одновременном звучании другого тона В, является мерой маскирующего действия более громкого тона В данной частоты и громкости.

На рис. 41 показана<sup>40</sup> кривая маскирующего эффекта для маскирующего тона 1200 гц при трех громкостях маскирующего тона  $L_1 = 44$  дб (кривая А),  $L_1 = 60$  дб (кривая В) и

<sup>38</sup> Békésy G., PhZ 1929, 30; 721. 1930, 30; 115.

<sup>39</sup> Stumpf C., Die Sprachlaute, Berlin 1926, стр. 306. В настоящее время существуют другие взгляды. См. Ржевкин С. Н., Слух и речь в свете современных физических исследований, М.-Л. 1936, стр. 138.

<sup>40</sup> Wegel R. L. и Lane C. E., Auditory Masking of One Pure Tone by Another and its Probable Relation to the Dynamics of the Inner Ear. PhRev. 1924, 23; 266.

$L_1 = 80$  дб (кривая С). Под маскирующее действие попадают тоны, находящиеся по громкости ниже кривой маскеффекта.

Из рассмотрения рисунка видно, что наибольшее маскирующее действие наблюдается по близости от маскирующего тона (оно наблюдается, кроме того, вблизи тонов удвоенной и утроенной частоты, — последнее явление станет нам ясным в дальнейшем). При этом с возрастанием громкости маскирующего тона весьма усиливается маскирование тонов, более высоких, чем данный. В области же более низких, сравнительно с маскирующим, тонов маскирующее действие невелико. В значительной мере именно эта особенно сильная маскируемость более высоких тонов является причиной того, что низкие звуки в оркестре очень ясно выделяются из всей массы звуков, и потому<sup>40</sup> приходится ставить значительно меньше инструментов, издающих низкие звуки, по сравнению с инструментами, издающими высокие звуки (например, 5—6 контрабасов на десятки скрипок).

По рис. 41 видно также, что громкость замаскированного тона в зоне наибольшего маскирования равна приблизительно 80% громкости маскирующего тона. Впрочем, это относится лишь к случаю, когда замаскированным является лишь один тон; если же замаскировано сразу несколько тонов, то замаскированная громкость не так велика<sup>40а</sup>.

Количественная сторона кривой маскеффекта станет более наглядной, если мы, например, на основе рис. 41 скажем, что при звучании тона в 1200 гц с уровнем громкости в 80 дб придется усилить тон в 2800 гц приблизительно на 45 дб над уровнем, при котором он был бы слышен в отсутствии звучания тона 1200 гц, чтобы сделать его впервые слышимым.

## 17. Аккомодация и адаптация

Всем нашим органам присуще определенное время реакции. От момента воздействия до момента возникновения ощущения, соответствующего этому воздействию, протекает определенный промежуток времени, нужный для приспособления (аккомодации). Ухо не составляет в этом отношении исключения.

Поэтому, если продолжительность действия какого-либо звука меньше времени реакции, звук этот вообще не будет нормально воспринят. На рис. 17 показано<sup>40б</sup> минимальное время в миллисекундах, необходимое для различения высоты тона. Из рисунка видно, что около 2300 гц различение происходит лучше всего, а в сторону более высоких и более низких частот различимость падает. Благодаря такому ходу кривой

число полных колебаний  $N$ , необходимое для различения высоты тона, равное произведению частоты и длительности, изменяется (как это видно на рисунке) от 4 до 15 при частотах ниже 100 гц и резко возрастает при высоких частотах, достигая, например, 300 колебаний при 10 000 гц.

В момент, когда звук начинает уже восприниматься, он не воспринимается еще, однако, с полной своей громкостью; проходит еще некоторое время установливания, пока звук дойдет до полной своей громкости. На рис. 18 показан ход кривой нарастания громкости для тона 800 гц, достигаю-

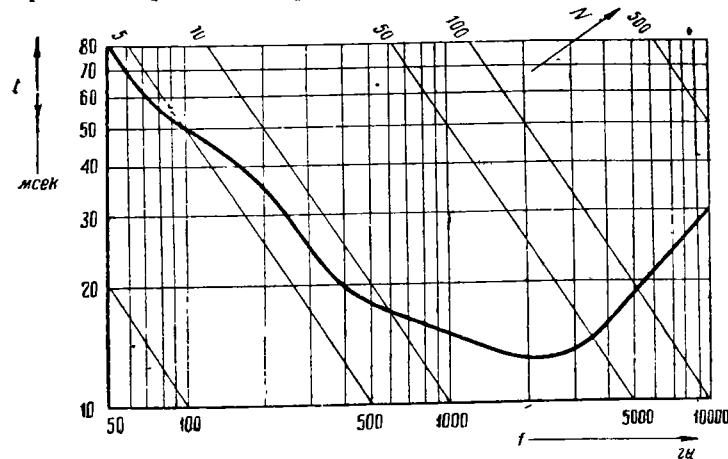


Рис. 17.

щего полной громкости 80 дб. По рисунку видно, что полная громкость устанавливается спустя 0,18 сек. после начала действия звука; данные относятся к наблюдателю со слухом средней утомляемости, для наблюдателя с мало утомляемым слухом время установливания может удлиниться до 0,5 сек.

Однако слуху трудно сосредоточивать свое внимание на определенном звуке более 0,5—1 сек., после чего внимание слабеет. Ограниченность этого промежутка времени — в р е м е н и н а л и ч и я, приводит к тому, что, например, постепенно затухающий звук по истечении этого промежутка кажется нам ослабевшим, а затем, когда внимание восстановится, мы вновь начинаем его слышать<sup>41</sup>.

Если воздействует какого-либо сильного тона на слух длительно, то наступает утомление слуха (адаптация), благодаря чему тон кажется менее громким, чем то соответствовало бы неутомленному слуху. На рис. 19 показано жирной линией, как уменьшается воспринимаемая громкость тона по-

<sup>40а</sup> Janovsky W., ENT 1929, 6; 421.

<sup>40б</sup>, Bärck W., Kotowski P. и Lichte H., ENT 1935, 12: 326.

<sup>41</sup> Békésy G., AderPh 1931, 8: 851.

стоянной интенсивности благодаря утомлению слуха. Неутомленным слухом тон воспринимался бы как имеющий громкость 80 дБ, а вследствие утомления он через 150 сек. воспринимается как имеющий громкость всего лишь 65 дБ. Жирная линия соответствует наблюдателю со средней утомляемостью; зона, в которой лежат кривые для наблюдателей с большей и меньшей утомляемостью, заштрихована. Интересно отметить, что в наиболее важной области от 300 до 8000 гц утомляемость слуха очень мало зависит от частоты и потому приведенные данные могут считаться относящимися к тону любой лежащей в этих пределах высоты <sup>42</sup>.

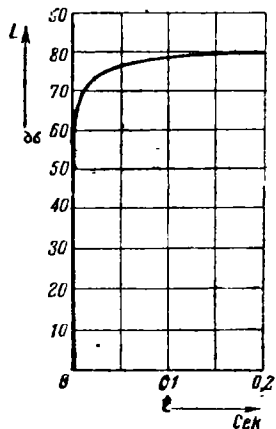


Рис. 18.

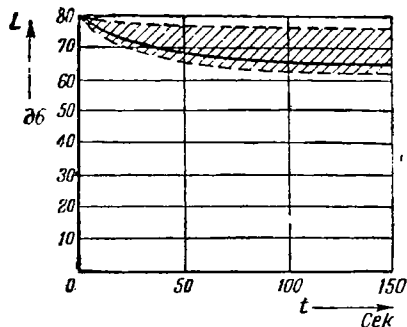


Рис. 19.

По Лазареву, утомление объясняется разложением «звучувствительного вещества» в слуховом нерве <sup>43</sup>. Так как на восстановление этого вещества требуется некоторое время, то по прекращении звучания чувствительность уха восстанавливается не сразу, а лишь по истечении некоторого времени, длящегося, смотря по интенсивности утомлявшего тона, несколько секунд или даже минут.

Тоны другой высоты, чем утомляющий, также подпадают под влияние утомления и притом тем больше, чем они к нему ближе.

Перечисленные здесь свойства слуха должны учитываться при производстве акустических наблюдений, так как без учета их легко возможны очень значительные ошибки.

## 18. Бинауральный эффект

До сих пор, говоря о свойствах человеческого уха, мы оставляли в стороне то обстоятельство, что у человека не одно, а два уха.

Наличие у человека двух глаз и двух ушей придает зрению и слуху дополнительные качества.

Наличие двух глаз, обеспечивающее, как говорят, бинокулярное зрение, придает зрению стереоскопическую рельефность, как бы воссоздавая перспективу и делая более выпуклым взаимное расположение вещей.

Подобно этому слушание двумя ушами создает так называемый бинауральный эффект, обеспечивающий стереоакустическую ориентировку при определении направления источника звука <sup>44</sup>.

Можно было бы предположить, что основой бинаурального эффекта является наша способность оценивать отличие в интенсивности звука, приходящегося на долю направленного к источнику уха и противоположного уха, экранированного головой. Можно было бы предположить также, что основой бинаурального эффекта является наша способность оценивать разность фаз между звуками, пришедшими к разным ушам. Однако, вероятнее <sup>45</sup> полагать, что основой бинаурального эффекта является способность уха оценивать промежуток времени, прошедший от прихода звука к одному уху до прихода его к другому.

Достаточно, чтобы звук пришел к одному уху на  $3 \cdot 10^{-5}$  сек. (0,03 мсек) позже, чем к другому, чтобы это стало заметным и сказалось в виде бинаурального эффекта, в силу которого звук будет казаться приходящим со стороны. При указанном минимальном значении будет казаться, что звук пришел под углом в  $3^\circ$  к направлению прямо перед головой <sup>45а</sup>, а при запоздании на  $6,3 \cdot 10^{-4}$  сек. (0,63 мсек) — под углом в  $90^\circ$ , т. е. сбоку. С этой точки зрения просто поразительно, на какие малые отрезки времени реагирует ухо.

Реакция уха на неодновременный приход звуков к правому и левому уху вызывает некоторое представление об угле по-

<sup>44</sup> Суждение о положении источника звука основывается, впрочем, не только на одном бинауральном эффекте. Так, например, благодаря тому, что высокие звуки поглощаются воздухом сильнее низких, тембр пришедшего издали звука оказывается характерно измененным, и по изменению этому мы также судим об удаленности источника звука. Конечно, локализовать подобным путем чистый тон невозможно, почему он и производит на нас весьма своеобразное впечатление. К. О. Боевский С. Т., примечание к § 10 из 3-й лекции Тивдаля в книге последнего „Звук“.

<sup>45</sup> Ржевский (см. сноску 20), стр. 82.

<sup>45а</sup> Для сопоставления интересно указать, что бинокулярный параллакс уже в 1,8—5" достаточен для зрительного восприятия объемности.

<sup>42</sup> Békésy G., PhZ 1929, 30; 115.

<sup>43</sup> Лазарев И., Ионная теория возбуждения, М. 1916.

ворота источника относительно головы, совершенно независимо от частоты звучания. Однако для тонов выше 1200 гц бинауральный эффект вообще перестает наблюдаться.

Подобно тому как стереоскопический эффект используется для точных измерений расстояний по двум стереоснимкам с помощью стереокомпаратора (что имеет немалое значение в военном деле, когда другие методы измерений затруднительны), так и на бинауральном эффекте основаны звукопеленгаторы, служащие для распознавания направления на летящий аэроплан (действующие на расстоянии, примерно, до 25 км и играющие особую роль в условиях плохой видимости), для распознавания направления подводных лодок (гидрофон), минных работ (геофон) и т. п.

### 19. Сосредоточенность слуха

Общеизвестно свойство человека фиксировать свое внимание на определенном восприятии, как бы выключая все остальные. Эта способность прекрасно проявляется на примере человека, зачитавшегося интересной книгой и совершенно перестающего слышать громкие разговоры в той же комнате.

Для нас эта способность интересна с точки зрения реакции слушателя на сопутствующий граммофонной пластинке шум — шипение ее. Именно благодаря этой способности при действительно внимательном слушании музыки перестают замечать шипение, которое привлекает к себе внимание более всего в самом начале проигрывания — в промежутке, предшествующем исполнению.

«Если мы, слушая очень хорошего артиста, сосредоточим внимание на шуме, издаваемом механизмом фортепиано, на ударах пальцев о клавиши, на скрипе смычка, или дыхании певца, мы поразимся количеству посторонних шумов, которых мы обычно не замечаем, так как сосредоточиваем все свое внимание только на музыкальных тонах»<sup>46</sup>.

У многих работников производства граммофонных пластинок выработалась профессиональная привычка (обратная привычке слушателей) сосредоточивать свое внимание как раз на сопутствующих звучанию пластинок шумах и иных дефектах.

В способности сосредоточивать слух есть, однако, черта, делающая для слушателя шипение пластинок еще более неприятным — это способность проецировать слышимые звуки на воображаемый источник. Способность эта лучше всего может быть пояснена случаем, описанным в «Психологии» Вильямса

Джемса<sup>47</sup> и происшедшим лично с Джемсом: совершенно внезапно он услышал страшный шум в верхней части дома и никак не мог разгадать его происхождение, а после выяснилось, что в действительности это был храп маленькой собачки, лежавшей возле Джемса<sup>48</sup>.

Можно, основываясь на этом явлении, полагать, что шипение граммофонной пластинки мы проецируем на условия возникновения звука (например на оркестр), почему нам и может казаться, что пластинка «шипит, как паровоз». Другими словами, мы воспринимаем это шипение как некоторый звук, происходящий возле исполнителя и столь сильный, что, будучи в этих условиях записанным, он звучал бы, как обычное шипение граммофонной пластинки, так как нашему сознанию несвойственно, очевидно, без особой надобности разлагать все звуки на «копию воображаемых» и «истинные местные» и оно относит их к главному источнику.

<sup>47</sup> Дословная цитата приведена в книге Перельман, «Занимательная физика», ч. I, стр. 198.

<sup>48</sup> «Ассоциация, автоматически вызываемая ощущением, зависит не столько от качества самого ощущения, сколько от отношения его к одновременным и предшествовавшим ощущениям, от сходства или контраста с ними, а главным образом от общей связи непосредственно предшествовавших ассоциаций: например, тот же самый шум может ассоциироваться или с маленьким животным, находящимся на близком расстоянии, или же с чудовищем в некотором отдалении». Орлов И. Е., Логика естествознания, М.-Л. 1925, стр. 179.



## Глава III

## МУЗЫКАЛЬНЫЕ ЗВУКИ И ШУМЫ

## 20. Основной тон. Обертоны

Приходя в колебательное движение, обычно всякое тело колеблется не только как целое, но и отдельными своими частями.

Так, например, можно наглядно показать, как струна при известных условиях, «разделяется» на две, три, четыре и т. д. части и каждая из них совершает самостоятельное колебание.

Чем меньше длина колеблющейся части, тем с большей частотой она колеблется. Поэтому такая «разделившаяся на части» струна будет давать кроме основных колебаний еще колебания с частотой в 2, 3, 4 и т. д. раз большей.

Соответствующие этим частотам тоны называются обертонами или гармониками в отличие от основного тона, соответствующего колебаниям тела как целого. Когда не хотят делать разграничения между основным тоном и обертонами, — говорят о парциальных тонах. Первый обертон является вторым парциальным тоном; второй обертон — третьим парциальным тоном.

Струна сама по себе не способна привести воздух в значительное сотрясение, т. е. не способна издавать достаточно громкие звуки; для получения последних ее приходится укреплять на поверхностях, принимающих на себя роль этих передатчиков колебаний воздуху, а эта поверхность в свою очередь колеблется не только как целое, но и своими частями. Поэтому-то звук скрипки так сильно зависит от свойств ее деревянного корпуса.

По аналогичной причине одна и та же нота, взятая на разного рода инструментах, звучит совершенно по-иному. Происходит это в силу отличия обертонов при одном и том же основном тоне. Когда колебания происходят лишь с одной определенной частотой, применяют название *чистый тон*. Но если к чистому тону, служащему основным тоном, примешивается ряд обертонов (или, как их иногда называют, верхних гармонических тонов, парциальных тонов или гармоник), то говорят о сложном тоне.

Присущее данному инструменту свойство образования обертонов придает звучанию характерную окраску, называемую *тембром*. Иногда колебания тела, как целого, очень затруднены и тогда основной тон бывает даже выражен значительно слабее обертонов — это имеет, например, место у контрабаса.

Обертоны имеют таким образом огромное влияние на характер звучания инструмента. В практических условиях колебания звучащего тела не только в целом, но и отдельными частями происходят всегда и поэтому всегда имеют место обертоны.

Понятие музыкальной высоты звука обозначается нотами и связано с основным тоном<sup>49</sup>; но всю полноту и красочность звука мы оцениваем только благодаря свойственным инструменту обертонам.

Беря на каком-либо инструменте ноту, соответствующую определенному числу колебаний основного тона, мы в действительности воспримем еще ряд значительно более высоких звуков, соответствующих обертонам.

Если бы мы взяли ноту, отвечающую настолько высокому основному тону, что уже первый обертон (т. е. соответствующий двойной частоте) оказался бы за пределами зоны слуховых ощущений и не был воспринят, то нота эта оказалась бы очень бесцветной и немusicalной. На практике в музыке наиболее высокие ноты действительно далеко не достигают верхней границы частотного диапазона, как это видно на рис. 20, где представлен диапазон *основного* тона разных голосов и инструментов. Например, высшая нота рояля ( $a^4$  по музыкальному обозначению) отвечает 3500 гц<sup>49а</sup>, а высшая нота флейты пикколо ( $d^5$ ) отвечает 4700 гц.

Сопоставление рис. 20 с приводимым ниже рис. 36, изображающим частотные диапазоны, захватываемые *всеми звуками* отдельных инструментов, наглядно показывает роль обертонов в музыкальном звучании.

То же самое, что сказано было относительно музыкальных инструментов, относится, в частности, и к человеческому голосу, который также достаточно богат обертонами.

На рис. 20 даны кроме частотного измерения высоты тона еще и музыкальные обозначения нот, смысл которых нам станет ясен ниже (§ 22).

## 21. Биения, консонанс

Используя прием, показанный на рис. 1, запишем на листке с осевой линией *CD* последовательно колебания камер-

<sup>49</sup> В музыке знак ноты указывает не только на высоту тона, но и на его длительность; последняя нас здесь не интересует.

<sup>49а</sup> В современных роялях высшей нотой является чаще  $c^5$ , отвечающая 4225 гц.

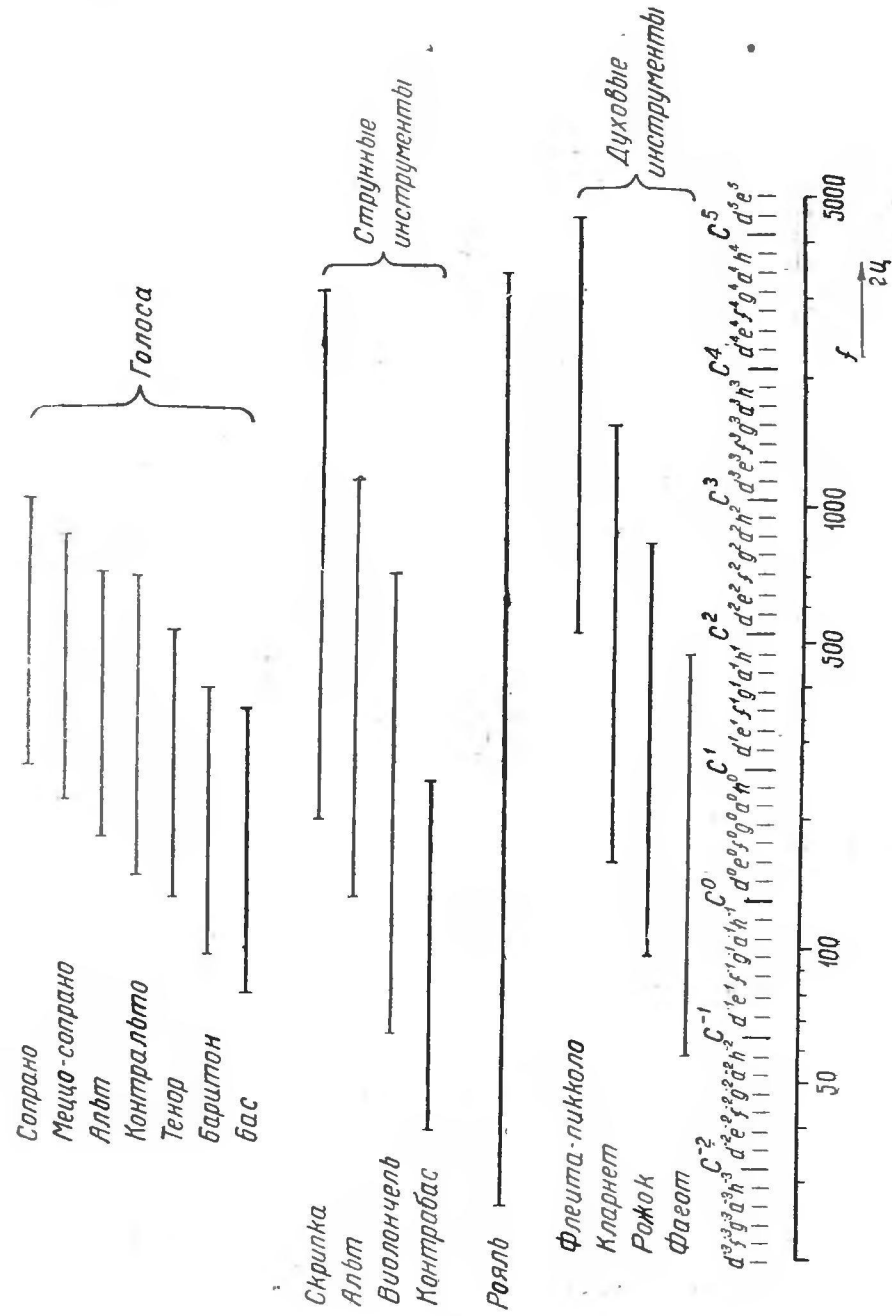


Рис. 20.

тонов, дающих, например, 20 и 18 колебаний в секунду при одинаковой амплитуде. Рассматривая две полученные таким путем наложенные одна на другую кривые (рис. 21), мы увидим, что будут положения, когда колебания сложатся, и будут положения, когда они окажутся в противоположных фазах. Сложение колебаний даст двойную эффективную амплитуду; их уравнивание, напротив, сведет эффективную амплитуду к нулю (так называемые биения). На рисунке видно, что за время одной секунды максимум и минимум эффективной амплитуды достигаются в нашем случае два раза (20 — 18 = 2). Нетрудно вывести и аналитически, что число таких пульсаций интенсивности от нуля до максимума в секунду равно разности числа колебаний обоих источников звука.

Изображенную на рисунке суммарную кривую, построенную известным уже нам графическим приемом, можно получить и автоматическим сложением с помощью показанного на рис. 22 приспособления, удобного для получения суммарной фонограммы двух чистых тонов. Приспособление состоит из двух камертонов, один из которых укреплен на неподвижной подставке, а другой перемещается в пазу, устроенном на плите. Укре-

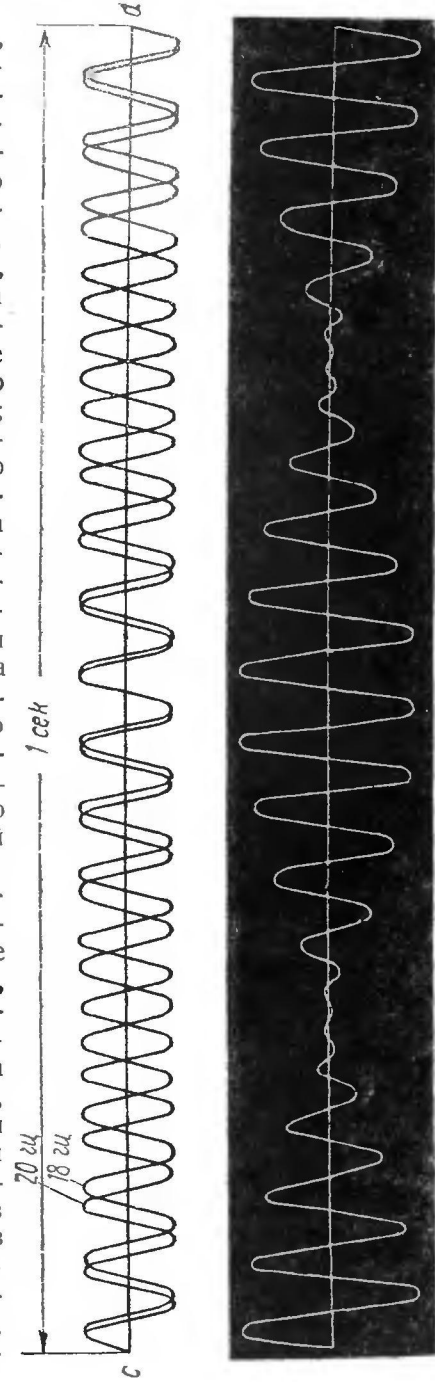


Рис. 21.

пляют на ножке одного из камертонов закопченную стеклянную пластинку, а на ножке другого штифт, касающийся поверхности этой пластинки. Заставляя оба камертона звучать и передвигая подвижный, вынуждают штифт процарапать на стекле кривую, которая и приведена на нижней части рис. 21.

Биения представляют явление, на которое наш орган слуха реагирует очень специфически. Когда разность частот двух одновременных тонов достаточно велика (численные значения будут приведены ниже; для примера скажем 500 гц), — ухо вовсе не замечает биений. Когда же это число уменьшается, ухо улавливает их как некоторую шероховатость звука, иногда как бы щекотание в ухе, действующее весьма неприятно<sup>50</sup>.

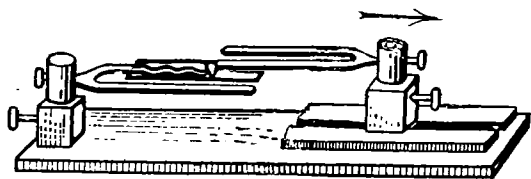


Рис. 22.

Наиболее неприятная разность между частотами двух тонов не есть постоянная величина — она зависит от частоты одновременных звуков. Зависимость эта показана<sup>51</sup> на рис. 23, где по абсциссам отложена частота наиболее низкого тона, а по ординатам — число биений (равное разности между частотой более высокого и более низкого тона).

Этот рисунок показывает, что, держа один тон ( $f_1$ ) постоянным и приближая второй к нему (т. е. спускаясь по ординате), мы достигнем сперва границы, при которой свободное созвучие двух тонов будет нарушено и наступят биения (пунктирная линия), и, наконец, придем к положению (заштрихованная линия), где чувствуется шероховатость; приближая тоны далее, мы будем чувствовать биения как последовательные возрастания и уменьшения громкости особенно резко, но это ощущение не только перестанет быть неприятным, а, напротив, будет создавать ощущение как бы величественно-

сти. Последний случай имеет даже специальное применение в музыке: в органах делают специальный регистр *voix céleste* («небесный голос»), в котором две трубы подобраны так, что дают между собой биения<sup>52</sup>.

Хотя на рис. 23 проведена кривая шероховатости звука, захватывающая достаточно широкий частотный диапазон, однако в действительности эффект шероховатости не при всех частотах одинаково интенсивен; наиболее заметен он, по-видимому, при частоте 1000 гц.

Исследования в этой области еще далеко не исчерпывающи, однако очевидно, что в музыке шероховатость может оказаться вредной. Гельгольц считает сочетания звуков, не вызывающие биений, благозвучными (консонансы), а вызывающие биения — неблагозвучными (диссонансы). Однако это объяснение часто не разделяется музыкантами.

Интересно отметить, что эффект маскирования, рассматривавшийся выше, оказывается слабее эффекта биений: наличие биений делает более легким распознавание смежных тонов, которые при отсутствии биений подпали бы под маскирующее действие. На рис. 41 это видно с полной наглядностью: уменьшение маскирующего эффекта при приближении к маскируемому тону как раз и происходит благодаря биениям.

Биения между двумя тонами происходят, конечно, совершенно независимо от условий образования этих тонов, поэтому биения могут происходить и происходят также и между обертонами.

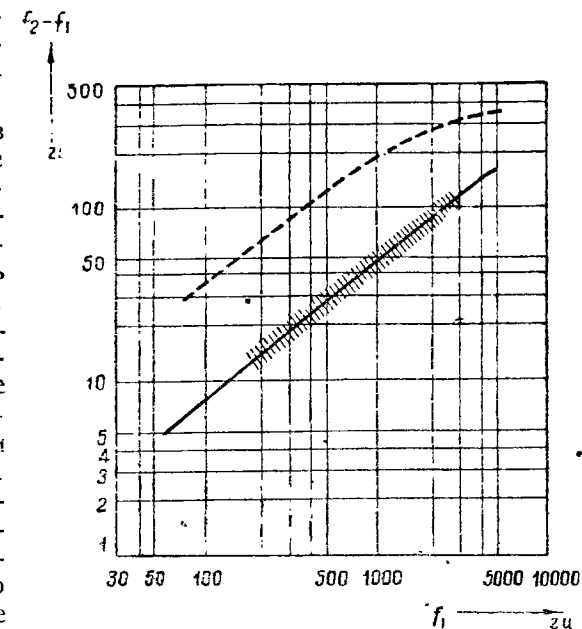


Рис. 23.

<sup>50</sup> Можно полагать, что такие общеизвестно неприятные звуки, как трение мокрым пальцем по стакану, ножом по тарелке и т. п., которых некоторые люди совершенно не переносят, объясняются именно подобной шероховатостью звука. Ответом на этот вопрос мог бы служить лишь анализ фонограммы этих звуков, которой, к сожалению, в распоряжении автора не имеется.

<sup>51</sup> Janovsky W., Über den Zusammenhang zwischen Schallempfindung und Schallreiz und seinen Einfluss auf die Hörbarkeit von Verzerrungen, ZtPh 1931, 12; 12: 611—21.

<sup>52</sup> Вуд, Звуковые волны и их применение (пер.), 1924, стр. 58.

## 22. Музыкальный строй

Люди с музыкальным слухом не только различают тоны по высоте, но и оценивают отличие в высоте отдельных тонов. Поручив опытному музыканту подобрать ряд тонов, по его мнению *равноотстоящих* друг от друга, и промерив затем частоты их, мы, как и следовало ожидать на основе психо-физического закона, обнаружим, что в подобранном ряду частоты возрастают не в арифметической, а в геометрической прогрессии. В соответствии с этим музыкальные интервалы построены на отношении частот отдельных тонов.

Интервал между двумя тонами, частоты которых относятся как 2:1, носит название октавы<sup>53</sup>.

Так как понятие октавы основано на нашей оценке физических явлений частоты, по аналогии с прежними понятиями определяют октаву как частотный уровень (логарифм частоты при основании, равном двум).

Таким образом октавы определяются рядом  $2^n$ , из которого в интересующие нас границы 15—15 000 колебаний входят значения 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384 гц. Таким образом ряд из десяти октав ( $2^{10}$ ) охватывает практически всю зону слуховых ощущений.

В музыке применяются звуки, охватываемые лишь девятью октавами, а именно:

Частота в гц	Немецкое и ан- глийское обозна- чение	Французское и итальянское обозначение	Название
16—32	$c^{-3} - h^{-3}$	$ut_{-2} - si_{-2}$	субконтроктава
32—64	$c^{-2} - h^{-2}$	$ut_{-1} - si_{-1}$	контроктава
64—128	$c^{-1} - h^{-1}$	$ut_1 - si_1$	большая октава
128—256	$c^0 - h^0$	$ut_2 - si_2$	малая октава
256—512	$c^1 - h^1$	$ut_3 - si_3$	первая октава
512—1034	$c^2 - h^2$	$ut_4 - si_4$	вторая октава
1034—2069	$c^3 - h^3$	$ut_5 - si_5$	третья октава
2069—4138	$c^4 - h^4$	$ut_6 - si_6$	четвертая октава
4138—8276	$c^5 - h^5$	$ut_7 - si_7$	пятая октава

В музыке октава подразделяется далее на более мелкие интервалы. Подразделение производится так, чтобы осуществить возможность гармонии, т. е. одновременного музыкального звучания разных нот. Из взглядов Гельмгольца (см. § 21) следует, что, выбирая эти подразделения, надо руководствоваться тем соображением, чтобы устранена была такая близость обертонов, которая могла бы привести к биениям и, следовательно, шероховатости и диссонансу.

Так как частоты обертонов представляют целые кратные от основного тона, то очевидно, что наибольшее число совпадений обертонов будет иметь место в том случае, если два основных тона будут взяты также в простых целых отношениях.

Например, взяв отношение октавы 2:1, получаем самое благоприятное сочетание, так как все обертоны совпадают с парциальными тонами первого тона и будут таким образом лишь интенсивнее. Взяв отношение 3:2, получим для 2-го парциального тона (т. е. 1-го обертона) значение, которое имели раньше для 3-го парциального тона, а для 4-го

парциального тона значение, которое имели раньше для 6-го парциального тона; однако для 3-го, 5-го и 7-го парциальных тонов получим значения (4,5; 7,5), хотя и не имевшие места раньше, но значительно отличающиеся от соседних, так что неблагозвучие не наступает.

Для большей наглядности обратимся к рис. 24. На нем по линии АВ на оси абсцисс в привычном логарифмическом масштабе отложены основной тон и ближайшие обертоны (ограничиваемся ими, так как они имеют относительно большее значение).

Линия А<sub>1</sub>В<sub>1</sub> соответствует октаве этого первого тона. Линия АА<sub>1</sub>, как и параллельные ей, представляет на этом рисунке линии одинакового порядка тонов.

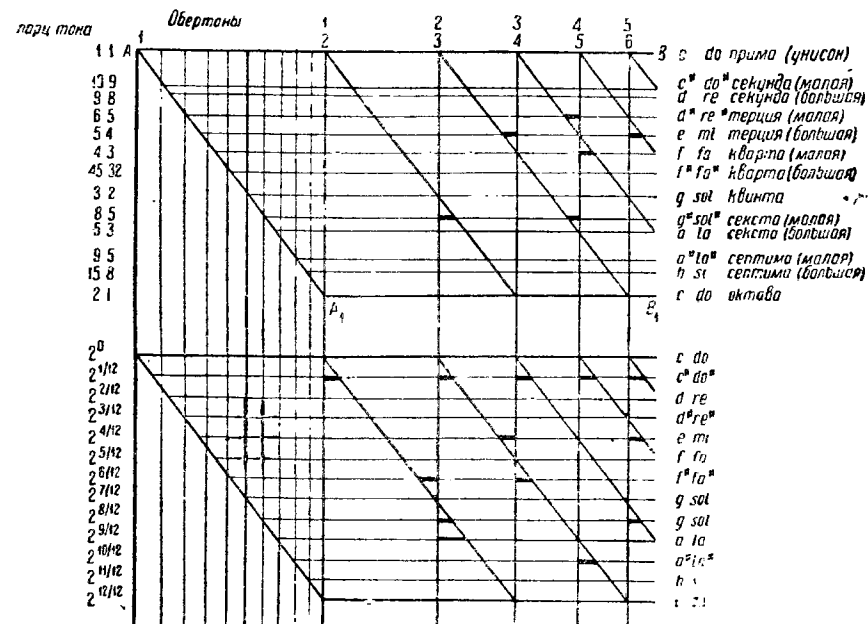


Рис. 24.

Ясно видно совпадение 2-го парциального тона октавы с 4-м парциальным тоном первого тона, 3-го с 6-м.

Выбор способа подразделения октавы сводится на этом рисунке к подразделению линии АА<sub>1</sub>.

В верхней части рисунка дано подразделение, соответствующее так называемому чистому строю. Отношения тонов выражаются здесь простыми целыми числами кратными 2, 3 или 5 (отношения проставлены слева). Участки, где имеется нежелательная близость обертонов, помечены черными полосами. Участков этих в пределах первых парциальных тонов, которыми мы ограничиваем рассмотрение, как видно из рисунка, сравнительно немного.

Справа проставлены соответствующие нотные обозначения.

Выходящий за пределы рисунка 7-й парциальный тон, как не имеющий кратных, наиболее склонен к неблагозвучию и его стремятся поэтому устранить вовсе. Устранение 7-го парциального тона в рояле, например, достигается тем, что удар производится на расстоянии  $\sim 1/7$  части от конца струны, так что эта точка оказывается в узле.

<sup>53</sup> Эта единица делится дальше: 1 октава = 100 сантиоктав = 1000 миллиоктав.

Приведенный строй имеет, однако, существенный недостаток. Дело в том, что в музыкальных произведениях часто прибегают к так называемой модуляции, а именно — одну и ту же мелодию строят в разных тональностях, начиная с любого тона. В приведенном выше строе это невозможно, так как интервалы, т. е. отношение любого тона к частоте предыдущего, различны (на рис. 24 эти интервалы выражаются промежутками между горизонтальными линиями).

Поэтому в 1691 г. Веркмайстером предложен и примерно в начале XVIII в. вошел в практику так называемый равномерно темперированный строй, в котором октава разделена на 12 одинаковых интервалов (равных  $i = 2^{1/12} = 1,05946$ ). Этот строй представлен в нижней части того же рисунка.

Легко видеть, что зато при этом строе совпадение обертонов уже не имеет места и число случаев нежелательной близости их значительно возросло. По этой причине строй этот встречает со стороны некоторых музыкантов возражения и поныне, поскольку он менее благозвучен, но все же остается фактом, что дилемму «лишиться возможности модулировать, но остаться при более точных тонах или несколько расстроить тоны, но иметь возможность свободной модуляции» музыканты решили в сторону расстройства тонов, в пользу строя, консонансы аккордов которого значительно менее благозвучны.

Прежние названия нот сохранены и здесь, а добавочные введены как диэзы.

Кроме приведенных двух строев предложен был еще целый ряд других, имеющих второстепенное значение<sup>54</sup>.

Рассматривая список музыкальных октав, мы уже обратили внимание на отклонения в границах октав от приведенного выше математического ряда. Дело в том, что Международная конференция в Вене установила в 1859 г. как основу настройки музыкальных инструментов тон  $1a_3$  второй струны скрипки, предписав для него 435 колебаний в секунду. По темперированной гамме отсюда вытекает значение  $do_3$ , равное  $435 : 2^{9/12} = 258,65$  *гц* ( $\sim 259$  *гц*), откуда нетрудно вывести и остальные значения.

Интересно отметить, что, несмотря на венское постановление, тон  $1a_3 = 435$  *гц* стал основным только при хоровой настройке. Разные рояльные фирмы принимают для  $1a_3$  свои значения, обычно более высокие. Настройка роялей в Государственной ленинградской консерватории производится по камертону в 441 *гц*. Повышенный строй оркестра заставляет и вокалистов отступать от  $1a_3 = 435$  *гц*. В СССР принята теперь<sup>55</sup> для тона  $1a_3$  частота 440 *гц*. Любопытно отметить, что наблюдается устойчивая тенденция к повышению  $1a_3$  со временем. Так, в 1700 г. принялось<sup>56</sup>  $1a_3 = 403$  *гц*.

## 23. Особенности звучания отдельных музыкальных инструментов

Как уже сказано, нотами задается лишь высота основного тона, в то время как характерная окраска того или иного инструмента определяется присущими инструменту обертонами.

<sup>54</sup> Более подробное изложение этого вопроса не может входить в наши задачи. Интересующихся подробностями отошлем к книге Немировского и Л. Г., *Акустика физическая, физиологическая и музыкальная*, 1923.  
<sup>55</sup> ОСТ 7710. Основной тон музыкальной настройки.  
<sup>56</sup> Хвольсон О. Л., *Курс физики*, 1923, т. II, стр. 117.

Для исследования тембра музыкального инструмента можно воспользоваться записью его звучания, произведенной, например<sup>57</sup>, с помощью устройства, показанного на рис. 1. Полученную кривую с помощью гармонического анализа можно разложить на отдельные составляющие ее простые колебания и установить относительную интенсивность этих отдельных составляющих тонов.

На основе произведенного анализа можно построить график, в котором по абсциссам будем откладывать частоты (однако не в логарифмическом, а в линейном масштабе, так как при этом отдельные обертоны расположатся на равных расстояниях с интервалом, равным частоте основного тона, и потому будут легко отличимы от негармонических составляющих), а по ординатам — интенсивности парциальных тонов в относительных единицах в логарифмическом масштабе. Полученный график носит название акустического спектра.

На рис. 25—27 изображены акустические спектры звуков разных инструментов. С их помощью познакомимся более обстоятельно со свойствами отдельных музыкальных инструментов.

Изучение акустических спектров тем более обосновано, что по закону Ома слух воспринимает именно отдельные тоны.

На всех приводимых ниже<sup>58</sup> акустических спектрах отброшены обертоны, интенсивность которых менее 1% интенсивности наиболее интенсивного тона; последняя принята во всех случаях за 100%.

Рис. 25 изображает акустические спектры рояля, на котором взята нота поочередно в каждой октаве (указаны на рисунке по немецкой системе). Для ясности на рисунке основной тон этой ноты помечен каждый раз кружочком. Из рассмотрения спектра видно, что чем ниже взята нота, тем больше число возникающих обертонов (для  $s^{-1}$  более двух десятков, а для  $s^4$  только один<sup>59</sup>).

Кроме легко обнаруживаемых благодаря равному между ними расстоянию обертонов, выясняется наличие в звуках рояля местами сплошного спектра, как узнаем ниже,

<sup>57</sup> В настоящее время для подобных исследований более принято пользоваться осциллографической записью; об осциллографах будет дано представление в § 213.

<sup>58</sup> Meyer E., *Die Klangspektren der Musikinstrumente*. Отл. оттиск из Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Phys.-Math. Klasse. 1931, XXXII. В сокращенном виде см. в I сб. „Физ. проблемы техники звукового кино“ 1932 г., где помещен повидимому отчет о докладе из ZtPh 1931, 12: 616—11.

<sup>59</sup> При ноте  $s^3$  также имеется один обертон, не нанесенный на рисунке, так как он лежит выше 8000 *гц* и не уместился в пределах изображенной полосы частот.

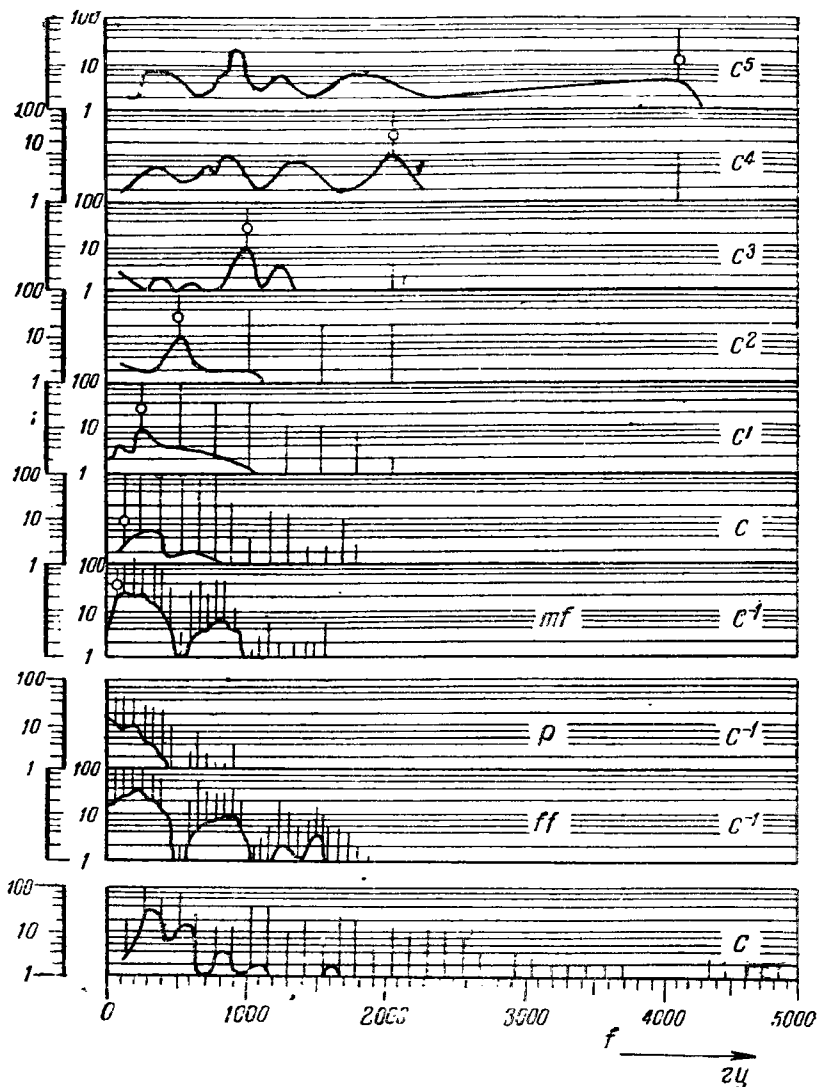


Рис. 25.

характерного для шумов. Этот сплошной спектр в данном случае обусловлен для низких тонов процессами устанавливания струны, а для высоких — звучанием самого ударившего молотка.

Рассматривая спектр  $c^{-1}$ , можно обратить внимание на резкое ослабление 8-го парциального тона; как сказано было

в § 22, обычно стремятся исключить 7-й парциальный тон — рассмотрение спектра обнаруживает отклонение данного рояля от этого правила.

В нижней части того же рисунка приведены два варианта той же ноты  $c^{-1}$ , характеризующиеся один более слабым (музыкальное обозначение  $p$ —*piano*), другой более сильным ( $ff$ —*fortissimo*) ударом в отличие от удара средней силы ( $mf$ —*mezzo forte*), которым взяты все ноты верхней части рисунка. Сопоставление показывает, что число парциальных тонов возрастает с силой удара.

При обилии парциальных тонов звук утрачивает свою мягкость.

У пиано число парциальных тонов оказалось большим, а основной тон менее выраженным, чем у рояля, — этим и объясняется более благозвучный тембр рояля.

Старинные клавикорды 1700 г., спектр которых показан в самом низу рис. 25, обнаруживают еще большее, чем у рояля, число парциальных тонов (больше трех десятков для  $c^4$ ), иллюстрируя этим достигнутое за последние столетия совершенствование рояля. «Электрические рояли», звук которых передается репродуктором, обнаруживают иногда еще меньшее число парциальных тонов и имеют соответственно еще более мягкий тембр.

В отличие от рояля и других упомянутых только что ударных струнных инструментов щипкового типа имеют более мягкий тембр и происходит это по той же причине меньшего числа обертонов.

Это становится наглядным из сравнения спектра рояля для ноты  $c^1$ , приведенного на рис. 25, с приведенными на рис. 26 спектрами арфы для той же ноты<sup>60</sup>.

Представленные на рис. 26 два спектра отличаются между собой только тем, что верхний получен при щипке струны точно по ее середине, а нижний при щипке на расстоянии 5 см от нижнего места закрепления струны; значительное возрастание числа парциальных тонов во втором случае объясняется

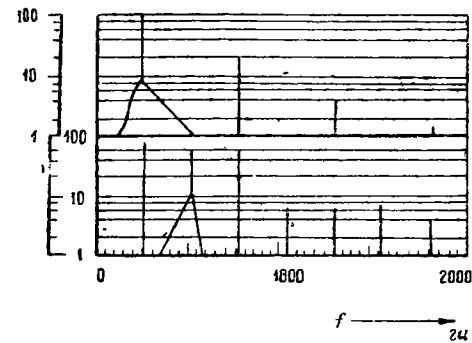


Рис. 26.

<sup>60</sup> Впрочем, спектры некоторых щипковых инструментов, как, например, цитр, люгги, банджо, не обнаруживают столь простого спектра, что соответствует и более жестким тембрам.

тем, что четные парциальные тоны, которые не могли возникнуть, когда середина соответствовала пучности, легко возникают теперь, осуществляя в ней свой узел. Здесь мы имеем, таким образом, наглядную иллюстрацию самого принципа возникновения обертонов.

Спектр струнных инструментов смычкового типа также обнаруживает очень большое число парциальных тонов; примером может служить показанный на рис. 27, А спектр скрипки, на которой взят основной тон в 192 гц (струна G). Легко видеть, что в спектре имеются парциальные тоны, приближающиеся к 6000 гц. Когда на скрипке берут более высокие ноты, парциальные тоны поднимаются до 8000 гц.

Характер спектров других смычковых инструментов (контрабаса, виолончели, альты) подобен спектру скрипки, хотя и не достигает столь высоких частот.

Особенностью спектров металлических духовых инструментов является практически одинаковая интенсивность низших парциальных тонов; для примера на рис. 27, Б показан спектр трубы при ноте 177 гц (fis). Парциальные тоны ее достигают очень высоких частот (граница их показана на рисунке пунктиром, так как они не были установлены достаточно точно).

В отличие от всех рассмотренных инструментов ударные инструменты не могут изменять высоту, так как не имеют основного тона и обертонов, а дают исключительно сплошной спектр. И вид и частотный диапазон этого спектра весьма разнообразны — это видно из сопоставления спектров рис. 27, В (удар тарелок барабана друг о друга), рис. 27, Г (кастаньеты), рис. 27, Д (большой барабан) и рис. 27, Е (треугольник). В то время как удар по большому барабану дает частоты не выше 600 гц, треугольник даже при 16 000 гц имеет негармонические тоны интенсивностью до 10% от максимального (надо обратить внимание на то, что шкала абсцисс у рис. 27, Д и 27, Е отличается от шкал рис. 27, А—Г).

Все рассмотренные акустические спектры не следует считать абсолютно стабильными, так как между отдельными экземплярами одинаковых инструментов возможны небольшие отличия.

Выше было сказано, что акустические спектры получают методом гармонического анализа. Однако мы убедились в том, что многие инструменты имеют наряду с гармоническими тонами и сплошной спектр, а иногда, как в случае ударных — только последний; поэтому такие акустические спектры не могли быть получены методом гармонического анализа.

На помощь здесь пришел так называемый метод ищущего тона (Suchton), благодаря которому не только ока-

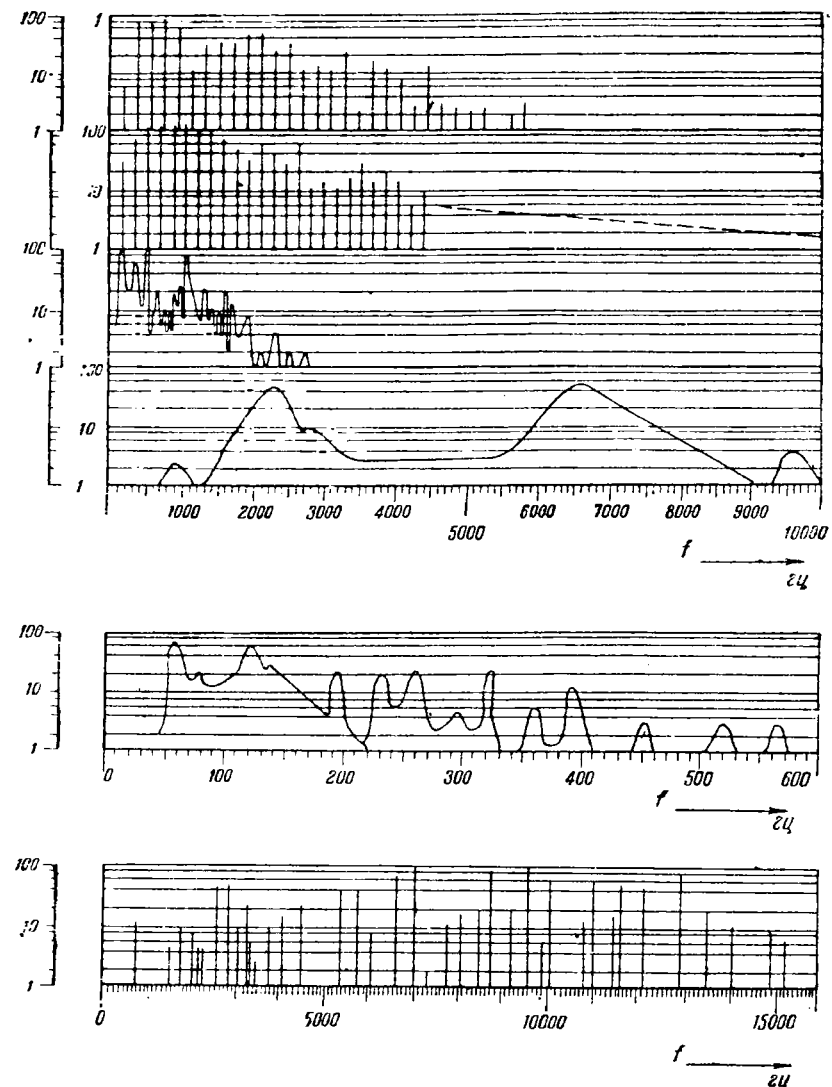


Рис. 27.

зывается возможным снимать акустические спектры любых неизменяемых во времени звучаний, но и избегать при этом весьма кропотливой расчетной работы. Сущность этого метода состоит в том, что ищущий тон постоянной амплитуды, но плавно меняющейся частоты, действует одновременно

с исследуемым звучанием, а образующиеся при этом биения фиксируются; понятно, что биение будет возникать тогда, когда ищущий тон будет приближаться к парциальным тонам исследуемого звука, чем и обнаружит их присутствие; интенсивность биения будет при этом характеризовать интенсивность найденного парциального тона.

Несмотря на всю ценность акустических спектров для характеристики музыкальных инструментов, они не отвечают на вопрос о том, каково относительное значение отдельных частот при музыкальном исполнении, когда применяются разные ноты и различные интенсивности их.

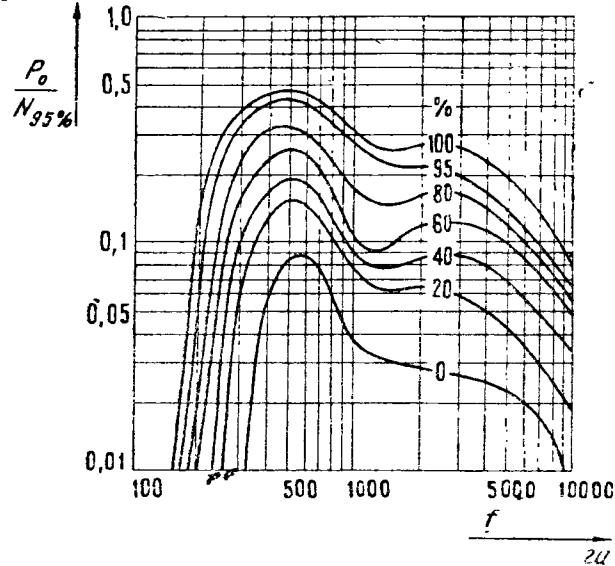


Рис. 28.

Ответ на этот очень существенный вопрос могут дать, конечно, лишь статистические обследования. Как пример результата такого исследования на рис. 28 приводятся данные для скрипки<sup>61</sup> (исполнялись упражнения; микрофон стоял сбоку на расстоянии 1 м); по абсциссам здесь отложены частоты в логарифмическом масштабе, а по ординатам значения отношения звукового давления в барах для принятого интервала частот (здесь принят «непер-интервал», соответствующий отношению частот  $e = 2,718$ , а не 2, как в октаве), к площади, ограниченной осью абсцисс и кривой с индексом 95%.

Индексы, стоящие при кривых, означают вероятность данного значения, например, цифра 95% означает, что

95% всех наблюдаемых максимумов лежит ниже этой кривой. В технических расчетах принято опираться именно на значение 95%, игнорируя те 5% случаев, когда значения этой кривой могут оказаться превышенными.

Подобные кривые могут быть, конечно, построены не только для отдельных инструментов, но и для целых оркестров<sup>62</sup>.

## 24. Человеческий голос

Голос человека также может быть рассмотрен в числе музыкальных инструментов.

Энергия колеблющейся струны недостаточна для создания мощных звуков, поэтому струнным инструментам и придают резонаторные коробки. Роль резонатора для колеблющихся голосовых связок в человеческом голосовом аппарате выполняет полость рта.

Резонатор подчеркивает те тоны, которые совпадают с его собственной частотой. Так, говоря в пустую бочку, мы отчетливо ощущаем изменение тембра благодаря резонансному выделению определенных частот.

Человеческий голос обладает в отличие от музыкальных инструментов очень интересной особенностью.

Полость рта способна изменять свои размеры и форму; каждой гласной отвечает своя форма полости рта. Поэтому при каждой гласной выделяются, усиливаются определенные частоты, так называемые форманты.

Благодаря лишь этому мы и можем узнавать гласные, хотя бы они и звучали на разной высоте, так как, будем ли мы произносить эту гласную более или менее высоким тоном, от этого изменится основной тон, но подчеркнутая резонансом частота (форманта) остается прежней. Именно благодаря этому обстоятельству и возможно на одной и той же ноте воспроизводить разные гласные — петь, передавая не только мелодию, но и слова.

Такое объяснение этого явления дано впервые Гельмгольцем, который подносил разные камертоны ко рту человека, приготовившегося произнести ту или иную гласную, и устанавливал таким путем, на какую частоту резонирует эта полость.

Явление это проявляется в некоторой степени и у музыкальных инструментов; в особенности заметно оно на примере духового деревянного инструмента — фюгата, самый тембр которого, кстати говоря, сходен с тембром человеческого голоса.

<sup>61</sup> Lueder H., Zur Statistik der Intensitätsverteilung im Spektrum natürlicher Klangbilder. Siem 1930, 9; 2: 167—226, рис. 15а.

<sup>62</sup> Сводку могущих быть выведенными из подобных наблюдений величин наблюдаемых средних и пиковых мощностей см. на русском языке Ржевкин С. Н., Анализ звука, Спр. ТЭ 10: 375—6.



На рис. 29 представлен акустический спектр фагота. На рисунке совершенно отчетливо видно, что парциальные тоны, лежащие при 500 гц, оказываются наиболее интенсивными независимо от основного тона — именно такие парциальные тоны и представляют форманту.

Возвращаясь к человеческому голосу, обратимся к рис. 30. Здесь для нескольких гласных в американском произношении показано относительное значение отдельных частот, причем зачерненными треугольниками отмечены средние положения

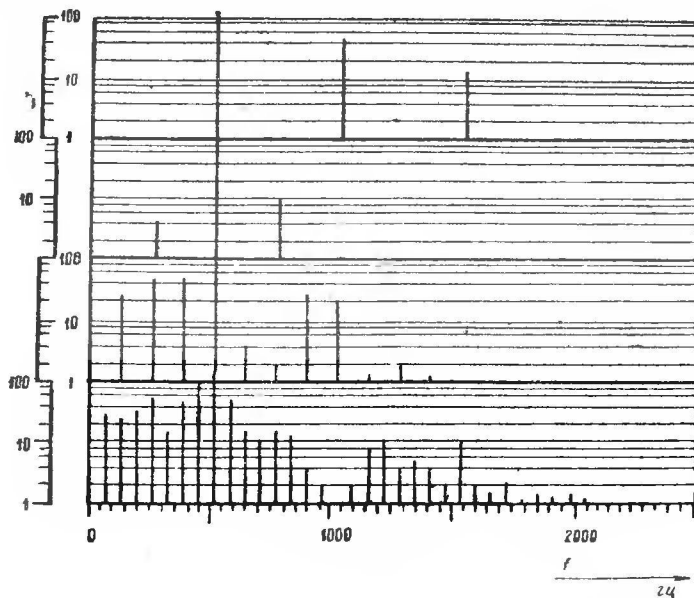


Рис. 29.

формант, а рядом показан разрез через полость рта<sup>63</sup> и дана фотография положения губ<sup>64</sup>. На рис. 30 видно, что язык разделяет весь объем на две полости — переднюю и заднюю; соответственно двум полостям отмечается и наличие двух формант для каждого звука. В отличие от акустических спектров музыкальных инструментов кривые рис. 30 даны в координатах частота — громкость, т. е. представляют аудиограммы; в них введена уже поправка на чувствительность уха.

<sup>63</sup> Рентгенографическое изучение этих полостей при произнесении различных звуков производил Руссель (Russell O., Speech and Voice, 1931).

<sup>64</sup> В качестве бытового примера зависимости характера гласной от положения органов в полости рта удобно привести следующий: когда дантист работает бормашиной, органы полости рта занимают вынужденное положение и пациент фактически не способен произносить ничего кроме «а, а».

Гласная Разрез Форма губ

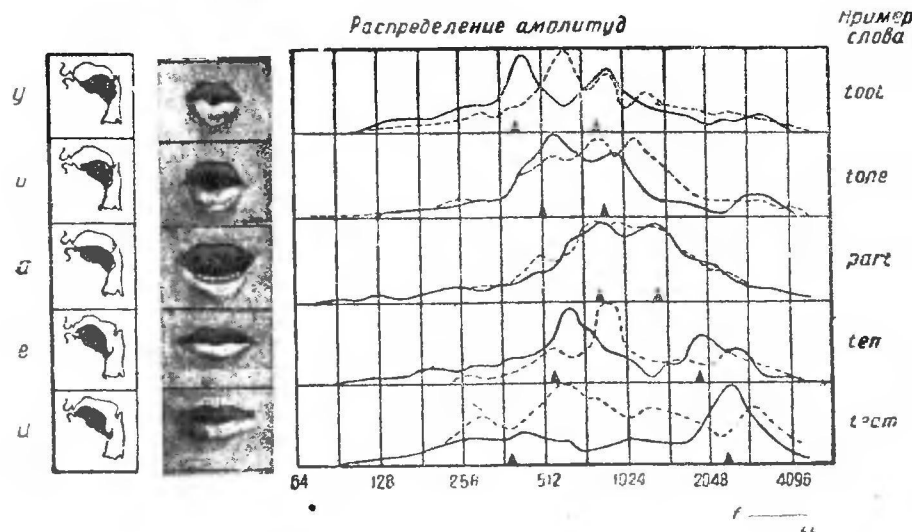


Рис. 30.

Статистическая кривая распределения энергии человеческого голоса по частоте дана на рис. 31. Из кривой видно, что максимум лежит между 100 и 250 гц (в действительности 120 гц для мужской речи, 240 гц для женской). В соответствии с кривыми чувствительности уха, субъективно наиболее громки частоты 500—1500 гц.

Интересно отметить, что область речи как по частотам, так (на небольших расстояниях от говорящего) и по громкости находится примерно посреди зоны слуховых ощущений и, во всяком случае, далеко от ее границ, отвечая, таким образом, самому надежному восприятию. Обстоятельство это весьма любопытно, так как показывает соответствие между свойствами речи и слуха и их взаимную согласованность.

Резюмируя сказанное о человеческом голосе, сформулируем: мы различаем гласные друг от друга независимо от их вы-

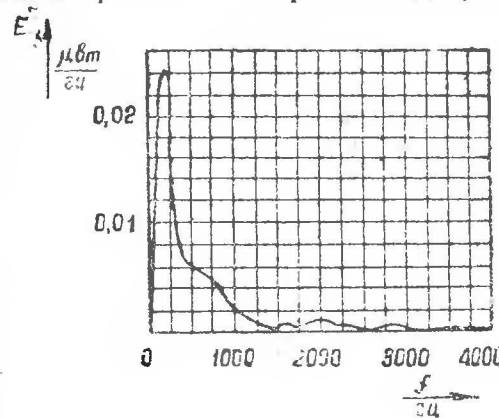


Рис. 31.

соты и, вместе с тем, различаем высоту. О высоте мы судим по основному тону, о самой гласной — по характерному обер-тону (форманте). Создаем мы определенную гласную — формой полости рта, а высоту ее — размером голосовой щели<sup>65</sup>.

## 25. Шумы

До сих пор внимание уделялось звукам в той или иной мере музыкальным. Однако и среди них нам попадались такие звуки, которые скорее следовало бы назвать шумами (таковы, например, звуки ударных инструментов).

Мы познакомились с явлением шероховатости и показали, в какой мере оно определяет выбор музыкального строя, несколько расширив этим наше представление о воздействии звуков на наше восприятие. Представление наше о звуках осталось бы, однако, односторонним, если бы мы не остановились на действии шумов на человеческий организм.

Нервное вздрагивание от звука сильного хлопанья дверью хорошо известно каждому. Но лишь недавно высказана мысль о том, что шумовые раздражения вызывают в человеке аффект, сходный с реакцией страха. Ритм сокращений желудка студентов-медиков, подвергавшихся наблюдению, изменялся одинаково от испуга и от интенсивных звуков.

Ныне доказано<sup>66</sup>, что организм глубоко реагирует на шумовые воздействия, обнаруживая, например, изменение объема селезенки, легких и почек и повышение кровяного давления. То, что шум снижает работоспособность, утомляет, раздражает — общеизвестно<sup>67</sup>.

Шум, вообще говоря, представляет собой явление, столь распространенное, что в случаях, когда он не достигает особенно больших величин, он не вызывает жалоб. Так, например<sup>68</sup>, не замечается шум в помещениях, имеющих следующие уровни:

в учреждениях . . . . .	20—40 до
„ звуковом кинотеатре . . . . .	15—25 „
„ театре . . . . .	12—21 „
„ жилом доме . . . . .	10—25 „
„ радиовещательной студии . . . . .	8—10 „
„ студии для звукозаписи . . . . .	6—8 „

<sup>65</sup> Поведение последней удобно наблюдать стробоскопическим методом.

<sup>66</sup> Smith E. L. и Laird D. A., перевод статьи „Действие шумового возбуждения на сокращения желудка в здоровом человеческом организме“ из сборника „Методы исследования шумов“ стр. 77—81.

<sup>67</sup> Быть может в некоторой мере это раздражающее действие шума заставляет нас так нетерпимо относиться к собственному шуму граммофонной пластинки, ее так называемому шипению.

<sup>68</sup> Кнудсен В. О., Архитектурная акустика (перев. с англ.), Харьков — Киев, 1936, стр. 298.

Напротив, указывают<sup>69</sup>, что в некоторых чрезмерно тихих помещениях самая тишина может неприятно действовать на находящихся в них лиц.

Звуковое давление шума на улицах Нью-Йорка доходит до 5 бар, а в исключительных случаях до 20 бар: шум самолета вблизи пропеллера доходит до 500 бар. Шумы, создающие более 100 бар звукового давления, являются болезненными для уха и вызывают головокружение и тошноту<sup>70</sup>.

Ошибочно думать, что шум редко приходится записывать на граммофонную пластинку. Не говоря уже о том, что различные шумы (производственные, транспортные, уличные и т. д.) очень часто входят в состав радиомонтажей, заранее записываемых с целью последующего воспроизведения с пластинки, шумы сопутствуют и музыкальным звукам.

Правда, иногда раздаются голоса за освобождение музыки от шумов<sup>71</sup>, но пока что граммофонная техника считает своим идеалом запись всех действительных звуков во всей их натуральности<sup>72</sup>. Аналогии прикрашивающей «художественной фотографии» в виде такого же уклона «художественной фонографии» пока что не имеется — передать скрип смычка при звукозаписи считается столь же нужным, как и звуки самой скрипки.

Для спектра многих шумовых звуков очень характерны высокие частоты: на примере спектра треугольника мы видели, что шумы гораздо более проникают в область высоких частот, чем любые музыкальные звуки. Аналогично дело обстоит и в отношении звуков человеческой речи. Так, например, спектр буквы С, представленный на рис. 32, в отличие от гласных букв рис. 30, захватывает область до 10 000 гц; когда эта буква произносится резко, спектр доходит даже до 13 000 гц.

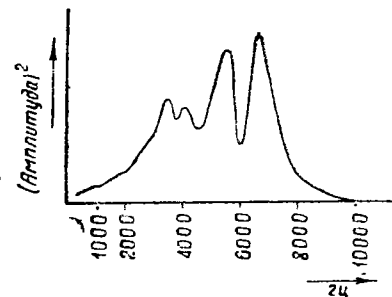


Рис. 32.

Беспорядочный характер шумов сравнительно с музыкальными звуками виден также из сравнения фонограмм а — е на рис. 62, относящихся к музыкальным звукам (скрипка, рояль,

<sup>69</sup> Ibid. стр. 88.

<sup>70</sup> Ржевкин С. Н., Шум, ТЭ 26: 297.

<sup>71</sup> См., например, Абаза-Григорьев, Музыка и техника, 1925, стр. 29.

<sup>72</sup> Это стремление, повидному, вполне оправдано. Так, например, указывают, что негармонические компоненты звука не только не вредны, но и необходимы для звучания „как соль необходима в еде“. Backhaus H., Über die Bedeutung der Ausgleichvorgänge in der Akustik. ZPh 1932, 13; 1: 31—46.

голос) с фонограммами *f* и *g* того же рисунка, изображающими шумовые звуки (буква Ш, шум города).

## 26. Динамика звукового процесса

Упомянутое в § 7 явление устанавливания играет огромную роль в нашем представлении о звуках отдельных инструментов.

Старое представление о том, что наше ухо отличает отдельные звуки только по трем признакам — громкости, высоте и тембру — оказалось недостаточным.

В том, что динамика звукового процесса очень существенна для распознавания инструментов, убедиться нетрудно. Поставим на граммофон (проще всего это сделать на электрограммофоне с синхронным мотором) граммофонную пластинку и заставим диск вращаться в обратном направлении, предварительно установив звукосниматель так, чтобы игла имела нормальное положение относительно нового направления движения пластинки.

Проигрывая таким образом пластинку с записью рояля, мы услышим звуки, скорее напоминающие гармонику, потому что постепенное замирание звука после сильного удара так же характерно для рояля, как постепенное нарастание звука — для гармоники.

В человеческой речи процесс устанавливания также играет очень большую роль. Для согласных звуков период устанавливания, в общем, имеет тот же порядок, что и для музыкальных инструментов, зато для гласных звуков он исключительно быстр (период этот не является во всех случаях одинаковым; этот период в значительной мере характеризует предшествующую согласную; в общем он имеет порядок 1—2 мсек). Большое значение этого обстоятельства станет нам ясно ниже.

Если заставить кого-либо прочитать любой отрывок от конца к началу, от последней буквы к первой, сохраняя правильные ударения, так что каждое слово получилось бы обратным, и записать это чтение на пластинку, а затем прослушать ее в направлении, обратном записи, мы должно быть услышим нормальный понятный текст; однако нас поразит большое число неправильностей произношения, зависящее от отличий в произношении букв в зависимости от их последовательности. придыханий и явлений, связанных с процессом устанавливания.

Если мы сделаем более простой опыт обращения обычной речевой записи<sup>73</sup>, мы заметим, что тембр голоса сохра-

<sup>73</sup> Прослушивание граммофонных пластинок в обратном направлении является одним из приемов фонетических исследований. См. H a j e k L., Herstellung und methodische Verwertung von Schallaufnahmen в книге Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden под ред. Абдергальдена Abt. V. Lieferung 422.

нился и оратора можно, в общем, по голосу узнать, хотя и создается впечатление, что он говорит на незнакомом языке и как-то странно.

Кинематографический фильм можно пустить в обратном направлении. Зрелище получается весьма необычное, но вполне связное и зрительно ясное. Очень соблазнительной кажется давно уже высказанная мысль обращать таким путем музыкальные произведения.

Не получим ли мы новую симфонию, проиграв в обратном направлении какую-либо уже известную симфонию? Казалось бы гармонии консонансов должны сохраниться, ритм хотя и обращается, но не делается от этого беспорядочным, и есть основания ожидать новой мелодии.

Однако здесь сказывается обращение динамики, обращение процессов устанавливания, исчезновение логического построения музыкальной фразы и изменение музыкальных форм. Мелодия исчезает, а вместе с ней пропадает и музыкальность произведения; недаром по чьему-то меткому сравнению «музыка без мелодии — то же, что картина без рисунка».

Таким образом аналогии с кинематографическим фильмом здесь не обнаруживаются. Это лишний раз подчеркивает важность динамики звукового процесса для восприятия.

## 27. Практические громкости разных звуков

Говоря об акустических спектрах, мы интересовались относительным значением отдельных парциальных тонов. Теперь поинтересуемся мощностью источников звука в целом.

Мощность человеческого голоса изменяется в очень широких пределах. Составляя для тихого шопота лишь 0,001 мвт, она может для очень громкой речи достигать 1 мвт, а в пиках даже 5 мвт, при пении мощность достигает 30 и даже 100 мвт.

Средняя мощность обычного разговора величина порядка 10 мвт. Говоря в большом помещении, оратор повышает мощность голоса. Соответственно с этим для аудитории в 700 м<sup>3</sup> мощность голоса составляет 25 мвт, а для аудитории в 7000 м<sup>3</sup> составляет 50 мвт. Чтобы дать наглядное представление о том, насколько мала последняя величина мощности, Кнудсен указывает, что для получения акустической энергии мощностью в одну лошадиную силу пришлось бы поставить 15 миллионов ораторов<sup>74</sup>.

<sup>74</sup> Кнудсен В. О., Архитектурная акустика (пер. с англ.) 1936 г. Однако для создания той же мощности путем сильного дутья в кларнет потребовалось бы уже лишь 15 000 человек. Meyer E., Messung der Gesamtenergie von Schallquellen. ZtPh 1929, 10; 8: 309—16.

Мощности музыкальных инструментов также лежат в очень широких пределах.

Еще более, чем мощности звуков, для нас интересны их практические громкости. Касаясь последних, прежде всего напомним, что поток звуковой энергии на открытом воздухе, когда имеет место шаровая волна, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от звукоизлучателя. Поэтому, говоря о практической громкости того или иного звучания, обязательно следует упоминать расстояние, отделяющее от источника звука.

На рис. 33 в координатах громкость-расстояние сведены данные различных наблюдателей о громкости отдельных звуков <sup>75</sup>.

Если особо остановиться на музыкальных звуках, наиболее частых при записи граммофонных пластинок, то можно будет указать, что по данным упомянутого выше статистического метода исследований <sup>76</sup> наименьшая величина звукового давления при игре оркестра 0,27 бар, а наибольшая 430 бар; отсюда наибольшая разность уровней звука:

$$L = 20 \lg \frac{P_2}{P_1} = 20 \lg \frac{430}{0,27} = 64 \text{ дб.}$$

Впрочем цифру в 64 дб часто считают низкой. Так, указывают <sup>77</sup> на следующие цифры громкостей (на расстоянии, равном обычному расстоянию от эстрады до слушательских мест): скрипка 5—40 дб, медная группа 30—60 дб, малый оркестр 10—50 дб, симфонический оркестр 12—80 дб.

Повидимому, надо считать, что музыкальное исполнение укладывается в 70 дб.

Само собой разумеется, что в процессе исполнения интенсивность звучания подвержена изменениям соответственно самому характеру музыкального произведения. Это изменение иногда называют динамикой, имея при этом, однако, в виду значительно большие отрезки времени, чем те, которые имелись в виду в § 26, когда говорилось о процессах уста-

<sup>75</sup> В литературе встречается очень много данных о практических громкостях звуков. Давая сводки этих данных, приводят их обычно в виде таблиц. По мнению автора, эти данные много выигрывают в наглядности, будучи представлены в виде *L*-диаграммы (громкость-расстояние). Приведенная на рис. 33 диаграмма составлена на основе учета многочисленных опубликованных данных. Нужно заметить, что границы зон не могут претендовать на большую точность, как ввиду недостаточности числа наблюдений, так и ввиду нестрогости ограничения определяющих их понятий (например „уличный шум“ и т. п.).

<sup>76</sup> Sivian L. J., Dunn H. K. и White S. D., Absolute Amplitudes and Spectra of Certain Musical Instruments and Orchestras. JASA 1931, 2; 330.

<sup>77</sup> Дрейзен И. Г., Электроакустика в широковедаании, М. 1932.

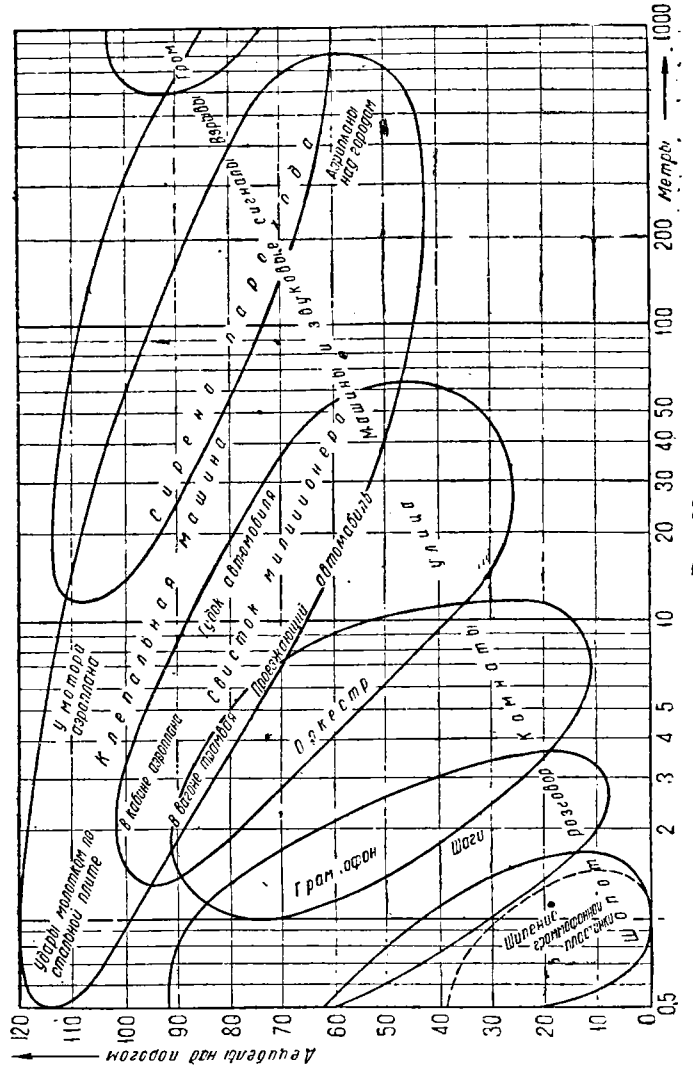


Рис. 33.

навливания. Чтобы избежать неясностей, было бы предпочтительно говорить в одном случае о динамике установливания, а в другом о динамике исполнения.

Примером динамики исполнения служит рис. 34, где приведена <sup>78</sup> запись двукратного исполнения одного и того же

<sup>78</sup> Wagner K. W., Der Umfang der Lautstärken in der Musik, 1932.

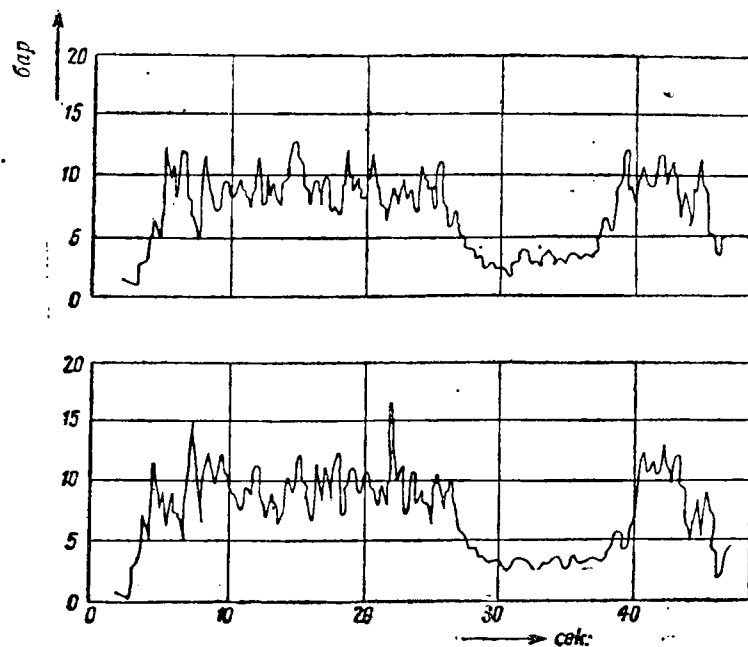


Рис. 34.

отрывка Баха, первый раз на репетиции (наверху), второй раз — в концерте (внизу). Интересно отметить, что, при сохранении общего характера, в деталях имеются явные различия — отсюда можно получить представление о тех границах нестабильности динамики исполнения, которые допускаются самими музыкантами.

## Глава IV

## УСЛОВИЯ ХОРОШЕГО ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

В наше время слушать вторичные звуки стало очень привычным делом. Разговор по телефону, звуковое кино, граммофон, радио приучили нас к этому. Если мы зададим кому-либо вопрос: какие требования предъявляются ко всем подобным репродуктивным устройствам, мы скорее всего получим ответ — «чтобы голос звучал как настоящий» или «чтобы нельзя было отличить от подлинного». Задача этой главы — показать, в какой мере требование неотличимости может быть осуществлено на практике.

## 28. Артикуляция

Минимальным требованием, которое должно быть поставлено звукопроизводящей аппаратуре, есть требование разборчивости речи.

Количественное определение разборчивости (так называемая артикуляция) дается обычно как отношение числа понятных элементов речи к их общему числу.

В качестве таких элементов лучше всего выбирать отдельные слоги, не связанные в логичную речь, так как в противном случае часть непонятных слогов будет восстановлена догадкой. В какой мере последнее может повлиять на результаты, видно из следующих данных, найденных для англоамериканской речи.

При условиях, в которых разборчивость несвязных слогов равна:

20    40    60    80%

понятность связной речи равна соответственно:

74    94    98,5    100%

Таким образом в условиях связной речи мы понимаем правильно 94%, в то время как при тех же условиях из несвязных слогов мы правильно восприняли бы лишь 40%. На основе этих данных принято считать допустимой уже артикуляцию в 75%, так как при ней понятность связной речи очень близка к 100%.

К тому же следует отметить, что даже измерения, проведенные в идеальных условиях, обнаружили артикуляцию не в 100%, а лишь в 96%, благодаря дефектам произношения, памяти и т. д., так что артикуляция в 96% значительно превышает величину, могущую быть практически достигнутой в любом помещении<sup>79</sup>.

Значение процента артикуляции Кнудсен<sup>80</sup> формулирует следующим образом: «если артикуляция равна 85% или больше, условия слышимости очень хорошие; если артикуляция равна 75%, условия слышимости удовлетворительные, но необходимо внимательное прислушивание; если артикуляция равна 65%, условия слышимости лишь едва приемлемы и слушание очень утомительно; если артикуляция менее 65%, условия слышимости неудовлетворительны».

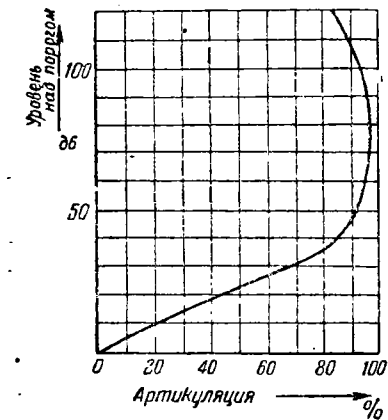


Рис. 35.

При сопровождении звука шумом артикуляция понижается (главным образом, за счет ухудшения разборчивости согласных) и притом тем значительнее, чем ниже уровень ощущения этого звука.

Само по себе влияние уровня звука иллюстрирует рис. 35. Из рисунка видно, что при превышении уровнем ощущения 70 дб над порогом, артикуляция также начинает уменьшаться.

Весьма значительное влияние на артикуляцию оказывает диапазон передаваемых воспроизводящим устройством частот, на котором мы остановимся более обстоятельно.

### 29. Диапазон передаваемых частот

Мы знаем уже, что слышимые нами звуки находятся в диапазоне примерно от 15 до 15 000 гц. Представим себе, что мы установим некоторую преграду — фильтр, который будет допускать до нашего слуха лишь частоты, находящиеся в каком-то более узком диапазоне. Как изменится при этом характер слышимых звуков? Изменения будут более или менее значительны, смотря по тому, какие частоты мы сохраним, какие задержим. Вопрос этот имеет исключительно большое значение и ему посвящен целый ряд работ.

<sup>79</sup> Кнудсен В. О., Архитектурная акустика. 1936 г., стр. 316 и 341.

<sup>80</sup> Кнудсен, loc. cit., стр. 310.

На рис. 35а приведены две кривые<sup>81</sup>, указывающие экспериментально найденную для американской речи зависимость между артикуляцией и пропускаемым диапазоном. Кривая В ограничивает артикуляцию при исключении всех частот выше данной, кривая Н при исключении всех частот ниже данной. Так, например, мы видим, что при исключении всех частот выше 1000 гц артикуляция составляет лишь 40%; напротив, при исключении всех частот ниже 1000 гц артикуляция составляет 86%.

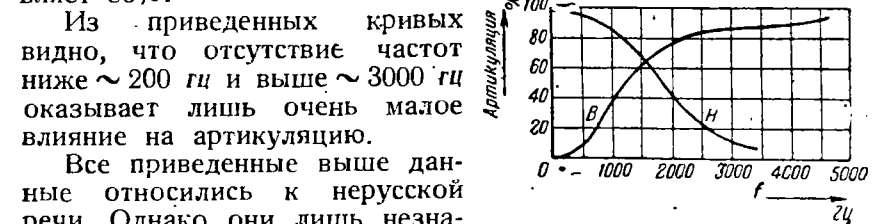


Рис. 35а.

Из приведенных кривых видно, что отсутствие частот ниже ~ 200 гц и выше ~ 3000 гц оказывает лишь очень малое влияние на артикуляцию.

Все приведенные выше данные относились к нерусской речи. Однако они лишь незначительно отличаются от таких же данных для русской речи.

Для большей наглядности мы приведем табл. I, показывающую, как искажаются отдельные звуки русского языка при ограничении верхнего предела пропускаемых частот<sup>82</sup>. Благодаря вырезанию в спектре какой-либо буквы определенных частот и при наличии сходства в оставшихся спектральных составляющих с таковыми другой буквы, она приобретает

Таблица I

f <sub>max</sub>	Гласные							Согласные																
	И	Е	А	О	Ы	Ю	У	Я	Л	С	Ц	Г	Х	Ф	Б	В	Ж	Ш	Н	М	П	З	К	
3023	И	Е	А	О	Ы	Ю	У	Я	Л	Ф	Ш	К	Х	Ф	Б	В	Ж	Ш	Н	М	П	З	К	
2071	И	Е	А	О	Ы	Ю	У	Я	Л	—	Ш	К	—	—	П	Л	Ж	Ш	Н	М	П	З	К	
1432	Ы	Е	А	О	Ы	У	У	Я	Л	—	З	К	—	—	П	Л	З	З	М	М	П	З	К	
955	У	Е	А	О	Ы	У	У	А	Л	—	З	К	—	—	П	Л	З	З	М	М	П	З	К	
716	У	У	О	О	У	У	У	О	?	—	?	?	—	—	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
478	У	У	?	?	У	У	У	?	?	—	?	?	—	—	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Примечание: Знак ? означает „неясно“.  
Знак — означает „пропадает“.

<sup>81</sup> Fletcher H., Speech and Hearing NY 1926. Ph Rev 1924, 23; 427.

<sup>82</sup> Аналогичные данные для немецкой речи еще раньше получены Stumpf C. Die Sprachlaute, Berlin 1926.

звучание этой последней. В заголовке таблицы указаны произносимые буквы, а под ними приведены те буквы, в которые они превращаются при отсутствии в воспроизведении частот более высоких, чем указанная<sup>83</sup>.

Из таблицы видно, как в ряду гласных сперва буква И переходит в Ы, затем Ю в У, Ы в У, Я в А, А в О, наконец, и О становится неясным, так что из гласных лишь У выдерживает срезание частот выше 478 гц<sup>84</sup>.

В ряду согласных прежде всего переходят С в Ф, Ц в Ш, Г в К, затем Ф и Х пропадают вовсе, Б переходит в П, В в Л, Ж и Ш в З, Н в М, так что более или менее неискаженными остаются лишь Л, К, П, З и М; понимание речи становится почти невозможным.

Из рис. 32 мы уже знаем, что с особенно высокими частотами связана буква С, которая, как показывает таблица, пропадает первой.

Первоначальный фонограф очень плохо воспроизводил высокие частоты. Когда Эдисон пытался его усовершенствовать, он произносил и заставлял фонограф воспроизводить слово *special*, которого фонограф никак не мог правильно повторить. После знакомства с табл. I выбор этого слова становится более ясен.

Кроме приведенной выше таблицы разборчивости отдельных букв интересно привести и табл. II разборчивости связной речи<sup>85</sup>.

Таблица II

$f_{\max}$	Разборчивость
2461	Еще вполне разбирается
1642	Еще также все разбирается, но несколько туманно и требует напряженного внимания
1230	Многое неразборчиво, но иногда понятны (в благоприятном сочетании) несколько слов кряду
870	Лишь изредка разбирается отдельное слово
652	Неразборчиво все; ни одного слова нельзя даже отгадать

<sup>83</sup> Баев Н. А. и Ридель Ю. О., Измерение качества передач речи методом артикуляции. Научно-технич. сборник „Телеграф, телефон, радио, почта“, М. 1928.

<sup>84</sup> Если сопоставить эту таблицу с приведенным выше рис. 30, можно заметить, что последними остаются те буквы, форманты которых лежат ниже.

<sup>85</sup> Stumpf С., Die Sprachlaute. Experimentell-Phonetische Untersuchungen, Берлин, 1926.

В телефонии, где артикуляция является главным определяющим требованием, принято считать, что:

диапазон 300—2500 гц	соответствует	обычной передаче
„ 200—3000 „	„	хорошей „
„ 100—5000 „	„	отличной „

На практике коммерческая телефония ограничивается диапазоном «обычной» передачи. После всего сказанного станет более понятным, почему так своеобразно и иногда неузнаваемо звучат по телефону знакомые нам голоса.

Телефонные искажения не имеют большого значения и потому в телефонии можно, действительно, ограничиться требованиями одной лишь артикуляции. Но эти требования оказываются слишком скромными, если мы попытаемся подойти с ними к граммофонной пластинке. Даже пластинка чисто речевой записи должна воспроизводить звуки значительно лучше, чем это делает телефон. Здесь не должно быть неузнавания голоса; если не сам исполнитель (ввиду особых условий «самослушания», в которых он находится), то хотя бы окружающие должны признавать тождественность.

Мы уже видели, что диапазон частот музыкальных инструментов значительно шире диапазона частот человеческого голоса. Поэтому наиболее строгие требования предъявляет не речевая, а музыкальная и шумовая передачи<sup>86</sup>.

К сожалению, для суждения о качестве музыкальной передачи нет такого удобного количественного критерия, каким является артикуляция для речевой передачи. Поэтому данные здесь значительно более расплывчаты. К тому же наше суждение об искажениях в значительной мере осложняется привычкой. Услышав по телефону знакомый голос, мы в первый раз не узнаем его; спустя некоторое время мы к нему привыкаем и начинаем узнавать. Впервые услышав по радио звук рукоплесканий, многие были очень удивлены этому звуку — иногда даже не могли понять его происхождения; узнав, что это звук аплодисментов, слушатели невольно выработали в себе привычку принимать этот звук за аплодисменты, узнают его и разбираются в нем прекрасно.

Если в специально поставленном эксперименте в оркестровом исполнении постепенно урезывать частотный диапазон подобно тому, как мы делали это для разговорной речи, слушатели уловят изменения характера звучания и будут его определять словами вроде «глухой», «тусклый», «вя-

<sup>86</sup> Поэтому, в частности, и суждение о качествах того или иного воспроизводителя звуков нельзя проверять только на речевом материале. Все же речевой материал очень полезен тем, что отличия в тембре знакомого голоса нам улавливаются гораздо легче, чем отличия в тембре музыкальных инструментов.

лый», «бледный», «звонкий», «безжизненный», «резкий» и т. п., много уступающими в своей определенности численным выражениям процента артикуляции. Можно все-таки уловить определенный смысл этих изменений и привести ряд примеров, дающих представление о звучании с урезанным диапазоном.

Как упоминалось раньше, одна и та же нота, взятая на различных инструментах, звучит по-разному; это объясняется отличиями в обертонах этих инструментов. Сильно срезая высокие частоты, мы срезаем более высокие обертоны. Удаляя обертоны, мы нивелируем инструменты, приближаем их к однородному звучанию; различие отдельных инструментов становится затруднительным; звук приобретает «вялость». Таков именно звук скверной граммофонной пластинки — то звучание, которое мы оцениваем, как «граммофонный звук»; главная причина этого дурного звучания состоит в недостатке высоких частот<sup>86а</sup>. Между тем музыкант ценит гармонию отдельных инструментов (симфоничность) и потому хочет различать эти инструменты в отдельности.

Напротив, недостаток низких частот и их роль в звуковом воспроизведении известны всякому, кто имел возможность сравнивать звучание электромагнитного и электродинамического репродуктора. Большая «насыщенность» звуков, даваемых последним, как раз и обусловлена тем, что передаваемый им диапазон захватывает больше низких частот.

Несколько других «расшифровок» отзывов о звучании будет приведено ниже. Уже сказанного достаточно, для того чтобы понять, что диапазон, нужный для музыкальной передачи, должен быть значительно шире диапазона, пригодного для речевой передачи в телефонии. Можно считать, что тот диапазон, который признавался в телефонии отличным, является здесь лишь удовлетворительным.

Представление о влиянии ширины частотного диапазона на качество воспроизведения<sup>87</sup> дает рис. 36.

Тот диапазон, за пределами которого отсутствие частот не вызывает никакого изменения в восприятии звучания для разных звуков, отмечен на рис. 36 сплошной линией. Вертикальной штриховкой дан тот участок, который отвечает не самому звучанию инструмента, а характерным сопровождающим его шумам. Кружками на линиях отмечены те границы, за пределами которых срезание частот не замечали 80% всех экспертов.

Таким образом для полного охвата всех приведенных звучаний оказался необходимым диапазон в 40—15 000 гц. Если бы в число наблюдаемых звучаний был включен орган, потребовалось бы, может быть, воспроизводить весь слышимый диапазон 15—15 000 гц.

Воспроизведение такого широкого диапазона осуществимо сейчас лишь в специальных лабораторных условиях, так как требует специальной аппаратуры; подобные установки слишком дороги пока для широкого распространения. Поэтому практика имеет дело с более узкими диапазонами, в той или иной мере ухудшающими воспроизведение.

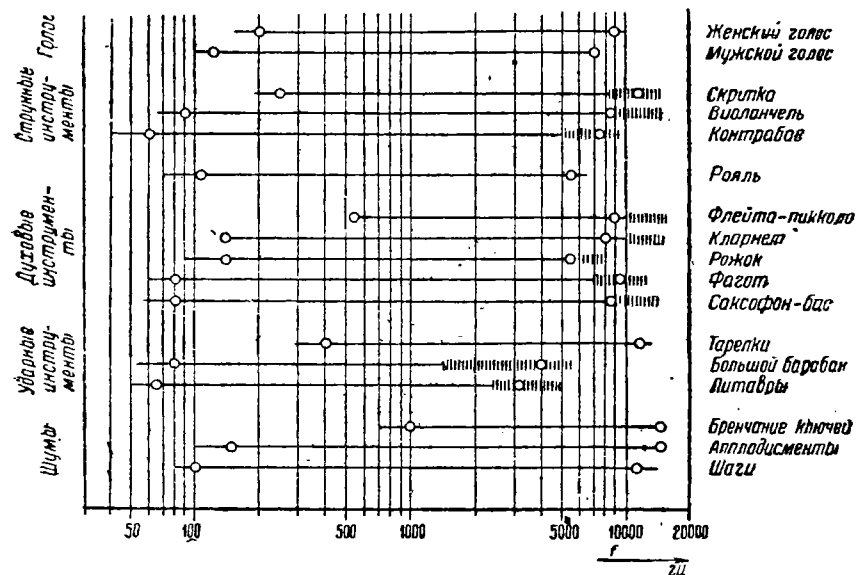


Рис. 36.

Трудно говорить здесь о более точных границах, но примерно можно считать:

- |    |                         |               |                             |
|----|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| A. | диапазон 100 — 5 000 гц | соответствует | удовлетворительной передаче |
| B. | 50 — 10 000 „           | „             | высококачественной передаче |
| C. | 30 — 15 000 „           | „             | прекрасной передаче         |

При этом подразделении интервал качества между диапазонами А и В несравнимо более велик, нежели между диапазонами В и С.

Надо иметь в виду, что влияние ограничений становится более ясным и самые искажения всегда обнаруживаются скорее, когда возможно непосредственное сравнение с натуральным звучанием, чего в обычных условиях не бывает — это дает право несколько более мягких, чем приведенные выше, оценок.

<sup>86а</sup> Другой очень существенной причиной специфического „граммофонного звучания“ является наличие большого пика в области 600 гц, соответствующего резонансу рупора.

<sup>87</sup> Snow W. B., Audible Frequency Ranges of Music, Speech and Noise. BSTJ 1931, 10; 610—27.



Нормальные граммофонные пластинки отвечают обычно диапазону А или отклоняются в сторону диапазона В.

Представление о частотном диапазоне граммофонной пластинки дает рис. 37, составленный на основе таких же статистических наблюдений над звучанием, как и рис. 28. Здесь наблюдения сделаны<sup>61</sup> при проигрывании граммофонной пла-

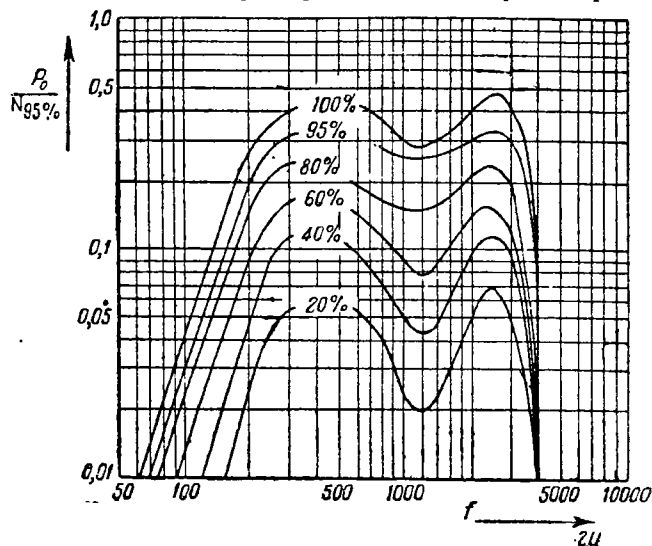


Рис. 37.

### 30. Частотная характеристика и линейные искажения

Когда выше говорилось о явлении резонанса, был приведен рис. 7, на котором было показано, как отзывается камертон на ту или иную подводимую к нему частоту. Рассмотренная зависимость представляет по существу частный случай понятия частотной характеристики, под которым разумеют зависимость чувствительности прибора от частоты.

Кривая, очень сходная с представленными на рис. 7, присуща мембране обычного телефона. Она имеет максимум при частоте около 1000 гц, при которой мембрана имеет амплитуду колебания порядка 7—8 м. Амплитуды быстро падают при отклонении передаваемых частот от собственной частоты мембраны; при отклонении на 400 гц (т. е. при частотах 600 гц и 1400 гц) они составляют уже только доли десятые микрона.

Ходом этой кривой и определяется диапазон тех частот, которые передавала бы телефонная трубка, если бы ей была подана электрически вся полоса частот слышимого диапазона.

Поэтому понятие границы передаваемых частот, как верхней, так и нижней, не является строгим: нельзя считать, что более высокие или более низкие частоты вовсе не передаются — они передаются, но в очень слабой, практически несущественной степени, они, как выражаются в таких случаях, *завалены*.

Идеальной формой частотной характеристики была бы прямая, параллельная оси абсцисс (по которой отложены частоты), т. е. линия, выражающая отсутствие всякой зависимости чувствительности воспроизводящего устройства от частоты (хотя бы в пределах слышимого диапазона), так как именно в этом случае была бы обеспечена верная передача наиболее широкого диапазона.

Если частотная характеристика не имеет вида такой прямой линии, то это сказывается не только на сужении диапазона, но и вызывает искажения, которые принято называть *линейными искажениями* и которые имеют весьма существенное значение.

означает, что в каком-либо месте, где возможен прием обеих станций, могут принимать лишь частотный диапазон в  $(F + f) - (F - f) = 9000$  гц, откуда  $f = 4500$  гц. Для того чтобы был возможен прием с верхним пределом в 10 000 гц, соответственно понадобилось бы раздвинуть несущие частоты обеих станций так, чтобы разница между ними составляла 10 кц — этому раздвижению препятствует обилие радиопередатчиков, которое, таким образом, ограничивает качество передачи. Поэтому в значительно лучших условиях находится вещание по проводам. Новая московская проволочная вещательная сеть будет пропускать частотный диапазон 50—10 000 гц (см. Сухаревский Ю. М., Современная электроакустика и вещание по проводам, М. 1936).

стинки с оркестровым исполнением прелюда Рахманинова (ор. 3 в обработке С. Моген'а). Нельзя не обратить внимание при сравнении обоих рисунков на срезание высоких частот пластинкой. Если бы мы сравнивали не с рис. 28, где показано звучание скрипки, а с наблюдением над полным оркестром, не менее наглядно было бы срезание низких частот.

Таков же порядок частотного диапазона радиопередачи<sup>67а</sup>.

Для того чтобы представлению о частотном диапазоне и искажениях, связанных с его передачей, придать большую точность, необходимо познакомиться с понятием частотной характеристики.

<sup>67а</sup> Известно, что в радиотехнике, при модуляции незатухающих колебаний тока высокой частоты колебаниями звуковой частоты, антенна кроме несущей частоты  $F$  излучает еще широкую полосу частот, в которой верхней боковой частотой служит  $F + f$ , а нижней  $F - f$ , причем  $f$  означает здесь верхний предел частотного диапазона звуковой передачи. Просматривая список ныне действующего распределения передатчиков по всему диапазону (распределение Лозанской конференции), заметим, что несущая частота большинства станций отличается лишь на 9 килоциклов от несущей частоты соседних с ней станций. Это

На рис. 38 показано<sup>88</sup> несколько видов кривой частотной характеристики (некоторое смещение кривых по высоте дано лишь для ясности, характерна не эта высота, а общий ход каждой кривой). Кривая 1 соответствует завалу высоких частот, кривая 2 — завалу низких частот, на кривой 3 виден некоторый подъем высоких частот, на кривой 4 подъем высоких частот значителен.

Субъективное восприятие подобных линейных искажений оценивается обычно следующим образом: при характеристике 1 слушатели говорят, что звук глухой, при характеристике 2 говорят, что звук металлический, при характеристике 3 звук приобретает звонкость и, наконец, при характеристике 4 звук становится резким.

Таким образом частотными характеристиками в значительной мере расшифровываются субъективные оценки музыкантов.

Для того чтобы дать представление о действительном виде частотной характеристики, отошлем к приведенным на дальнейших рисунках частотным

характеристикам разных приборов интересующего нас назначения. Характеристики рис. 94 относятся к микрофонам, характеристика рис. 261 к граммофонной мембране, характеристика рис. 259 к адаптеру, характеристики рис. 260 к радиорепродукторам.

Мы видим, что все эти характеристики имеют далеко не плавный характер, заваливают высокие и низкие частоты, поднимают отдельные узкие частотные области своими резонансными пиками и опускают их своими провалами.

Эти неправильности формы частотных характеристик создают искажения звучания, связанные с усиленной или ослабленной передачей отдельных частот. Подробных исследований, определяющих допустимую границу этих отклонений экспериментально, автору не известно.

Уже из сказанного выше о границах чувствительности человеческого слуха к изменениям громкости следует, что

отклонения порядка 1 дб вполне допустимы. Так как чувствительность человеческого слуха определялась в условиях возможности сопоставлений и притом на чистых тонах, очевидно, что эта величина может быть увеличена для воспроизведения сложных звуков (где уследить за громкостью отдельного тона уху уже труднее) и притом в условиях отсутствия прямого сопоставления с натуральным звучанием.

В общем можно считать допустимыми отклонения порядка  $\pm 3$  дб. На практике, как видно из упомянутых выше рисунков, отклонения бывают значительно больше.

Чтобы дать представление о значении этих линейных искажений, укажем, что для большинства слушателей более предпочтительна<sup>89</sup> передача частот с диапазоном А при незначительных отклонениях, нежели передача с диапазоном В при значительных отклонениях (например  $> \pm 5$  дб), так как при значительных отклонениях утрачивается высококачественность.

Роль пиков может стать наглядной, если вспомнить о роли формант, имеющих по существу ту же природу. При чрезмерно сильных резонансах пики могут сказаться даже в речевой передаче, так как представляют собой как бы особые форманты.

К провалам, повидимому, можно предъявлять менее строгие требования, так как они могут подпадать под маскэффект.

Говоря о частотных характеристиках, необходимо иметь в виду следующее обстоятельство. Слушаем ли мы граммофонную пластинку на граммофоне или концерт, передаваемый по радио из театра, мы во всех случаях прибегаем не к одному, а к целому ряду аппаратов (как, например, микрофон, усилитель, репродуктор и т. д.), каждый из которых имеет свою частотную характеристику. Таким образом частотная характеристика доходящего до слушателя звука определяется совокупностью этих отдельных характеристик, сведенных в некоторую суммарную характеристику. Именно эта суммарная характеристика определяет характер звучания, а частные характеристики имеют лишь промежуточное значение.

При построении приборов стремятся придать каждому из них линейную характеристику. Это облегчает комбинирование таких приборов в агрегаты, но и только; судить же о каком-либо приборе, вводимом в известный агрегат, мы должны вовсе не по тому, насколько линейна характеристика этого прибора, а по тому, насколько этот прибор приблизит к линейности характеристику агрегата в целом.

Например, граммофонная пластинка несет с собой некото-

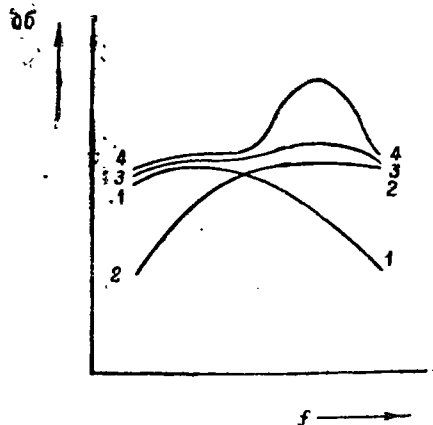


Рис. 38.

<sup>88</sup> Для построения этих кривых автором использованы данные из книги Горон И. Е., Конспект лекций по широковещанию, ч. 1, М. (Литорг. изд. МЭИС'а) 1934, стр. 23.

<sup>89</sup> Ballantine S., High Quality Radio Broadcast Transmission and Reception. PIRE 1934, 22; 5:564—629. 1935, 23; 6:618—52.

рую характеристику, определяемую всей совокупностью условий записи; характеристика эта на практике вовсе не линейна. Именно с этой характеристикой должны мы сравнивать характеристику воспроизведения, которая определяется всей совокупностью условий воспроизведения и должна представлять собою суммарную характеристику всего воспроизводящего агрегата в целом (частотная характеристика мембраны с тонаром и рупором или адаптера с усилителем и репродуктором). Суммарная характеристика записи и суммарная характеристика воспроизведения должны в идеале взаимно дополнять друг друга, давая в итоге достаточно линейную общую характеристику (иначе говоря, должно быть обеспечено согласование характеристик).

### 31. Амплитудная характеристика и нелинейные искажения

Линейные искажения, о которых говорилось выше, не являются единственными, могущими быть внесенными в передачу. Очень существенное значение имеет и другой вид вносимых обычно искажений, так называемые нелинейные искажения.

Если линейные искажения приводят к тому, что отдельные тоны, входящие в спектр передаваемых звуков, окажутся воспроизведенными с несоответственной интенсивностью, то при нелинейных искажениях дело сводится к появлению в спектре звуков таких тонов, которых в нем вовсе и не было.

При одновременном наличии всех частот в передаче понятие частотной характеристики было бы формально достаточным и о нелинейных искажениях можно было бы не говорить. Однако наличие на протяжении всего частотного диапазона сплошного спектра, как мы уже знаем, характерно для шума, а не для нормальной музыкальной передачи. К тому же самая природа нелинейных искажений специфична и заслуживает рассуждения.

Причина возникновения тонов, которых до этого не было, состоит в том, что в физической системе (частным случаем которой является система с вынужденными колебаниями) очень редко наблюдается правильная пропорциональность между силой, стремящейся воздействовать на эту систему, и интенсивностью того действия (например в системе с вынужденными колебаниями — *смещения*), которое этой силой вызывается.

Если подобная система обнаруживает непрямолинейную зависимость между амплитудой смещения и фактором, вызывающим это смещение, или, как говорят, имеет непрямолинейную амплитудную характеристику, то возникновение искажений, называемых нелинейными, неизбежно.

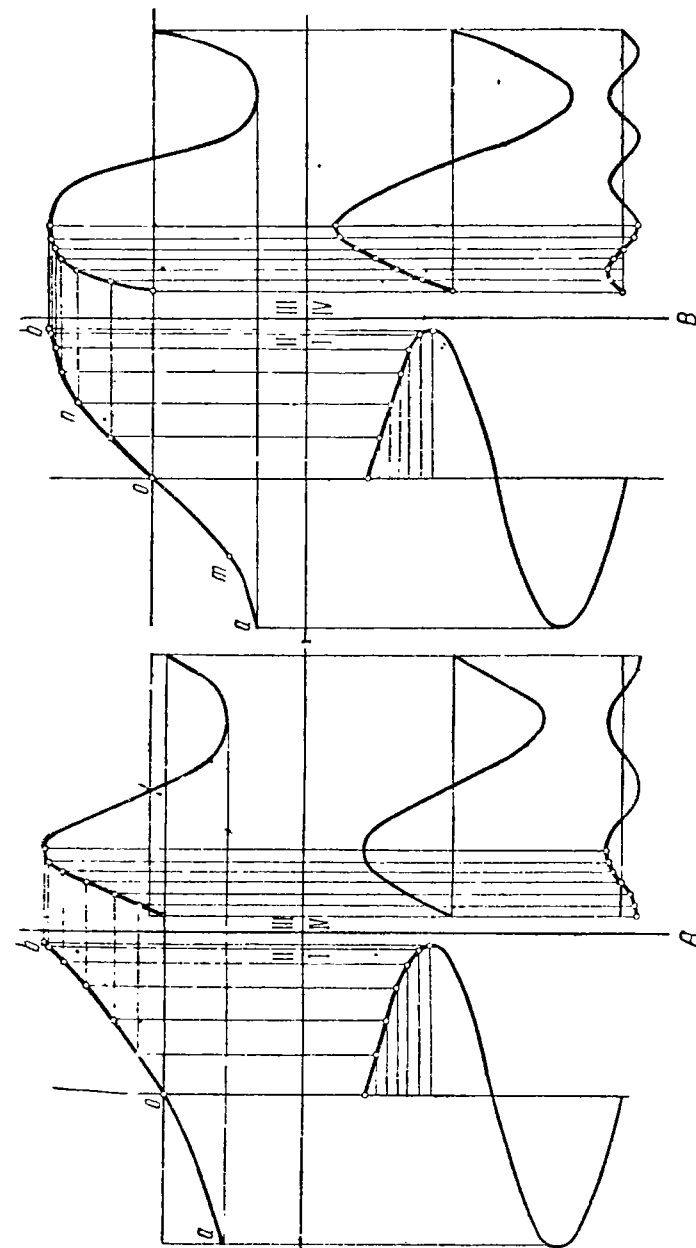


Рис. 39.

Это удобнее всего может быть пояснено графически. На рис. 39, А и В представлены для примера два случая амплитудных характеристик — эти характеристики изображены в квадрантах II кривыми *aob*. В случае А — вся характеристика имеет определенную криволинейность, в случае В — она имеет прямолинейный участок *топ*.

В квадрантах I изображен чистый (синусоидальный) тон, подлежащий воспроизведению. В квадрантах III показано, какую искаженную форму мы получим в каждом случае, передав этот тон с помощью указанных амплитудных характеристик.

Если кривая перестала быть простой синусоидой, т. е. простым гармоническим колебанием, то она все же, как мы знаем по закону Фурье, может быть составлена из простых синусоид. Это и сделано в квадрантах IV.

Мы отчетливо видим в случае А, что искривление формы кривой происходит за счет добавления к синусоиде другой синусоиды, имеющей меньшую амплитуду и удвоенную частоту, т. е. являющейся первым обертоном. В случае В полученное искривление формы оказалось связанным с введением другой синусоиды с меньшей амплитудой и утроенной частотой, т. е. второго обертона.

Поскольку в практических условиях имеют дело не с появлением одного лишь первого или второго обертона, а целого ряда их, то и говорят обычно об искажениях, связанных с появлением четных или нечетных гармоник, имея при этом в виду приближение кривых к типу А или В рис. 39.

На примере рис. 39 мы наглядно установили, как нелинейные искажения являются поводом ко внесению новых тонов, — это для них и характерно. То же рассмотрение пояснило нам, что для избежания нелинейных искажений необходимо пользоваться приборами с прямолинейными амплитудными характеристиками, а если это невозможно, то по крайней мере использовать в этих характеристиках лишь прямолинейный участок, например *топ* при характеристике случая В. Как выше было сказано, в физических системах между силой, действующей на систему, и интенсивностью этого воздействия редко имеется прямая пропорциональность. Во всяком случае эта пропорциональность чаще имеет место, пока сила, действующая на систему, мала (вспомним закон пропорциональности Гука при механических воздействиях). Поэтому при большой интенсивности система может выходить за пределы прямолинейного участка и тогда обязательно наступают нелинейные искажения.

Если явление, рассмотренное здесь только на примерах, подвергнуть более строгому математическому анализу, можно установить, что, подавая на какую-либо систему два чисто

синусоидальных тона с частотами  $f_1$  и  $f_2$ , мы вызовем возникновение еще ряда комбинационных тонов с частотами<sup>90</sup>:

$$\left. \begin{array}{l} 2f_1, 3f_1, 4f_1 \\ 2f_2, 3f_2, 4f_2 \\ f_1 + f_2, 2f_1 + f_2, f_1 + 2f_2 \\ f_1 - f_2, 2f_1 - f_2, 2f_2 - f_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{и т. д. в общем виде } mf_1 \\ \text{и } nf_2 \\ \text{целые } mf_1 + nf_2 \\ \text{числа } mf_1 - nf_2 \\ \text{(или } nf_2 - mf_1) \end{array}$$

Тоны вида  $mf_1$  и  $nf_2$  представляют уже известные нам обертоны.

Тоны вида  $mf_1 \pm nf_2$  являются суммовыми и разностными комбинационными тонами.

Приведенного вида тоны (обертоны и комбинационные тоны) и являются теми, которые привносятся при нелинейных искажениях. Многообразие этих тонов легко себе представить, если учесть количество отдельных тонов разных частот во всяком обычном звучании.

Однако здесь же надо заметить, что достаточную интенсивность и, следовательно, практическое значение имеют лишь первые члены каждого ряда, а из комбинационных тонов разностные более заметны, чем суммовые.

Теперь мы можем еще более отчетливо сопоставить характер линейных и нелинейных искажений. Обратимся к рис. 40.

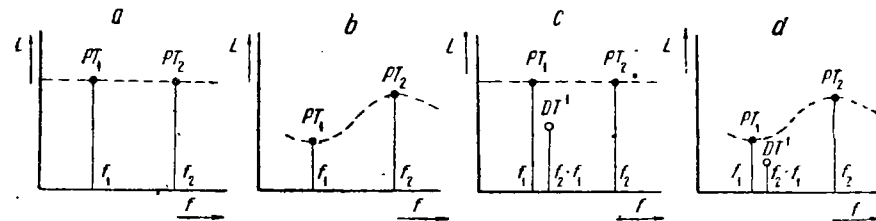


Рис. 40.

Под буквой а указано, как будут переданы два тона с частотами  $f_1$  и  $f_2$  в случае, если частотная характеристика и амплитудная характеристика идеально линейны.

Под буквой б показан случай нелинейности частотной характеристики и линейности амплитудной характеристики (наступают так называемые линейные искажения).

Под буквой с, напротив, показан случай линейности частотной характеристики и нелинейности амплитудной характеристики (наступают так называемые нелинейные искажения, так как возникает разностный тон  $f_2 - f_1$ ).

<sup>90</sup> Аналитический вывод см. Helmholtz H., Die Lehre von den Tonempfindungen, Брауншвейг 1877. Есть русский перевод „Учение о слуховых ощущениях“, 1875.

Наконец, под буквой  $d$  показан случай одновременной нелинейности как частотной, так и амплитудной характеристики (комбинационный тон также, конечно, подчиняется частотной характеристике и потому значение его соответственно изменяется: например, попав в область резонансного пика, он был бы сильно подчеркнут).

На рис. 40, как и на последующих аудиограммах этого типа, принято обозначение:

Основной тон . . . . .	PT (Primärton)
Обертон . . . . .	OT (Oberton)
Разностный тон . . . . .	DT (Differenzton)
Суммовой тон . . . . .	ST (Summationston)

При этом у привносимых тонов будем ставить два индекса: верхний будет означать порядок привносимого тона, а нижний — указывать, от какого основного тона он происходит, например  $OT_2^1$  означает первый обертон второго основного тона. Кроме того, будем выделять на аудиограмме основные тоны зачерненными кружочками.

Нужно указать на способ количественной оценки нелинейных искажений.

Мы видели выше, что мерой линейных искажений служит отклонение (измеряемое в децибеллах) от прямолинейной характеристики. В качестве меры нелинейных искажений служит указание количества привносимых новых тонов при подаче на систему синусоидального тона.

Интенсивность привносимых тонов характеризуется их амплитудами ( $A_2, A_3 \dots$ ), но определяется не для каждого в отдельности, а для всей совокупности в целом ( $\Sigma A$ ). Интенсивность совокупности привносимых тонов указывается не абсолютно, а отношением к интенсивности (амплитуде  $A_1$ ) основного тона и выражается в процентах:

$$K = \frac{\Sigma A}{A_1} \cdot 100, \quad (27)$$

причем эффективная сумма  $\Sigma A$  привносимых тонов определяется не арифметическим, а геометрическим сложением, т. е.

$$\Sigma A = \sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}. \quad (28)$$

Измеренный таким образом коэффициент нелинейных искажений  $K$  называют клирфактором (Klirrfaktor по-немецки — дребезжать, Klirrfaktor — если переводить буквально — фактор дребезжания). При измерении клирфактора на вход аппаратуры подают синусоидальный тон и определяют  $\Sigma A$  как эффективную сумму гармоник.

Существует мнение, что величиной, более показательной, нежели клирфактор, является так называемый дифтонфак-

тор, для измерения которого на вход аппаратуры подают два синусоидальных тона, а  $\Sigma A$  определяют, как эффективную сумму разностных тонов; в этом случае вместо  $A_1$  также подставляют эффективное значение суммы тонов, подаваемых на вход.

### 32. Нелинейные искажения слухового аппарата

Даже при отсутствии какой бы то ни было промежуточной установки, при непосредственном взятии аккорда из двух нот на музыкальном инструменте, можно уловить наличие нового, более низкого (первого разностного) тона. Впервые явление это было замечено уже в середине XVIII в. отдельными музыкантами, но смысл этого явления не был еще тогда ясен.

Поскольку возникают разностные тоны, существование какого-то нелинейного прибора неизбежно. Но так как мы никакими промежуточными передатчиками звука, кроме воздуха, в этом случае не пользуемся, естественно предположить, что сам аппарат слуха является устройством с нелинейной амплитудной характеристикой, способным вносить эти комбинационные тоны.

При этом условии, как это ныне и принимается, приходится считать эти комбинационные тоны существующими лишь субъективно.

Существование субъективных разностных тонов очень интересно в том отношении, что делает менее заметным отсутствие низких частот при ограничении частотного диапазона снизу. В самом деле, пусть тон в 15 гц срезан воспроизводящим устройством, так что остались только его обертоны в 30, 45 гц и т. д. Разностный тон, создаваемый ухом, будет в этом случае иметь частоту  $45 - 30 = 15$  гц, так что субъективно восполнит отсутствие основного тона. Именно по этой причине, в частности, в § 29 для диапазона С приведен был интервал от 30 гц, а не от 15 гц.

Гельмгольц, впервые<sup>91</sup> приписавший возникновение комбинационных тонов нелинейности слухового аппарата, для объяснения этого явления обратил внимание на то, что барабанная перепонка человеческого уха имеет несимметричный вид, а именно форму конуса, обращенного вершиной внутрь, так что она гораздо легче поддается смещению наружу, чем внутрь<sup>92</sup>; другими словами, ухо представляет собою акустическое устройство, имеющее нелинейную амплитудную характе-

<sup>91</sup> Впрочем, иногда утверждают, что первенство принадлежит Waetzmann'у. См. Вуд (сноска 52), стр. 59.

<sup>92</sup> Самые смещения барабанной перепонки очень малы — для обычной речи на близком расстоянии они имеют порядок микронсв. Magage, L'audition et ses variants. Paris, 1923.

ристку, что и приводит к образованию этого разностного комбинационного тона.

Полную аналогию этому явлению можно видеть в поведении мембраны в телефонной трубке, также вносящей подобные нелинейные искажения благодаря своей несимметричной упругости (кроме упругой силы, противодействующей возбуждающей силе, имеется еще односторонне действующая сила от притяжения постоянного магнита).

Однако лишь совсем недавно<sup>93</sup> было обнаружено, что и после хирургического удаления барабанной перепонки обнаруживается возникновение комбинационных тонов, так что,

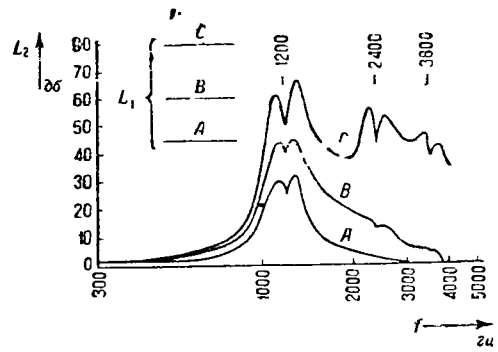


Рис. 41.

повидимому, в ухе существенно нелинейная характеристика какого-то другого органа нашего слухового аппарата, а не барабанной перепонки. Так или иначе, остается фактом, что уже самое ухо наше создает определенные нелинейные искажения.

Нужно подчеркнуть, что субъективные обертоны могут возникать даже при воздействии на

слуховой аппарат одного синусоидального тона<sup>94</sup>, притом тем легче, чем эти тоны сильнее. Поэтому мы можем, собственно говоря, слышать настоящий чистый тон, лишь пока он мало громок (примерно до 40 дБ над порогом).

Несмотря на то что эти, созданные нелинейностью слухового аппарата, обертоны существуют субъективно, мы можем убедиться в их существовании с полной объективностью. Воспользуемся для этой цели маскеффеком. На рис. 41 (обсуждавшемся уже в § 16) видно, что чистый тон в 1200 гц обнаруживает маскирующее действие не только при этой основной частоте, но и при возникающих субъективно обертонах в 2400 и 3600 гц.

Так как в этой главе обсуждаются вопросы естественности звуковоспроизведения, то необходимо подчеркнуть, что только те влияния, возникающие от нелинейности слухового аппарата, которые относятся ко вторичным звукам (например к расширению частотного диапазона за счет комбинационных тонов), могут быть отнесены к условиям, связанным с естественностью звуковоспроизведения.

<sup>93</sup> Lewis D. и Reger S. N., JASA 1933, 5; 153. Цит. по Ржевкину.  
<sup>94</sup> Ржевкин (см. сноску 20), стр. 62.

### 33. Восприятие нелинейных искажений

Данных для суждения о субъективно допустимой границе нелинейных искажений, к сожалению, накоплено в технике еще недостаточно. Нередко можно найти указания о допустимых значениях клирфактора при исполнении на том или ином инструменте. Так, например, указывают<sup>95</sup>, что

для скрипки	}	при клирфакторе 5%	исполнение звучит не чисто
и		7—9%	слышатся хрипы,
рояля		11%	тембр резко меняется, возникает хрип, треск,
для симфонического оркестра	}	"	"
"		3—5%	слышен хрип, звук становится скрипящим

Цифры эти, однако, должны считаться лишь ориентировочными, так как на восприятие нелинейных искажений влияет много причин.

В зависимости от спектрального состава нелинейные искажения одинакового порядка могут вызывать разные субъективные восприятия искажений. Так, например, комбинационные тоны, попадающие в такую непосредственную близость с другими тонами, что возникает «шероховатость» звука, будут производить более неприятное впечатление, чем другие.

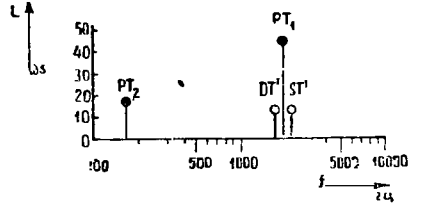


Рис. 42.

На рис. 42 показан схематический пример подобной аудиограммы. Здесь звучат два тона: более высокий  $PT_1 = 1200$  гц, более низкий  $PT_2 = 160$  гц. Таким образом, создаются разностный тон  $DT^1 = 1200 - 160 = 1040$  гц и суммовой  $ST^1 = 1200 + 160 = 1360$  гц; они оказываются в близком соседстве с более высоким тоном и делают звук шероховатым.

Ход кривой маскеффека также оказывает влияние на субъективную значимость того или иного нелинейного искажения. Два схематических примера тому показаны на рис. 43, а и б. В этих примерах звучат два основных тона и возникает ряд комбинационных тонов; более высокий основной тон взят в обоих случаях  $PT_1 = 2120$  гц, а низкие основные тоны приняты  $PT_2 = 1320$  гц (случай а) и  $PT_2 = 660$  гц (случай б). На аудиограммах нанесена также кривая маскеффека.

Рассматривая обе аудиограммы, замечаем, что в случае б все комбинационные тоны лежат в зоне маскирования и нели-

<sup>95</sup> Janovsky W., Über die Hörbarkeit von Verzerrungen, ENT 1929, 6; 11: 421—39.

нейные искажения будут менее заметны, чем в случае *a*, когда первый разностный тон  $DT^1 = 2120 - 1320 = 800$  гц окажется незамаскированным. Соответственно с этим<sup>96</sup> в случае *b* более высокий (до 6%) клирфактор останется незаметным, в то время как в случае *a* искажения станут заметными при более низком клирфакторе (ок. 1%).

Таким образом, рис. 42 и 43 показывают нам разные случаи влияния взаимной удаленности двух тонов на восприятие нелинейных искажений. Однако, и в том случае,

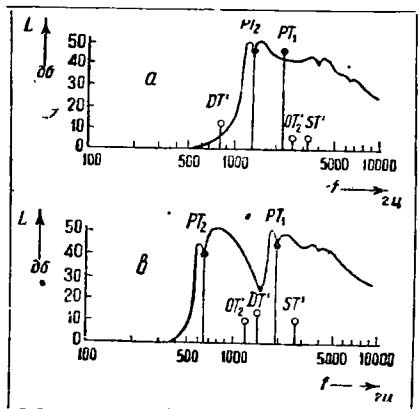


Рис. 43.

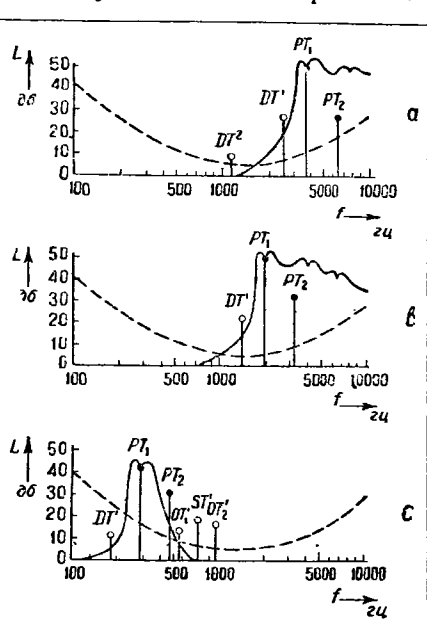


Рис. 44.

если отношение этих двух тонов будет неизменным, субъективное значение нелинейных искажений может быть различно, смотря по тому, в какой частотной области эти тоны лежат, так как чувствительность уха при разных частотах весьма неодинакова.

На рис. 44 показан случай двух частот, отношение которых (3 : 5) остается одинаковым, но самые тоны имеют разную высоту, а именно:

в случае <i>a</i>	$PT_1 = 3790$ гц	$PT_2 = 6300$ гц
" "	$PT_1 = 1980$ "	$PT_2 = 3300$ "
" "	$PT_1 = 285$ "	$PT_2 = 475$ "

При таком соотношении тонов первый разностный тон, составляя по отношению к более высокому 2 : 5, будет всегда

ниже более низкого основного тона; но мы уже знаем, что более низкие тоны при всех громкостях слабо маскируются и потому этот разностный тон будет слышен во всех случаях. Однако здесь-то и сказывается влияние чувствительности уха. Сравнивая с кривой уровня, показанной на том же рисунке, мы видим, что в случае с 1-й разностный тон оказывается ниже порога слышимости, а обертоны и 1-й суммовый тон, напротив, оказываются в области значительной чувствительности.

Таким образом, мы видели на ряде примеров, как при одном и том же значении клирфактора возможны весьма различные эффекты субъективно воспринимаемых искажений.

Здесь рассматривался лишь простейший случай двух синусоидальных основных тонов; казалось бы, что при практическом многообразии тонов создается столь большое число возможных сочетаний, что значение клирфактора как величины для суждения о нелинейных искажениях будет совершенно обесценено.

Однако человеческое ухо значительно легче различает нелинейные искажения от двух чистых тонов, нежели нелинейные искажения при восприятии обычной музыкально-речевой передачи. Поэтому, испытав какую-либо аппаратуру двумя сильными синусоидальными тонами и признав ее удовлетворительной, можно быть спокойным за работу этой аппаратуры при музыкально-речевой передаче.

На субъективную оценку нелинейных искажений оказывает, как и в случае линейных, большое влияние возможность сопоставления с натуральным звучанием; при отсутствии этой возможности искажения гораздо менее заметны.

Диапазон частот, ограничивающий передачу, также оказывает существенное влияние на восприятие нелинейных искажений: чем шире частотный диапазон, тем заметнее нелинейные искажения.

На рис. 45 показана зависимость допустимого клирфактора от верхней границы диапазона передаваемых частот<sup>97</sup>: по оси

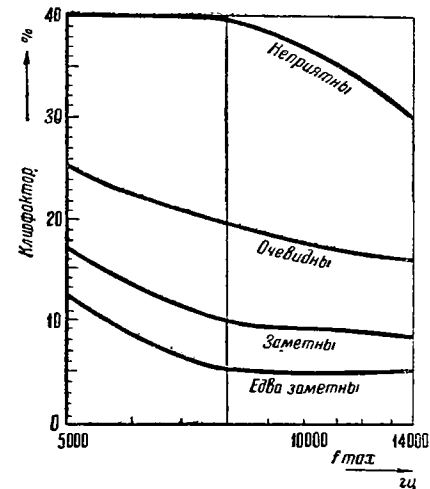


Рис. 45.

<sup>96</sup> Janovsky W., ZtPh 1931, 12; 12: 611—21. Оттуда же заимствованы сами аудиограммы, однако в оригинале линии маскефакта не нанесены.

<sup>97</sup> Составлено по работе Massa F., PIRE 1933, 21; 682.

абсцисс отложена частота, являющаяся наиболее высокой из всех передаваемых, а по оси ординат клирфактор.

Полученные кривые найдены следующим образом: на установке, способной передавать без линейных искажений в пределах 80—14 000 гц, фильтрами срезались частоты выше 5000 гц или 8000 гц. Амплитудная характеристика устройства была подобрана таким образом, что оно могло вносить нелинейные искажения определенного характера и величины, а именно с преобладающим значением более или менее высоких гармоник.

Строгие и акустически квалифицированные наблюдатели слушали производившуюся через эту установку передачу речи, произносимой разными мужскими и женскими голосами. Во время этой передачи оператор на установке постепенно повышал содержание вносимых установкой обертонов, а слушатели последовательно отмечали следующие оценки искажений:

Содержание гармоник, при котором они начинали замечать искажения, когда имели возможность сравнивать передачу с неискаженными звуками	}	„искажения едва заметны“
Содержание гармоник, при котором они замечали искажения и без сравнения с неискаженным звуком		
Содержание гармоник, при котором искажения обращают на себя внимание	}	„искажения очевидны“
Содержание гармоник, при котором искажения становятся очень значительны		

Из всех отмеченных слушателями значений выбраны наиболее строгие и нанесены в виде кривых, соответствующих перечисленным оценкам. Результаты говорят сами за себя.

Нужно лишь заметить, что в опытах, для которых на рис. 45 построены кривые, преобладали четные гармоники (т. е. амплитудная характеристика была подобна рис. 39, А). Когда же амплитудная характеристика была подобна рис. 39, Б и преобладали нечетные гармоники, искажения оказывались еще более заметны, и, например, при  $f_{\max} = 5000$  гц уже при 10% клирфактора слушатели относили искажения к рубрике «неприятных».

В § 31 было указано, что при возрастании интенсивности, когда мы выходим за пределы линейного участка амплитудной характеристики, нелинейные искажения должны увеличиваться. И действительно, клирфактор всегда возрастает по мере увеличения амплитуды воспроизводимых колебаний.

### 34. Несоответственная громкость

Вообще говоря, всякое колебание в некоторый момент определяется вполне, если заданы амплитуды, частоты и фазы.

Амплитудные и частотные искажения нами рассмотрены выше. Что же касается фазовых искажений, то они существовать не должны благодаря малой чувствительности уха к сдвигу фаз.

Когда сдвиг фаз становится исключительно велик, настолько, что высокие и низкие частоты достигают нашего уха практически неодновременно, мы начинаем это замечать. Однако подобный сдвиг разных частот по времени возможен лишь в телефонии на дальние расстояния (междугородные переговоры по кабелям). В условиях же интересующей нас граммафонной пластинки о фазовых искажениях заботиться не приходится.

Казалось бы, таким образом, что знакомством с частотными и амплитудными искажениями можно ограничить рассмотрение возможных источников искажений. Однако, говоря выше об амплитудных искажениях, мы интересовались лишь искривлением амплитудной характеристики, а не абсолютными величинами амплитуд. Между тем и эти последние также существенны, так как если игнорировать эту сторону, то даже имея установку, совершенно свободную от линейных и нелинейных искажений, можно получить искаженную передачу.

Эти искажения вызываются уже известной нам особенностью нашего слухового аппарата в отношении оценки громкости тонов разной высоты.

В соответствии с известным уже нам ходом восприятия в зоне слуховых ощущений (по рис. 15) можно показать на аудиограмме<sup>98</sup>, как изменяется громкости тонов разной высоты, имевших в виде первичных звуков звуковое давление 0,1 бар, а в виде вторичных — звуковое давление в 10 бар (рис. 46).

Из сравнения кривых для 0,1 бар и 10 бар ясно видно, как сильно изменяется громкость отдельных частот и их относительное значение при увеличении силы звучания в равное число раз. Совершенно отчетливо при этом видно, что при большей силе звуков значение низких тонов сильно возрастает. Благодаря этому при усилении или ослаблении изменяется субъективно воспринимаемый тембр передачи.

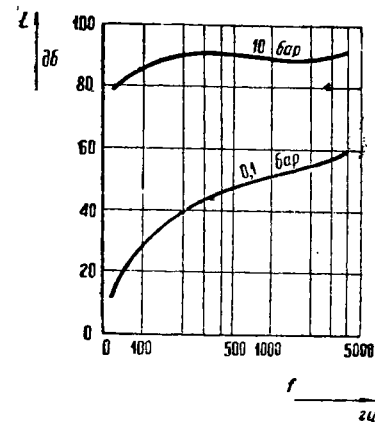


Рис. 46.

<sup>98</sup> По Tümmel H., Die Grenzen der natürlichen Tonwiedergabe FT 1934, 10; 22: 264—7.



Таким образом, прекрасный репродуктор, вполне лишенный как частотных, так и амплитудных искажений, передавая человеческий голос с очень значительным усилением (как это имеет место в мощных усилительных установках на больших площадях, в универмагах и т. д.), даст неестественный тембр благодаря чрезмерной подчеркнутости низких тонов. Между тем в действительности при возрастании силы человеческого голоса в нем получают преобладающее значение как раз не низкие, а высокие тоны (отсюда меткое в акустическом отношении выражение «не повышайте голоса»).

Условие передачи с естественной громкостью ставит, таким образом, требование, чтобы установка воспроизводила любой звук с той интенсивностью, которая присуща первичному звуку. Однако для этого нужно было бы иметь техническую установку, способную воспроизводить весь огромный интервал интенсивностей, соответствующий 120 дб. В этом интервале, как мы знаем, отношение крайних границ по силе звука равно  $10^{12}$  (т. е. *биллион раз*). Таких технических установок, однако, еще не существует, и задача эта связана с весьма значительными трудностями.

Ниже мы узнаем, что отношение мощностей наиболее сильного и наиболее слабого звука, передаваемого граммафонной пластинкой, составляет в благоприятных условиях всего лишь 10 000, что соответствует 40 дб. Таким образом, мы видим, что условие воспроизведения с естественной градацией громкостей не может пока быть выполнено.

### 35. Устанавливание звуков

Рассматривая свойства слуха, мы видели, что требуется известное время адаптации для того, чтобы наступило нормальное восприятие. Знакомясь со свойствами музыкальных инструментов, мы видели, какую существенную роль играет там процесс устанавливания.

Процесс устанавливания присущ также и акустическим воспроизводящим устройствам — мембране и репродуктору.

Мы знаем, что для создания естественности в передаче необходимо воспроизводить кроме стабильных процессов первоначального звучания еще и само устанавливание этого звучания, имевшее место в первоначальном процессе. Отсюда вытекает требование: *воспроизводящее устройство должно иметь период устанавливания более короткий, чем период устанавливания первичных звуков*. Для передачи речи этот период должен быть, таким образом, меньше одной миллисекунды (§ 26). В этом отношении воспроизведение речи ставит значительно более строгие требования, чем воспроизведение музыки.

Огромная роль передачи процесса устанавливания для

оценки натуральности звучания очень наглядно иллюстрируется опытами Бакгауза<sup>99</sup>. Перед микрофоном были помещены семь инструментов — духовых (металлических и деревянных) и смычковых; звук одинаковой высоты извлекался поочередно из каждого инструмента. Слушая эти инструменты через репродуктор, возможно было узнавать, какой из инструментов звучит в данный момент. Однако достаточно было включить репродуктор после того, как прошел период устанавливания, и выключать его раньше, чем инструмент перестал звучать (т. е. воспроизводить одно лишь *стационарное* состояние звучания), как слушатели-музыканты утрачивали способность уверенного различения инструментов.

Кроме малого периода устанавливания от воспроизводящего устройства требуется еще отсутствие нелинейных искажений также и в период самого устанавливания.

### 36. Реверберация

Кроме явления устанавливания звуков нужно остановиться еще на очень характерном для конца звучания времени отзвука, т. е. на том времени, в течение которого рассматриваемое колеблющееся тело при данных колебаниях уменьшает энергию этих колебаний до такой степени, что соответствующий им звук оказывается на пороге слышимости.

Совершенно ясно, что это время будет тем больше, чем выше начальная энергия звука.

Процесс, однако, усложняется тем, что в замкнутом помещении происходят многократные отражения звука от стен, благодаря чему *звучание поддерживается отраженным звуком в течение некоторого времени*; явление это носит название *реверберации*.

Для того чтобы охарактеризовать влияние помещения, нужно выразить реверберацию величиной, не зависящей от начальной энергии, для чего и судят по *отношению* энергий, приняв за правило отсчитывать время затухания до того момента, когда звуковая энергия упадет до *одной миллионной* своей начальной величины (что соответствует уменьшению уровня на 60 дб). Подобную величину принято называть *временем стандартной реверберации*. Эта величина характеризует данное помещение при определенной частоте звука.

Испытания ведут, например, чистым тоном в 512 гц, имеющим интенсивность в 60 дб над порогом слышимости, так что время стандартной реверберации как раз соответствует промежутку, в течение которого этот тон еще остается слышимым.

Для наглядности укажем в качестве ориентировочного примера, что для тона 512 гц реверберация равна в среднем:

для жилой комнаты . . . . .	объемом	70 м <sup>3</sup>	0,7—1 сек.
„ студии средних размеров . . . . .	„	500 „	1,2 „
„ зала кино . . . . .	„	3000 „	1,5 „
„ театра средних размеров . . . . .	„	6000 „	2,0 „
„ крупного театра . . . . .	„	13 000 „	3,5 „

Цифры эти являются примерными и характеризуют лишь порядок величин.

Явление отражения звука и возврата его к месту, где находится слушатель, приводит к тому, что в закрытом помещении сила звука при одинаковой мощности источника может быть значительно выше, чем на открытом воздухе.

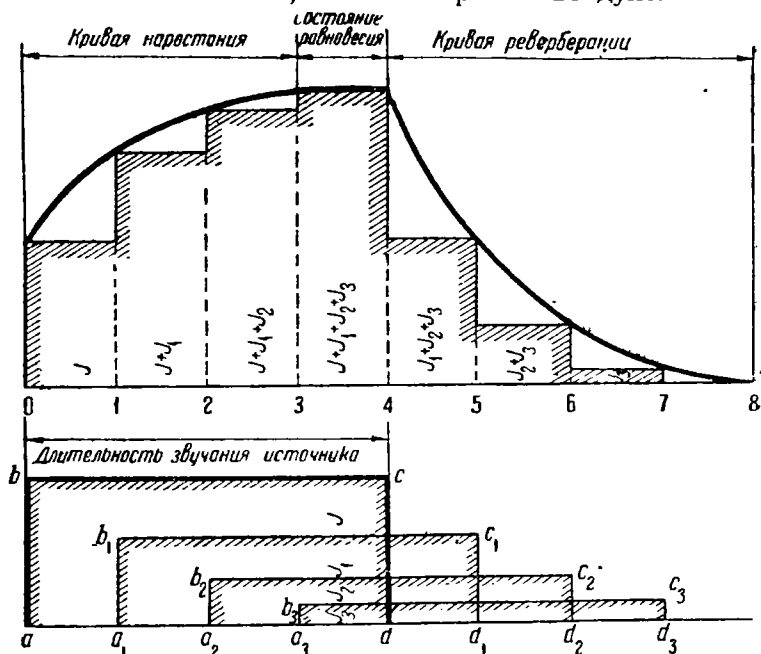


Рис. 47.

Происходящий при этом процесс изображен графически на рис. 47, где по абсциссам отложено время, а по ординатам сила звука.

Пусть в момент 0 сразу начинает звучать некоторый источник, и звучит с постоянной силой  $I$  до момента 4, когда он сразу же замолкает. Тогда в выбранных координатах это звучание изобразится линией  $abcd$ ; эта линия будет соответствовать процессу, происходящему на открытом воздухе. В замкнутом же помещении явление осложнится благодаря отраже-

нием. Число отражений в действительности измеряется сотнями и больше, но мы для простоты ограничимся тремя.

Первое отражение пусть имеет место в момент 1. Благодаря тому что не весь звук отражается (так как часть его поглощается), сила отраженного при этом звука  $I_1$  будет ниже начальной силы звука  $I$ ; однако длительность звучания отраженного звука будет той же самой, так как он лишь сдвинут во времени, и потому все звучание выразится линией  $a_1b_1c_1d_1$ . Второму отражению будет соответствовать линия  $a_2b_2c_2d_2$  и третьему  $a_3b_3c_3d_3$ .

В верхней части рисунка просуммированы интенсивности звучания для каждого отрезка времени; в результате сложения начального звука со всеми отражениями получается ломаная линия. Если бы мы не сосредоточивали отражение в трех моментах, а представляли себе его непрерывным, мы получили бы нарастание как и спадение звука не по ступенчатой, а по плавной кривой, показанной на рисунке.

Более точные исследования и теоретические соображения, хоть и не вполне сходятся между собой, однако также приводят к подобному экспоненциальному ходу кривой; из этого экспоненциального хода следует, что если по ординатам откладывать звуковое давление в логарифмическом масштабе, кривые реверберации превратятся в прямые линии.

Подчеркнем еще раз, что кривую нарастания звука в помещении не следует смешивать с процессом установливания самого звучащего тела.

Иногда отождествляют реверберацию с эхом; однако под эхом — явлением, действительно очень родственным реверберации, — все же следует понимать нечто иное. А именно, если звук отражается от настолько удаленных предметов, что отраженная волна достигает нашего уха через промежуток в 70—100 мсек после начальной волны, то это явление мы и назовем эхом.

За такой промежуток времени, как легко подсчитать, звук пройдет расстояние около 30 м. Следовательно, находясь на расстоянии 15 м от стены, уже можно наблюдать явление эхо — такое явление и имеет место в достаточно больших залах с хорошо отражающими стенами. Само собой разумеется, что эхо при передаче звуков нежелательно.

В практике звукозаписи с таким запаздыванием отраженного звука, при котором он отчетливо отрывается от первичного и создает впечатление повторения или эхо, не приходится обычно иметь дела. Напротив, отраженный звук приходит тогда, когда первичный еще не успел отзвучать, так что восприятия складываются, и звук оказывается затянувшимся, более долгим, что собственно и является в отличие от эха — реверберацией.

Время стандартной реверберации характеризует помещение потому, что можно с большим приближением считать, что время реверберации одинаково в разных местах помещения независимо от местоположения источника звука и местоположения тел, поглощающих звук.

Происходит это, главным образом, благодаря огромному числу отражений. В самом деле: реверберация помещения в 3 сек. означает, что звук успел пройти в помещении около 1 км; сопоставив эту цифру с размерами помещения, мы поймем, что звук успевает отразиться сотни раз, прежде чем он оказывается настолько поглощенным, что выходит за пределы нашего слухового восприятия.

В значительной мере связано это явление также рассеивающему действию. Последнее сказывается особенно сильно тогда, когда размеры тел приближаются к величине длины волны, а сама форма этих тел непрямолинейна, — это ведет к разбрасыванию во все стороны, причем лишь незначительная доля звуковых волн подчиняется при этом закону правильного отражения. Проф. Лифшиц пишет<sup>100</sup> по этому поводу: «Нота на октаву выше среднего  $c^3$ , которая местами близко подходит к среднему значению высот, представляющих практический интерес и практическую важность, имеет длину волны, приблизительно равную 65 см. Хотя ноты этой высоты могут отражаться от большой плоской стены или потолка совершенно правильно, небольшие изолированные поверхности (как, например, спинка стула, колонна или узкий фронтон балкона) дадут очень мало правильного отражения, но зато разбрасывают звуковые волны, в результате чего распределение звука в комнате делается более однородным. Декоративные элементы, как-то: пилястры, карнизы и лепные потолки, производят также разбрасывание».

Заметим, что такое, как говорят, диффузное отражение имеет свою полную аналогию в оптике, когда недостаточно гладкие тела не дают отражения с резкими контурами. Аналогия с оптикой вполне уместна: лучшие зеркала не так хорошо отражают свет, как гладкие твердые поверхности — звук.

Итак, звуковое восприятие в числе прочих условий зависит еще и от свойств помещения.

На примере речи рассмотрим это влияние реверберации на звучание. Пусть в некотором помещении говорит оратор с умеренной скоростью 3 слогов в секунду; таким образом, на один слог приходится 333 мсек, из них в среднем 250 мсек составляет длительность самого слога и 83 мсек приходится на паузу между слогами.

<sup>100</sup> Лифшиц С. Я., Акустика зданий и их изоляция от шума и сотрясений, М. — Л. 1931, стр. 30.

Соответствующее этому случаю звучание и реверберация представлены на рис. 48, где *a* показывает процесс на открытом воздухе, *b* в помещении с реверберацией в 0,3 сек., *c* в помещении с реверберацией в 1 сек. и *d* в помещении с реверберацией в 3,5 сек.

На этом же рисунке пунктирной линией показана для каждого отдельного момента сумма энергии затихающих звуков предшествующего звучания с энергией нарастающего звука последующего слога.

В случае *d* эта кривая поднимается вверх и субъективно ей соответствует впечатление неприятной гулкости, хорошо знакомой нам по звучанию больших пустых помещений.

Напротив, в случае *b*, когда реверберация очень мала, звук становится сухим, искусственным, ватным, как бы бесследно исчезающим. В случае *c* звуки приобретают полную свою колоритность и воздушность и реверберация такого помещения носит поэтому название оптимальной реверберации. Из сказанного ясно, что правильно избранная реверберация имеет очень большое значение.

Оптимальная реверберация зависит от очень многих условий. Так, она зависит от музыкальных инструментов (например, оперная музыка требует меньшей реверберации, чем орган) и даже от характера исполняемого произведения (например, при исполнении произведений Моцарта нужна в общем меньшая реверберация, чем при исполнении произведений Вагнера), наконец, замечается, что исполнители часто предпочитают большую реверберацию, нежели слушатели<sup>101</sup>.

Не претендуя на точность, можно для охарактеризования порядка величин оптимальной реверберации (для тона 512 гц) привести следующие данные:

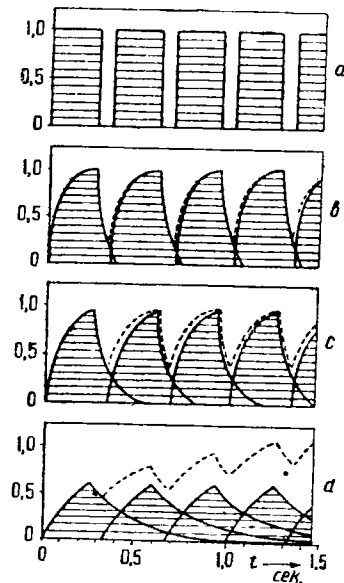


Рис. 48.

<sup>101</sup> Киудсен В. О., Архитектурная акустика (пер. с англ.), Харьков — Киев, 1936, стр. 360, 365 и 371. Киудсен указывает, что «некоторые музыканты, особенно не обладающие абсолютным чувством правильной высоты, полагаются на реверберацию, ожидая, что она продлит какой-либо отдельный тон достаточно долго для определения правильной высоты следующего».

для речевой передачи . . . . .	0,7—1,3 сек.
для камерного исполнения музыки . . . . .	0,8—1,1 „
для большого оркестра . . . . .	1,1—1,8 „

Для того чтобы точнее пояснить отношение нашего слуха к явлению реверберации, отметим<sup>102</sup>, что опытное ухо отчетливо воспринимает изменение времени реверберации на 0,1 сек., а неопытное улавливает изменение на 0,2 сек.<sup>102a</sup>

При записи граммофонных пластинок правильный подбор реверберации составляет одно из главных условий хорошей записи.

По вопросу о реверберации имеется много работ. Различные авторы дают непосредственно формулы, выражающие зависимость времени оптимальной реверберации от помещения, выбирая в качестве характеристики для этого последнего чаще всего объем его. С увеличением объема помещения — время оптимальной реверберации удлиняется.

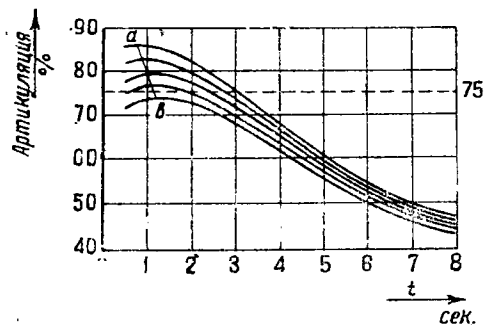


Рис. 49.

49 приведены<sup>103</sup> кривые артикуляции (ординаты) в зависимости от времени реверберации (абсциссы). Кривые относятся к помещениям разного объема, а именно (сверху вниз) 707, 2830, 11 300, 22 600 и 45 200 м<sup>3</sup>.

Оратор, над которым производились наблюдения, обладал голосом средней силы. При ораторе с более сильным голосом артикуляция возрастала, с более слабым — падала, так что приведенные кривые являются средними в зоне голосов разной мощности (отклонения при крайних значениях от средних значений примерно на  $\pm 10\%$ ).

При построении кривых учтено то обстоятельство, что в большем помещении сам оратор, приноравливаясь к помещению, говорит громче, а при несколько усиленной речи, как мы знаем, артикуляция возрастает, чем и объясняется подъем

<sup>102</sup> Citron L., Die Nachhallverhältnisse bei Rundfunk-, Tonfilm- und Gramophon-Wiedergabe. ENT 1933, 10; 147—53.

<sup>102a</sup> Опытами, проведенными в Гос. союзной лаборатории звукозаписи, установлено, что хорошо заметно изменение времени реверберации в 10<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

<sup>103</sup> К п у д с е н (см. сноску 101), стр. 352.

кривых вначале, т. е. при переходе от помещений с малой реверберацией к помещениям с реверберацией несколько повышенной.

Точки наилучшей артикуляции соединены общей линией  $a-b$ , которая дает, таким образом, зависимость оптимальной реверберации помещения от его объема из условия наилучшей артикуляции.

Этим обосновывается сделанное выше указание, что оптимальная реверберация для речевой передачи — величина порядка 0,7—1,3 сек. для рассмотренных границ объема помещений. В этих пределах реверберация должна быть при этом тем выше, чем больше объем помещения<sup>104</sup>.

На рис. 49 проведена пунктирная горизонталь при 75% артикуляции, так как эта величина, как указано было выше (§ 28), считается еще приемлемой. Пересечение этой горизонтали с нанесенными линиями указывает, что помещения более  $\sim 28\ 000$  м<sup>3</sup> удовлетворительной артикуляцией по всему своему объему не обладают. И действительно (по наблюдениям проф. Лифшица), в Миусском соборе в Москве уже на расстоянии 30 м перед диктором артикуляция равна 75%, а дальше еще снижается.

Кроме времени стандартной реверберации существенную роль играет еще самый ход процесса затухания. Если, например, звук исчезает не плавно, а с повторными усилениями («наплывами») с интервалом в 30—70 мсек, то ухо может воспринять это явление как некоторый шум или *дребезжание*<sup>105</sup>. Такой неправильный ход затухания может иметь место, например, когда помещение связано через арку или открытую большую дверь с соседним помещением или когда в помещении имеются способные резонировать предметы, например ящики, коробки, виолончели и т. п.

Замкнутое помещение имеет еще один дефект, отсутствующий на открытом воздухе. Благодаря образованию стоячих волн в помещении возникают точки пространства, соответствующие узлам, и другие, отвечающие пучностям. Поэтому положение излучателя звуков и слушателя или микрофона, который эти звуки воспринимает, не безразлично для восприятия.

Учтя, что положение узлов и пучности зависит от частоты (как мы видели в § 5, расстояние между двумя узлами равно полуwave), можно ожидать, что слушатель в некоторой точке поля будет воспринимать определенные тоны более громкими

<sup>104</sup> Чтобы сделать представление об объеме более наглядным, приведем некоторые примеры объема известных московских помещений: Колонный зал Дома Союзов 12 500 м<sup>3</sup>, Большой театр 13 800 м<sup>3</sup>, большой зал Московской консерватории 17 000 м<sup>3</sup>, Миусский собор 45 000 м<sup>3</sup> (это помещение будет сохранено для будущего Центрального Дома Радио).

<sup>105</sup> Д р е й з е н И. Г., Электроакустика в широковещании, М. 1933, стр. 124.

(если они дают в этой точке пучность) или, напротив, не воспринимать их вовсе (если эта точка соответствует для них узлу), что создает своеобразные искажения.

Замкнутое помещение имеет обычно не менее шести отражательных поверхностей и потому отражения происходят многократно и образование узлов и пучностей имеет очень сложный характер.

Соответствующая профилировка стен способствует более равномерному распределению звука, или, как говорят, звукового поля в помещении. Изучением звуковых качеств замкнутых помещений занимается архитектурная акустика.

После всего сказанного казалось бы нет надобности указывать на отличие понятий реверберация и резонанс, но, к сожалению, слишком часто приходится слышать заявления вроде «это зал с хорошим резонансом»<sup>105а</sup>.

Различать эти понятия тем более необходимо, что помещение подобно резонаторному ящику камертона или коробке виолончели действительно обладает известной резонансной частотой, так что о резонансе помещения говорить можно, но только вкладывая в это понятие правильный смысл.

### 37. Поглощение звуков

Задача изменения реверберации и приспособления ее к требованиям исполняемого произведения должна основываться, очевидно, на воздействии на сам процесс отражения звуков, лежащий в основе реверберации. Именно, уменьшение реверберации возможно за счет усиления поглощения звуков.

В § 7 мы рассмотрели случай, когда ящик камертона способствовал затуханию звуков камертона. Здесь затухание происходило за счет повышения отдачи от ящика воздуху. В помещениях поглощение звука происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую, совершающегося в слое поглощающего материала на внутренней поверхности помещения.

Поглощение звуков многими материалами, подобно ящику камертона, неодинаково для различных частот; оно не всегда носит резонансный характер. Поглощение звуков зависит от состава, фактуры, толщины слоя, пористости, способа закрепления и т. д. Различие сочетаний этих факторов приводит к тому, что характер поглощения разных материалов оказывается при разных частотах различным.

На рис. 50 показаны<sup>105б</sup> кривые поглощения некоторых ма-

териалов (войлок, дерево, кирпич), причем за единицу принято поглощение  $1 \text{ м}^2$  поверхности, совершенно не отражающей звуков. Примером такой поверхности может служить открытое окно. Единица поглощения называется сэбином<sup>106</sup> в честь американского физика Уоллеса Сэбина (Wallace Sabine), впервые занявшегося количественным изучением вопросов реверберации и звукопоглощения.

На рис. 50 нанесена также кривая поглощения для находящихся в помещении людей.

В результате зависимости звукопоглощения от частоты, при наличии в помещении поглощающих материалов, происходит не только уменьшение общей длительности реверберации, но и возникают отличия в длительности реверберации отдельных частот, сказывающиеся на качестве звука.

Чем выше поглощение, тем меньше отражаемая часть. Поэтому реверберация имеет обратную, сравнительно с кривыми поглощения, зависимость

от частоты. Сами коэффициенты поглощения, сведенные в график на рис. 50, также определены методом реверберации.

Только кривая дерева имеет на этом графике подъем на низких частотах. Вообще говоря, у большинства пористых материалов поглощение больше на высоких частотах. В соответствии с этим частотная кривая реверберации помещения в целом имеет обычно завал на высоких частотах.

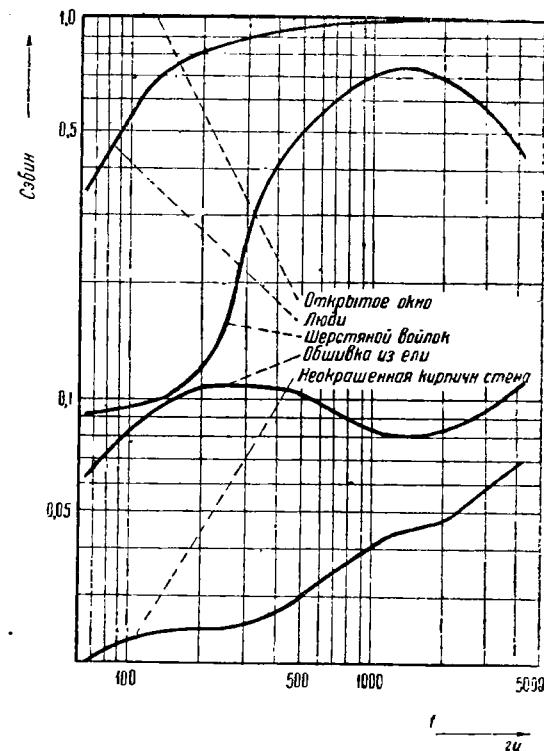


Рис. 50.

<sup>106</sup> В английской литературе единицей поверхности служит квадратный фут ( $929 \text{ см}^2$ ), но единицу поглощения называют также сэбин.

<sup>105а</sup> К еще большему сожалению это случается и в таких хороших книгах, как, например, в русском переводе книги Брэгг У. Г., Мир звука, М.—Л., 1927, стр. 56.

<sup>105б</sup> Sabine W., Collected Papers on Acoustics, 1922. График составлен по данным, приведенным в Спр. ТЭ 10:394.

На рис. 51 представлены <sup>107</sup> для примера две кривые частотного хода реверберации («частотных характеристик реверберации»), относящихся к существующим концертным залам, считающимся хорошими по своей акустике. Интересно отметить, что кривые рис. 51 получены не путем измерений в самих этих залах, а на основании измерений, произведенных по радио или над граммофонными пластинками, записанными в этих залах.

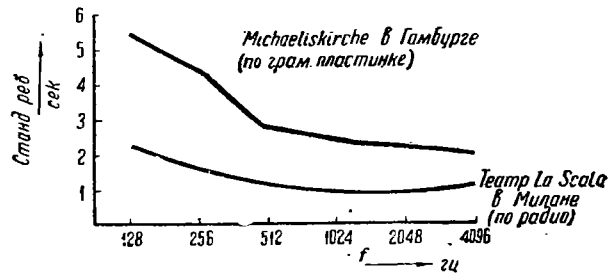


Рис. 51.

Измерение произведено путем последовательного сужения фильтрами частотного диапазона до узких частотных зон. Легко видеть, что эти залы имеют завал на высоких частотах, другими словами, низкие звуки реверберируют в этих залах дольше высоких.

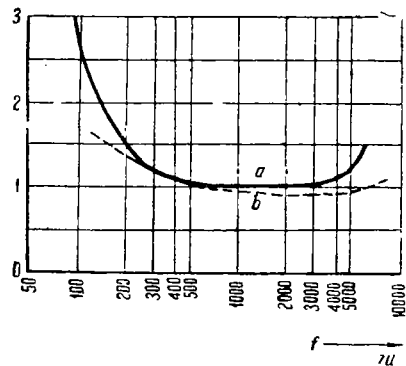


Рис. 52.

Благодаря разной чувствительности уха при разных частотах, реверберация тонов разной высоты играет в общем субъективном впечатлении, получаемом от помещения, не одинаковую роль. Учитывая частотное распределение уровня звука, получаемое при статистических исследованиях, Кнудсен приходит к точке зрения, согласно которой подъем частотной кривой реверберации на низких частотах влечет за собой как раз то желательное явление,

что различные частотные компоненты окажутся достигшими порога приблизительно одновременно.

В соответствии с этим Кнудсен считает, что частотной характеристикой реверберации (для музыки) должен быть придан вид, показанный на рис. 52, а. Впрочем тут же он указывает,

<sup>107</sup> Meyer F. и Jordan V., Nachhallzeiten von Konzertraumen und Schallschluckung der Zuhörerschaft. ENT 1935, 12; 7: 213—20.

что «человек предпочитает тот тип реверберации, к которому он привык» (а привык он к завалу высоких частот потому, что он сам, т. е. публика во всяком зале, этому завалу энергично способствует, — см. кривую «люди» на рис. 50).

Положив в основу другое предположение (что скорость затухания громкости должна быть одинаковой для всех частот), Мак-Нейр рекомендует <sup>108</sup> несколько отличающуюся кривую, показанную на рис. 52, b.

Для сравнимости кривых a и b масштаб ординат дан в относительных единицах времени, причем за единицу принято время для частоты 512 Гц, на которой, как указывалось, определяется обычно время стандартной реверберации.

Кривая, соответствующая взглядам Бекеша, основанная на экспериментальных наблюдениях <sup>109</sup>, в отличие от предыдущих, не имеет характерных для предыдущих кривых подъемов.

По вопросу о наилучшей форме кривой частотного хода реверберации сейчас не пришли еще к согласным выводам.

Мы видим, таким образом, что строительные элементы студии (материал для изготовления покрытия стен, потолка, пола) и все, находящееся в студии (портьеры, стулья, люди, музыкальные инструменты), также могут влиять на характер звучания в ней. Для примера упомянем лишь о влиянии заполнения зала слушателями на время реверберации. Время стандартной реверберации для тона 512 Гц составляет в Колонном зале Дома союзов 2,55 сек., когда он пустой, и 1,72 сек., когда он заполнен (1600 человек). В заполненном виде этот зал считается очень хорошим по своей акустике <sup>110</sup>, — таким образом в этом случае влияние публики благоприятно.

### 38. Звукоизоляция

Само собой разумеется, что помещение, в котором воспринимаются первичные звуки (студия), должно быть защищено от проникновения в него звуков извне. Дрейзен <sup>111</sup> так характеризует условия выбора допустимого уровня шумовых помех:

«Достижение полной, идеальной изоляции сопряжено с большими капитальными затратами. Поэтому к выбору допустимого уровня шума надо отнестись с достаточной осторож-

<sup>108</sup> Mac Nair W. A., Optimum Reverberation Time for Auditoriums. JASA 1930, 1: 242. По Glower, Practical Acoustics for the Constructor, London 1923.

<sup>109</sup> Békésy. Über die Hörsamkeit von Konzert- und Rundfunksälen. ENT 31, 11; эта работа Бекеша была им доложена на проходившей в Москве в декабре 1935 г. Всесоюзной акустической конференции.

<sup>110</sup> Известный дирижер Артур Никиш считал этот зал лучшим в Европе. Ли ф ш и ц С. Я., Архитектурная акустика, М. 1927.

<sup>111</sup> Дрейзен И. Г. Электроакустика в широковещании, М. 1933, стр. 133.

ностью. Опыт показывает, что собственный шум микрофона и усилительного устройства (сопротивлений, ламп, источников и т. п.) составляет не менее 15 дб, а по большей части достигает 20 и даже 25 дб над порогом слышимости. Что касается концертных зал и аудиторий, то здесь внутренними шумовыми помехами являются «шум толпы» (шопот, шарканье ног, кашель и т. д.) и своеобразная «шумовая регенерация», сущность которой заключается в следующем. Даже легкий шум вызывает реакцию беспокойства со стороны публики, в свою очередь увеличивающую шум, и т. д. Шум успокоившейся публики редко бывает меньше 18 дб. Такого же порядка уровень в 15—20 дб надо признать крайним допустимым пределом также и для извне идущих шумов (имеется в виду шум не длительного непрерывного характера, как шум толпы или грохот экипажей, а отдельные резкие звуки — удары, крики и т. п.; длительный фон должен быть не более 10—15 дб). Это требование относится к студиям, к концертным и транслируемым залам (оборудованным микрофоном). Учитывая то, что нижний предел громкости музыкальной передачи составляет всего лишь 12—15 дб над порогом слышимости, надо признать, что обычно применяемые микрофоны, а также архитектура обычных помещений в общем случае не обеспечивают передачи указанного предела громкости»<sup>111а</sup>.

Для студий, предназначенных для записи граммофонных пластинок, условия с этой стороны более благоприятны.

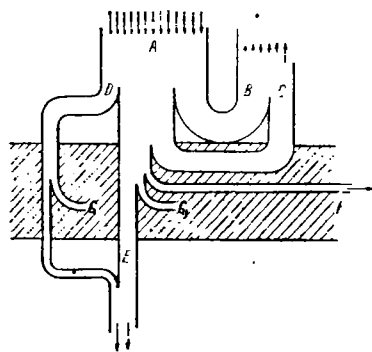


Рис. 53.

Запись лишь сравнительно редко производится из помещений, заполненных публикой, микрофоны и вся остальная аппаратура применяются всегда наиболее высококачественные, студия же располагается в таком месте, где внешние (уличные, производственные и т. п.) шумы имеют очень малую интенсивность.

Для достижения звукоизоляции применяют очень массивные или специально сконструированные стены.

Обратим внимание на то обстоятельство, что звуки могут проникнуть в помещение не только вследствие звукопроницаемости перегородок, но и вследствие звукопроводности их.

<sup>111а</sup> Все цифры, приводимые в этой цитате, следует ныне считать уменьшенными примерно на 5 дб.

Для большей отчетливости в представлениях о процессах, происходящих при встрече звука со стеной, приводим<sup>112</sup> схему прохождения звука сквозь стену на рис. 53, где обозначены: *A* — падающий звук, *B* — звук, отраженный поверхностью, *C* — звук, излученный стеной, *D* — звук, проходящий сквозь поры и щели, *E* — звук, отраженный поверхностью с другой стороны, *F* — звук, передаваемый звукопроводностью, *G* и *G*<sub>1</sub> — звук, потерянный превращением в тепло.

Соответственно этой схеме различают<sup>113</sup>

$$\begin{aligned} \alpha & \text{— коэффициент поглощения} && \frac{D + E + G_1 + F}{A} \\ \beta & \text{— } && \text{отражения} && \frac{B + C}{A} \\ \tau & \text{— } && \text{проницаемости} && \frac{E + D - G}{A} \\ \varphi & \text{— } && \text{рассеяния в стене} && \frac{F + G + G_1}{A} \end{aligned}$$

Легко видеть, что  $\alpha + \beta = 1$ ;  $\tau + \varphi = \alpha$ ;  $\beta + \tau + \varphi = 1$ .

Открытое окно потому принято за единицу поглощения, что для него коэффициент отражения равен нулю и звуковая энергия обратно не возвращается.

### 39. Объемный эффект

Мы видели уже выше, что стереоакустический эффект является основой для суждения о направлении источника звуков. Слушая оркестр, мы улавливаем направление прихода звуков от инструментов, расположенных на флангах, мы чувствуем большие размеры оркестра не только по мощности его звуков, но и по значительной площади, из которой к нам направляются звуки.

Слушая воспроизведение этого оркестра с помощью граммофона или радиорепродуктора, мы столь же отчетливо улавливаем, что звуки эти исходят из очень ограниченного поля. Уже это одно облегчает нам распознавание искусственности в воспроизведении.

Это, между прочим, одна из причин того, что слушание граммофона из соседней комнаты создает впечатление большей естественности. Звуки за стенкой труднее надежно разделять на первичные и вторичные именно по этой причине. На открытом воздухе способность определения направления более остра, в закрытом помещении это определение затрудняется реверберацией.

<sup>112</sup> Berger R., Der Durchgang des auf Einfachwände treffender Luftschalls: стр. 24 в книге Waetzmann Technische Akustik B. 2.

<sup>113</sup> Кнудсен (см. сноску 101). стр. 40.

Не следует думать, что стереоакустический эффект будет заметен только при оркестровом исполнении. Напротив, даже если мы ограничим свое рассмотрение лишь *одним* инструментом, все же сохраняется значительное *отличие излучающей поверхности*. Так, излучающие поверхности рояля и человеческого рта в обоих случаях будут заменены одной поверхностью излучения — граммофона или репродуктора.

Бинауральное слушание имеет еще одно специальное значение — оно меняет характер восприятия реверберации<sup>41</sup>. Дело в том, что благодаря способности нашего слуха сосредотачиваться на определенном звучании нам кажется, что все звуки исходят из этого места (см. § 19). Однако, когда прекратилось звучание источника и истекло время наличия, о котором говорилось в § 17, мы воспримем отраженные звуки (единственно достигающие в этот момент нашего слуха) как звуки, исходящие не из самого источника, а как бы *отовсюду*, так как к нам поступает одновременно множество отражений. Благодаря этому *реверберация воспринимается нами не только как временной, но и как пространственный эффект*.

Значение стереоакустичности восприятия было наглядно продемонстрировано в 1933 г. в Вашингтоне Флетчером при участии известного дирижера, директора филладельфийского симфонического оркестра, Леопольда Стоковского<sup>114</sup>.

Опыты происходили следующим образом. В зале музыкальной академии в Филадельфии играл оркестр. На сцене были установлены три микрофона. Каждый микрофон имел свой усилитель, свою линию передачи, соединяющую Филадельфию с Вашингтоном, и свой репродуктор, установленный на сцене конституционного зала в Вашингтоне. При этом репродукторы в Вашингтоне занимали на сцене такое же положение, какое занимали микрофоны в Филадельфии; сами залы также были достаточно сходны.

Благодаря такой системе воспроизведения (так называемой трехканальной системе, так как передача велась по трем отдельным «каналам») чрезвычайно сильно увеличивалась натуральность воспроизведения. Слушатели *чувствовали* расположение отдельных инструментов в оркестре. Когда артистка пела, передвигалась в это время по сцене в Филадельфии, слушатели в Вашингтоне отчетливо улавливали это перемещение. Когда у одного бокового микрофона артист играл на трубе в Филадельфии, а с противоположного края сцены одновременно другой артист играл на трубе в Вашингтоне, слушатели, вос-

принимая этот оригинальный дуэт, не могли отличить прямого звука от воспроизведенного, словно оба артиста играли здесь же перед ними.

Эти опыты, получившие известность как «опыты Стоковского», являющиеся до настоящего момента наиболее высококачественным воспроизведением в мировой практике, были столь наглядны еще и благодаря тому, что в них значительно лучше обычного соблюдались и остальные требования хорошего воспроизведения. Например, частотный диапазон аппаратуры простирался от 40 гц до 15 000 гц.

Опыты эти были в несколько упрощенном виде воспроизведены в СССР Государственной лабораторией звукозаписи<sup>115</sup>.

#### 40. О «натуральности звучания» пластинки

В заключение этой главы мы можем вспомнить упомянутое вначале житейское требование «неотличимости от естественного» по отношению к звучанию пластинки.

Как, прежде всего, понимать это требование? Быть может мы будем называть натуральным звучанием такое, когда у слушателя, закрывшего глаза, создается впечатление, что перед ним здесь же в комнате сам исполнитель, а не граммофонная пластинка? Однако исполнение, уместное по своей интенсивности в большом концертном зале, может оказаться совершенно неприемлемым в небольшой комнате, а между тем снижение интенсивности звуков, как мы знаем, уже само по себе связано с искажениями. Может ли к тому же казаться в этой маленькой комнате естественной передача, в которой мы отчетливо улавливаем реверберацию большого зала? Может ли в обычной комнате, на которую рассчитан граммофон (даже отвлекаясь от изложенного в предыдущем разделе отличия излучающей поверхности), возникнуть впечатление, что в этой комнате играет большой оркестр? Очевидно подобное, наиболее на первый взгляд естественное требование натуральности передачи совершенно неуместно.

Поставив задачу несколько иначе и понимая под натуральным звучанием такое, при котором слушателю кажется, что он слышит исполнителя в *соответствующем* зале, мы введем этим явную искусственность в самую постановку задачи. Однако искусственность эта не столь страшна, так как сознание уже достаточно привыкло к подобным искусственностям. Видя лицо артиста на экране, мы никогда не представляем его себе находящимся в зале кино. В театре нас несколько не шокирует соседство глухой лесной чащи с литерными ложами. Несмотря на эту неестественность мы можем получать сильное впечатле-

<sup>114</sup> Symposium on wire Transmission of Symphonic Music and Its Reproduction in Auditory Perspective. Ряд статей в BSTJ 134, 13, 2: 239—308. Реферат на русском языке, см. Дроздов К. И., Демонстрация Стоковского. «Новости заграничной радиотехники». Сб. 6. Низкая частота. 1934., стр. 3—9.

<sup>115</sup> См. Кубаркин, Л. Опыты Стоковского в Москве, РФ 1935, 11: 46—9.



ние от подобного зрелища и не будем называть его по причине этой искусственности нехудожественным. Так же должно обстоять и в отношении граммофонной пластинки, которая лишь с известными ограничениями способна воссоздавать природные соотношения, но и при несоблюдении требования абсолютной неотличимости может сохранить свою художественную полноценность.

Из всего сказанного выше мы уже могли себе составить представление о том, как много имеется поводов к тому, чтобы звучание пластинки сопровождалось различными дефектами. Мы рассматривали, однако, до сих пор лишь сугубо акустическую сторону дела; мы увидим в дальнейшем, сколько к этим акустическим прибавится технических производственных трудностей. Было бы ошибкой объявить на основе рассмотренного граммофонную пластинку заведомо несовершенной. Скорее надо предостеречь от предъявления к ней чрезмерно суровых требований. Говоря это, конечно, вовсе не имеется в виду ни в малейшей мере пренебрегать значением высокого качества пластинки. Напротив, граммофонная пластинка принадлежит как раз к тому виду продукции, ценность которой тесно связана с высоким ее качеством и исключительно резко падает при снижении этого качества. Необходимо все же не закрывать глаза на заведомые ограничения натурального воспроизведения.

Положение это не только свойственно граммофонной пластинке: оно распространяется, конечно, и на другие способы воспроизведения звуков.

Чтобы показать, что мы не имеем здесь дела с каким-то несовершенством техники воспроизведения звуков, полезно провести аналогию с явлениями оптики, к сравнению с которыми мы прибегали уже не один раз.

Рассматривая обычную фотографию, мы должны были бы, например, руководствоваться следующим<sup>116</sup>: «для того чтобы видеть изображение под тем же углом, под которым оно было снято (в натуральную величину), его нужно рассматривать из центра выпускного зрачка... Так как объективы имеют фокусное расстояние меньше, нежели расстояние ясного зрения нормально видящего человека, то изображение в этом случае надо рассматривать через лупу, имеющую то же фокусное расстояние, которое имел объектив». Если бы мы соблюдали всегда это требование, — как усложнилось бы простое перелистывание иллюстрированного журнала!

Хотя стереоскопическое зрение расширяет впечатление от зрелища не в меньшей мере, чем стереоакустическое слушание расширяет впечатление от звучания, все же за всю историю

искусств неизвестно ни одного случая, когда большой художник (наиболее требовательный ценитель зрелищ) взял бы на себя труд хотя раз написать картину в двух видах, дающих в совокупности при рассматривании через стереоскоп бинокулярный эффект; «одноглазую» живопись никто не называет, однако, в силу этого лишь дефекта нехудожественной. Стереоскопическая фотография не представляет неразрешимых трудностей и вместе с тем очень мало распространена.

Для того чтобы перспективные изменения тел привычного вида не казались нам неестественными, приходится изображать их несоответственно их действительному виду, допуская в одной картине несколько точек зрения и т. д.<sup>117</sup>

Общеизвестно применение широкоугольных объективов, между тем как глаз в неподвижном состоянии не способен захватывать угол более 30°.

Мы привыкли также воспринимать как доброкачественные те фотографии, в которых отношение интенсивностей наиболее темного и наиболее светлого поля во много раз меньше того же отношения в природе, т. е. явно искажено<sup>117а</sup>.

Более того, мы обычно вполне удовлетворяемся одноцветной фотографией, которая передает лишь переходы интенсивностей, но не оттенки окрасок.

О большом числе искажений, могущих быть внесенными оптикой и самими приемами съемки, говорить не приходится.

Эти аналогии лишней раз убеждают, что не следует смешивать техническую постановку задачи безукоризненно хорошего воспроизведения с условиями — менее требовательными — возможного практического совершенства. Между теми и другими в настоящее время имеется явный разрыв и неоспоримо, что техника будет добиваться его заполнения, но пока что нужно ясно отдавать себе отчет в его существовании.

Как на практике выполняются поставленные в этой главе требования, мы увидим ниже.

<sup>117</sup> Рынин Н. А., Кинематография, Л. 1924, гл. VI. Киноперспектива.

<sup>117а</sup> В этом вполне отдают себе отчет и художники. „Первое, что должен иметь в виду рисующий при сведении светотеневых отношений в натуре к тональным пятнам рисунка, это то — что графическая тональная гамма несравненно уже, имеет несравненно меньший диапазон, чем светотеневая гамма природы“ (Радлов Н., Рисование с натуры, Л. — М. 1938, стр. 42).

## Глава V

## ФОНОГРАММА НА ПЛАСТИНКЕ

Иногда граммофонную пластинку определяют как *консервированный звук*. Между тем, звук как таковой нельзя законсервировать, нельзя сохранить.

Иногда о граммофонной пластинке говорят как о механическом музыкальном инструменте. О неточности этого определения применительно к граммофонному воспроизведению вообще будет сказано в § 199. Применительно же собственно к пластинке это еще более неуместно, так как граммофонная пластинка не издает и не проводит звуков: *она не колеблется*. Колебания начинаются с иголки. Слабый звук колебаний самой иглы (с якорем) мы непосредственно слышим, поставив на пластинку отключенный адаптер.

Граммофонная пластинка, как об этом говорилось во введении, является лишь носителем профилированного поводка для иглы, заставляющего иглу совершать (и передавать дальше) колебательное движение с звуковой частотой. С этого профилированного поводка — «канавки» — мы и начнем рассмотрение фонограммы.

## 41. Канавка

До сих пор, говоря о фонограмме, мы представляли (например на рис. 16, 21; см. также рис. 62) некоторую кривую в координатах амплитуда — время. На пластинке, однако, эта кривая является не *линией*, а определенной *пространственной формой*, так называемой канавкой. Чтобы дать сразу представление о форме канавки и соотношениях между размерами канавки, взаимным расположением канавок и толщиной пластинки, даем рис. 54, на котором показана пластинка в разрезе при линейном увеличении в 20 раз. Этот рисунок следует сопоставить с рис. 61, на котором вид канавок дан при том же увеличении, но в плане.

Представляются две возможности расположения плоскости фонограммы: по нормали к поверхности и по самой этой поверхности. Первый способ называется *глубинной записью*, второй — *поперечной записью* (*латераль-*

ной, боковой). Наибольшее применение имеет сейчас последняя запись — ее мы и будем рассматривать, к ней относятся рис. 54 и 61.

Профиль канавки, т. е. форма ее поперечного сечения, к сожалению, не стандартизован в международном масштабе и имеет очень много различных размерных вариантов. Будучи различным у разных фирм, профиль не всегда сохраняется даже этими фирмами неизменным. Все же можно считать, что имеются общие признаки у всех этих профилей.

На рис. 55 показаны основные элементы построения профиля канавки. На этом рисунке *ABEF* представляет поверхность пластинки, *BC* и *DE* — два прямых ската, *CD* — закругленное дно, величина *b* называется шириной канавки, величина *h* — ее глубиной. Основными определяющими величинами являются, однако, две другие — радиус закругления *r* и угол раскрытия  $\alpha$ ; две последние величины в сочетании с одной из предыдущих (обычно *b*) определяют четвертую (*h*):

$$h = \frac{b}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - r \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right). \quad (27)$$

Численные значения, как уже сказано, имеют значительные колебания. Не претендуя на исчерпывающую полноту охвата, можно привести границы наиболее распространенных значений:

угол раскрытия . . . . .	$\alpha = 70 - 110^\circ$
радиус закругления . . . . .	$r = 20 - 50 \mu$
ширина канавки . . . . .	$b = 120 - 190 \mu$
глубина канавки . . . . .	$h = 45 - 90 \mu$

Трудно указать, какие из значений являются оптимальными, так как достаточно глубоких сравнительных исследова-

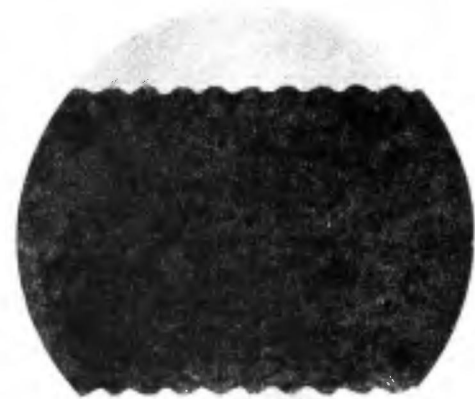


Рис. 54.

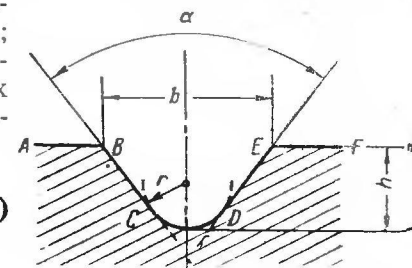


Рис. 55.

ний опубликовано не было. Можно лишь отметить, что более острый угол раскрытия и меньший радиус закругления часто считаются предпочтительными для высококачественного воспроизведения.

Дальнейшее изложение будет базироваться на размерах, принятых<sup>118</sup> в настоящее время в СССР:

$$a = 85^\circ$$

$$r = 50 \mu$$

$$b = 160 \text{ или } 180 \mu$$

и как следствие  $h = 63 \text{ или } 74 \mu$  соответственно двум значениям  $b$

Соответствующий этим размерам профиль хорошо виден на рис. 63, 143, 264, 265 и др.

В случае  $b = 180 \mu$  запись называется у ш и р е н н о й.

Чтобы дать представление о малости этих размеров, напомним, что диаметр человеческого волоса равен  $\sim 80 \mu$ , т. е. больше глубины канавки.

#### 42. Размеры пластинки

Размером, характеризующим пластинку в целом (формат), является ее наружный диаметр. Практическое распространение получили, главным образом, размеры 25 см, 30 см и 40 см.

Наибольшее значение имеет размер 25 см, менее распространены 30 см; размер 40 см употребителен в граммофонных пластинках, предназначенных для сопровождения звукового кино. Размер 20 см применяется иногда для невысококачественных пластинок. Незначительные фирмы, выпускавшие другие размеры пластинок, постепенно оставили<sup>119</sup> эти размеры. Уклонение от приведенных распространенных размеров менее обычно у пластинок нормального типа, чем у пластинок других типов (гл. XIII).

Форматы пластинок в дальнейшем будут указываться буквой  $\Phi$  с индексом, соответствующим наружному диаметру в сантиметрах (например  $\Phi_{25}$ ).

Раньше чем говорить об остальных размерах пластинки, укажем (рис. 56) названия отдельных ее зон.

Размеры отдельных зон также отличаются у разных фирм, но не особенно значительно.

В табл. III даны основные размеры, принятые<sup>120</sup> в настоя-

<sup>118</sup> За отсутствием общесоюзного стандарта на эти величины, приводятся размеры, принятые предприятиями, входящими в систему Главширпотреба; в дальнейшем этот Главк обозначается сокращенно ГШП.

<sup>119</sup> Например Fonotipia, выпускавшая 35-см пластинки. Lothar R., Die Schallplatte, Eigenschaft, Herstellung, elektrische und akustische Wiedergabe. Berlin 1930, стр. 54.

<sup>120</sup> Размеры ныне подвергаются некоторым изменениям в связи с введенным с 1/XII 1939 г. стандарта на пластинку (см. приложение к книге).

щее время ГШП, и вытекающие из основных производные размеры для пластинок различного формата.

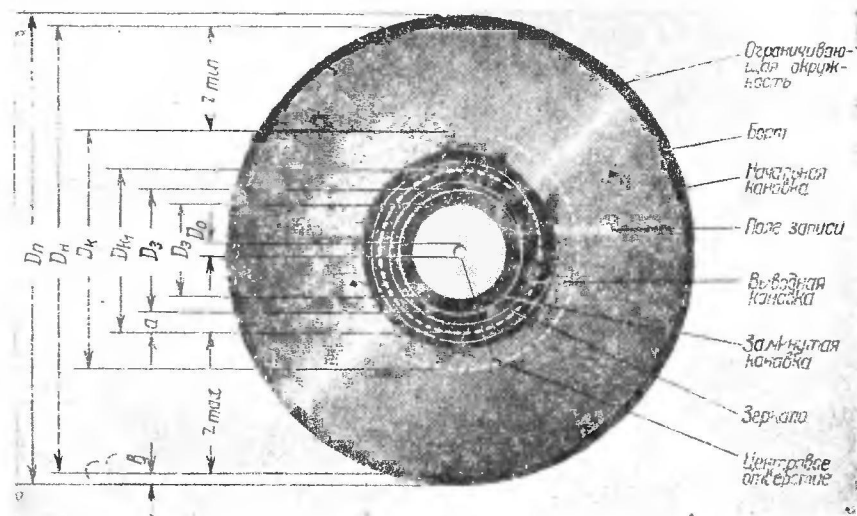


Рис. 56.

Таблица III

	Идекс на рис. 16	Название размера	$\Phi_{20}$	$\Phi_{25}$	$\Phi_{30}$
			размеры в мм		
Основные размеры	$D_n$	Диаметр пластинки	198—202	248—252	297—303
	$D_n$	» начала записи	192	240	288
	$D_k$	» конца записи maximum	—	(136)	(158)
	$D'_k$	» конца записи minimum	110 (прежде 90)	110	110
	$D_a$	» замкнутой канавки	95 (прежде 75)	95	95
	$D_\theta$	» этикетки	80 (прежде 65)	80	80
	$D_o$	» центрального отверстия	7,0—7,2	7,0—7,2	7,0—7,2
Производные размеры	$a$	Ширина зеркала 0,5 ( $D_z - D_a$ )	5 (прежде 10)	5	5
	$b$	» борта 0,5 ( $D_n - D_n$ )	3—5	4—6	5—7
	$z_{\min}$	Наименьшая ширина поля записи 0,5 ( $D_n - D_k$ )	—	52	65
	$z_{\max}$	Наибольшая ширина поля записи 0,5 ( $D_n - D'_k$ )	41 (прежде 51)	65	89

Показанные на рис. 56 пунктирными линиями  $D_k$  и  $D'_k$  ограничивают зону, в которой должен лежать конец записи.

Таким образом, наружный диаметр пластинки в 20, 25 и 30 см соблюдается, как видим, лишь округленно. Что касается толщины пластинок, то она составляет 1,6—2,2 мм, колеблясь чаще всего около 1,8—2 мм.

### 43. Плотность записи

В фонограмме, приведенной на рис. 1, мы имели продвижение носителя по прямой линии и, в соответствии с этим, осью фонограммы была прямая линия.

На граммофонной пластинке осевой линией служит не прямая, а спираль. Эта осевая спираль присутствует

как таковая в действительности лишь тогда, когда запись ведется при полном отсутствии звуковой модуляции, в обычных же условиях эта осевая спираль является лишь воображаемой линией, служащей геометрическим местом мгновенных центров колебаний кончика иглы относительно пластинки.

Спираль, применяемая в граммофонно-пластиночной записи, есть спираль Архимеда, геометрический смысл которой, как известно, состоит в том, что она является следом точки, равномерно движущейся от полюса по радиусу, который в свою очередь равномерно вращается относительно этого постоянного полюса.

В зависимости от направления вращения радиуса, можно получить два зеркально обратных вида спирали; при вращении радиуса по часовой стрелке будем называть спираль правой

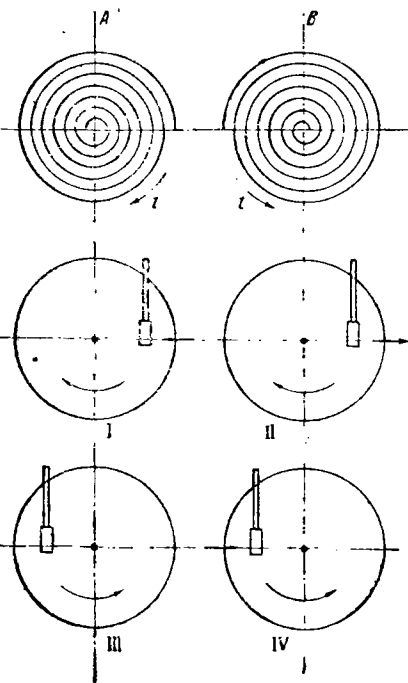


Рис. 57.

(рис. 57, А), при вращении против радиуса — левой (рис. 57, В).

Кроме того, следует различать два направления вращения, придаваемых спирали при записи и воспроизведении: по часовой стрелке (рис. 57, I и II) и против часовой стрелки (рис. 57, III и IV). Рассматривая этот рисунок, видим, что для каждой спирали А и В возможна запись и проигрывание от центра к борту (II и III) и от борта к центру (I и IV).

Для обычных граммофонных пластинок общепринята правая спираль и вращение ее по часовой стрелке, что соответствует спирали А, случаю I и ходу от борта к центру. Однако применение имеют и другие случаи, в частности II, принятый фирмой Pathé frères. О преимуществах того или иного способа речь будет итти дальше (§ 45).

В прежнее время число оборотов пластинки не было одинаковым у различных фирм. В настоящее время молчаливым соглашением во всем мире принято вращение со скоростью  $n = 78$  об/мин для обычных пластинок и  $33\frac{1}{3}$  об/мин для пластинок, служащих для сопровождения звукового кино; отклонения от этих величин сейчас крайне редки.

Угловая скорость вращения пластинки, таким образом, постоянна и равна для обычных пластинок

$$\omega = \frac{78}{60} \cdot 2\pi = 2,6\pi = 8,16 \text{ радиан/сек.}$$

Иными словами, пластинка делает за одну секунду 1,3 оборота или, что то же, поворачивается на  $\angle 468^\circ$ .

Соотношение между скоростью движения точки по радиусу и скоростью вращения самого радиуса определяет шаг канавки, т. е. расстояние между осями канавок<sup>120а</sup> по радиусу. Величина шага канавки также не у всех фирм одинакова, но имеет лишь весьма незначительные колебания.

В ГШП для шага канавки принята сейчас та же величина, что и у некоторых других заграничных фирм, а именно, одна из трех:  $\Delta_1 = 240 \mu$ , либо  $\Delta_2 = 265 \mu$ , либо  $\Delta_3 = 302 \mu$ . Когда какая из величин применяется — будет ясно из дальнейшего; пока же ограничимся замечанием, что увеличение шага позволяет улучшить качество записи.

Величина, обратная шагу канавки, называется плотностью записи.

Соответственно принятому в ГШП шагу канавки существуют три плотности записи:  $N_1 = 106$ ,  $N_2 = 96$  и  $N_3 = 84$  канавок на дюйм (или соответственно 41,7, 37,8, 33,1 канавок на сантиметр)<sup>121</sup>.

Наибольшее число канавок  $\nu$  на радиусе пластинки при разном шаге легко найдется из соотношения

$$\nu = \frac{z}{\Delta}, \quad (28)$$

где  $z^{122}$  и  $\Delta$  даны в миллиметрах.

<sup>120а</sup> Хотя в действительности с каждой стороны пластинки имеется лишь одна канавка, но рассматривая пластинку в сечении по радиусу, говорят о канавках во множественном числе.

<sup>121</sup> В заграничной практике встречаются также наборы плотностей в 86, 100, 114 или 88, 96, 104, 112, 120, 128 и 136 канавок на дюйм и т. п.

<sup>122</sup> См. табл. III на стр. 129.

Так, для приведенных данных ГШП наибольшее число канавок на радиусе равно

при	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
$\Phi_{20}$	до 213	до 193	до 169
$\Phi_{25}$	215—269	195—244	171—214
$\Phi_{30}$	272—371	246—336	216—296

Общую длину  $S$  осевой спирали можно приближенно<sup>123</sup> подсчитать по формуле

$$S = 0,001 \cdot \pi \frac{D_n + D_k}{2} \cdot \frac{z}{\Delta} \quad (29)$$

(где  $S$  в м, а остальные величины в мм).

При шаге  $\Delta_1$  и записи до  $D'_k$  (т. е. при значении  $z_{\max}$ ) получим для пластинки  $\Phi_{30}$ :

$$S = 0,001 \cdot \pi \frac{288 + 110}{2} \cdot \frac{89}{0,24} = 232 \text{ м.}$$

Грандиозность этой величины может быть иллюстрирована сопоставлением ее с высотой наибольшей египетской пирамиды Хеопса (140 м).

Длина модулированной записи, конечно, значительно больше — ее считают иногда достигающей километра<sup>124</sup>. Столь значительное увеличение длины модулированной записи не покажется странным, если вспомним, что, например, на пластинке с записью чистого тона 4000 гц содержится около одного миллиона полных колебаний.

#### 44. Длительность игры

Под длительностью игры  $t$  понимают отрезок времени, могущий быть записанным на пластинку. Величина эта вполне определяется приведенными выше данными, а именно равна:

$$t = \frac{v}{n}, \quad (30)$$

или численно

$$t = 0,77 \cdot v \text{ сек.} = 0,0128 \cdot v \text{ мин.} \quad (30a)$$

(здесь  $0,77 = \frac{60}{78}$  и  $0,0128 = \frac{1}{78}$ ).

Результаты подсчета для трех форматов пластинки при каждом шаге для значения ГШП сведены в график на рис. 58.

На практике, однако, длительность игры несколько меньше по ряду перечисленных ниже причин.

Необходимо предусмотреть для ввода иглы хотя бы одну холостую канавку. Начало записи даже на неподвижной пластинке на-глаз определить очень трудно, а на вращающейся — немисливо и потому должна быть исключена опасность отрезать начало исполнения при продвигании иглы с борта в любом месте окружности. Впрочем, и при самой записи неизбежен некоторый промежуток между моментом начала записи и моментом начала исполнения для гарантии того же неотрезания записи.

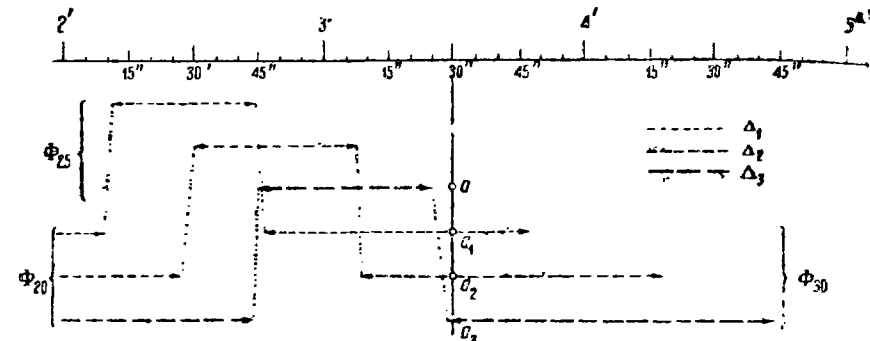


Рис. 58.

Нужно, однако, заметить, что повышенная напряженность внимания слушателя перед началом игры пластинки делает наличие холостых канавок в начале пластинки более неприятным, чем в конце; они должны быть особенно сокращены в начале в том случае, когда запись является продолжением не уместившейся на обороте или на другой пластинке, например когда записана целая опера, так как в этом случае при непрерывном воспроизведении эти промежутки будут особенно неприятны.

Холостые канавки, как мы увидим ниже, все же полезны, так как позволяют игле пришлифоваться.

Из приводившихся в табл. III цифр мы видим, что между концом записи и замкнутой канавкой оставляется промежуток 0,5 ( $D'_k - D_s$ ) не менее 7,5 мм. Этот промежуток предусмотрен для устройства так называемой выводной спирали, имеющей значительно больший (обычно неравномерный) шаг и служащей, главным образом, зоной действия механизма автоматического останова. Этот пространственный запас необходим здесь в качестве гарантии того, что пластинка не будет остановлена раньше, чем кончится исполнение.

Часто стараются записать исполняемый отрывок на возможно малом формате пластинки. Всякий записываемый отрывок предварительно хронометрируется, а длительность от-

<sup>123</sup> С ошибкой менее 0,5%.

<sup>124</sup> Lübcke E., VDI. 1929, 73; 10: 335.

рывка при избранной плотности записи вполне определяет, как мы видели выше, формат пластинки, на которой он может быть записан.

Когда данные хронометража показывают, что отрывок уместается на пределе, запись его связана с некоторым риском выйти из норм, так как данные предварительного хронометража исполняемого отрывка никогда нельзя считать абсолютно точными. Уже ошибка в 1 сек., как мы знаем, означает ошибку более одного оборота грамофонной пластинки, а между тем чувство ритма даже у самых лучших музыкантов не настолько развито, чтобы исполнить дважды одно и то же произведение в точно одинаковые промежутки времени: два проигрывания одного четырехминутного отрывка могут дать расхождения даже на четверть минуты.

Если какой-либо отрывок плохо уместается на данном формате, то его всегда можно записать на следующем более крупном. Мы не выйдем при этом практически из норм, так как по рис. 58 видно, что максимум длительности данного формата принят за минимум длительности следующего.

Пусть требуется записать отрывок длительностью 3'30". Выйдя несколько из норм, его можно было бы записать при наибольшей плотности ( $\Delta_3$ ) на пластинке  $\Phi_{25}$  (точка  $a$  на рис. 58). Однако, производя запись на следующем формате  $\Phi_{30}$ , можно вести запись не только на самой плотной  $\Delta_3$  (точка  $a_3$ ), но и на менее плотной  $\Delta_2$  (точка  $a_2$ ) или даже  $\Delta_1$  (точка  $a_1$ ), что, как уже упоминалось, позволяет произвести более высококачественную запись.

Даже когда в этом повышенном качестве надобности нет, все же в этом случае ( $a_3$ ) прибегают к менее плотной записи, так как наличие очень большой выводной спирали при малом поле записи на пластинке придает ей неприятный вид, а между тем уменьшение плотности записи обычно потребителем совершенно не замечается.

К записи на более крупном формате, чем то вытекает из длительности отрывка, прибегают иногда и по другим причинам. Дело в том, что двусторонность пластинки налагает известные требования к подбору соответствия по содержанию отрывков, записанных с обеих сторон пластинки, или как говорят у нас, к условиям спарки. В силу этого требования может понадобиться запись более короткого отрывка на том формате, которого требует более длинный. Впрочем, обычно при подборе спарки стараются учесть также и длительность отрывков.

#### 45. Влияние линейной скорости на фонограмму

Так как проигрывание пластинки ведут при постоянном числе оборотов, т. е. пластинкам придают постоянную угловую

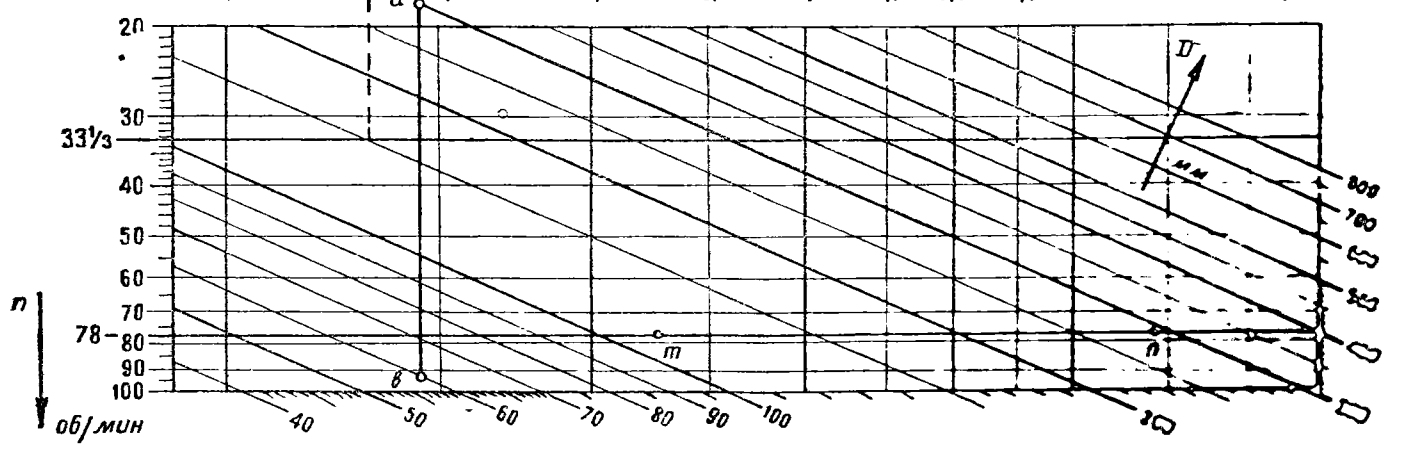
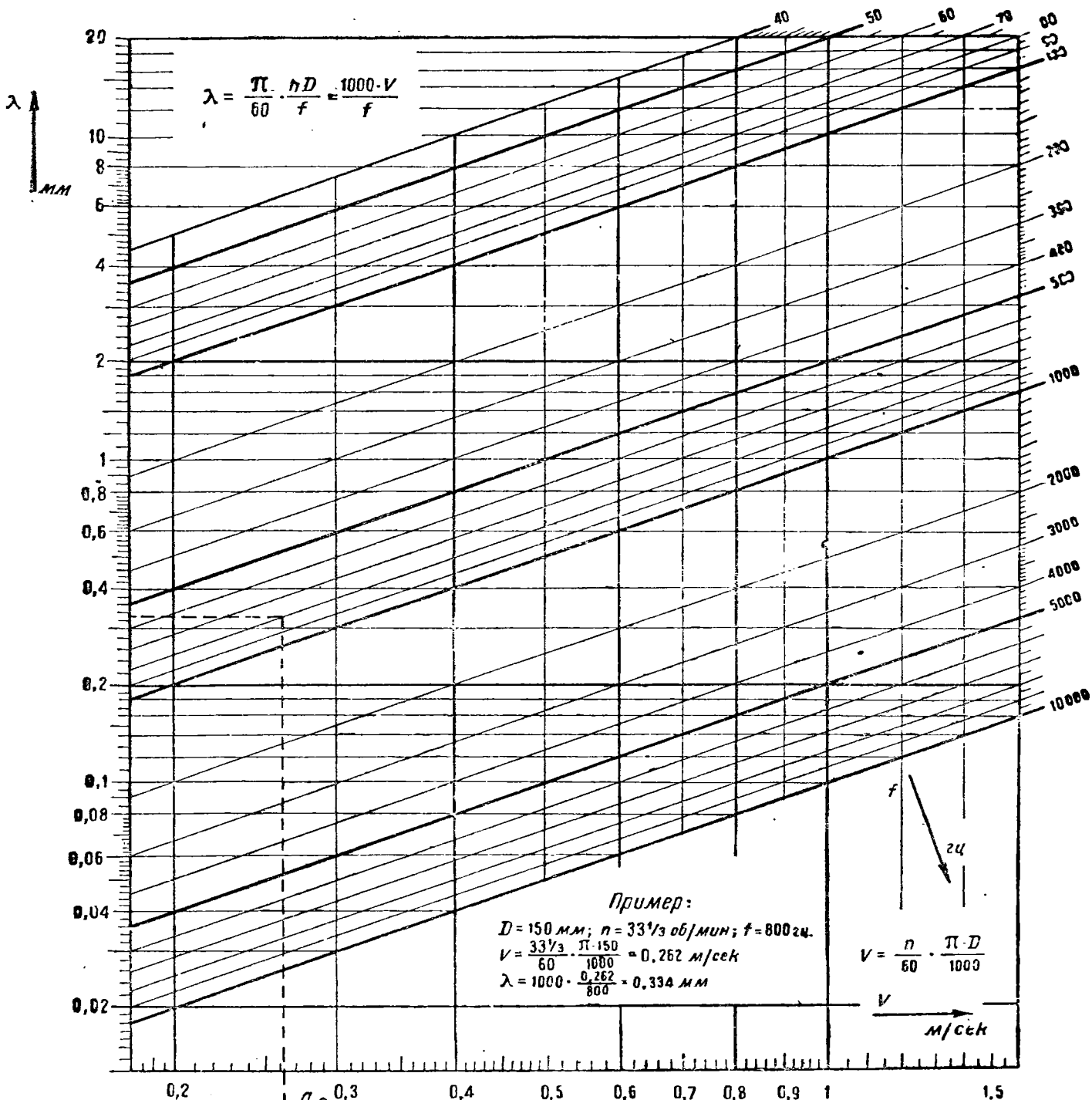


Рис. 59.

скорость  $\omega$ , то линейная скорость  $v$  иглы относительно пластинки оказывается величиной переменной, равной

$$v = \frac{n}{60} \cdot \frac{\pi D}{100} \text{ м/сек}, \quad (31)$$

где  $D$  — тот диаметр пластинки (в мм), на котором в данный момент находится игла.

Определение линейной скорости удобно производить по номограмме рис. 59 (нижняя часть). По этой номограмме мы устанавливаем, что для интервала диаметров зоны записи 90—303 мм (соотв. табл. III) при  $n = 78$  об/мин интервал линейной скорости лежит примерно при 0,365—1,23 м/сек, т. е. занимает достаточно широкие пределы.

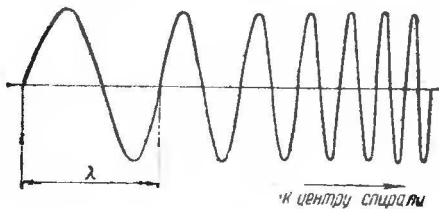


Рис. 60.

Благодаря изменямости линейной скорости фонограмма оказывается записанной как бы с меняющимся масштабом. Характер этого изменения записи показан для тона постоянной частоты утрированно на рис. 60.

Таким образом канавки, имеющие одинаковые линейные размеры и вид, вызовут разное звучание, смотря по тому, в какой части пластинки они находятся.

Говоря об одинаковом виде, мы отвлекаемся от кривизны спирали; рис. 61, представляющий фотографию поверхности пластинки при увеличении в 20 раз, наглядно показывает, что на

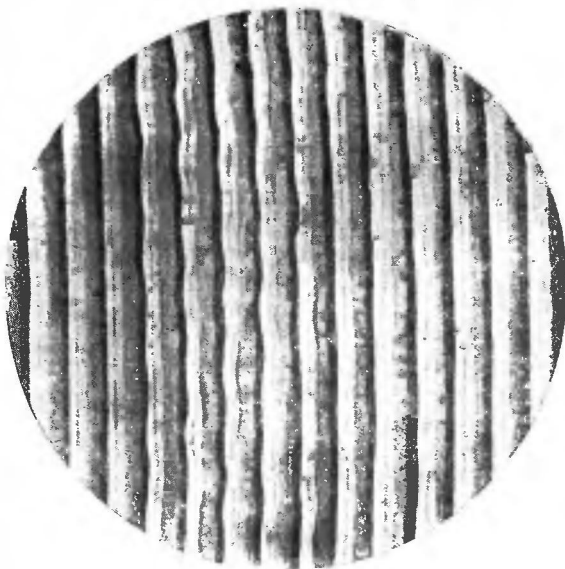


Рис. 61.

небольшом участке отрезок спирали может без заметной ошибки приниматься за отрезок прямой.

Введем понятие записанной длины волны  $\lambda$ , по-



нимая под этой величиной длину прямолинейного участка спирали, на протяжении которого укладывается запись одного полного периода колебания (см. рис. 4). Из сказанного выше следует, что

$$\lambda = 1000 \frac{v}{f} = \frac{n}{60} \cdot \frac{\pi D}{f} \text{ мм.} \quad (32)$$

где  $f$  — частота в  $гц$ .

Величины записанной длины волны легко находятся из той же номограммы рис. 59.

Из формулы видно, что записанная длина волны тем больше, чем дальше от центра находится запись и чем меньше частота; так, при  $n=78$  об/мин для частоты 200  $гц$  при  $D=300$  мм получается  $\lambda=6$  мм, а для частоты 4000  $гц$  при  $D=100$  мм получается  $\lambda=0,1$  мм. Последняя величина означает, что на расстоянии в одну десятую миллиметра должна уместиться полная волна: здесь мы получаем представление о той тонкости деталей, с которыми имеет дело граммофонная пластинка.

Таким же образом, как в рассмотренном только что случае синусоидального тона, будет при приближении к центру уменьшаться масштаб всякой другой более сложной кривой.

Так как при большем масштабе детали фонограммы могут быть выявлены лучше, то совершенно очевидно, что чем больше линейная скорость, т. е. чем больше растянута фонограмма, тем совершеннее запись и воспроизведение. Но растянутость фонограммы зато сокращает длительность игры.

Увеличение сжатости фонограммы по направлению к центру приводит к худшему воспроизведению звуков у зеркала пластинки, нежели у борта ее. К тому же к концу пластинки приходит уже притупившаяся игла, которой воспроизвести сжатую фонограмму особенно трудно. Поэтому не раз предлагалось производить запись не от края к центру, а обратно. При этом в начале пластинки было бы некоторое ухудшение звучания от сжатости фонограммы, а в конце — от изношенности иглы. Сейчас эти дефекты, как мы видели, суммируются в конце, который обычно к тому же является ответственной заключительной частью музыкального отрывка и бывает часто наиболее интенсивным по звучанию.

Однако при проигрывании от центра к борту усилие, требующееся от пружины граммофона, непрерывно возрастало бы по мере того, как завод пружины ослабевал бы. Наконец, как это показано будет в следующей главе, при проигрывании от центра шипение пластинки слышно было бы более сильно. Практически пластинки с записью от центра к борту не смогли получить первенствующего значения. В дальнейшем переход на пластинки с записью от центра к борту будет еще более затруднен тем, что конструкции устройств для автоматического

останова и смены пластинок строятся теперь в расчете на проигрывание от борта к центру.

Чтобы дать представление о сложности действительных кривых сравнительно с простой синусоидой, рассматривавшейся перед этим, на рис. 62 приведены осциллографические фонограммы разных звуков.

Здесь  $a$  и  $b$  представляют фонограммы скрипки ( $b$  относится к скрипке Страдивариуса),  $c$  — фонограмма рояля,  $d$ ,  $e$  и  $f$  — фонограммы человеческого голоса ( $d$  — гласная и,  $f$  — согласная ш,  $e$  — закрытый звук  $a^y$  в певческом исполнении баса),  $g$  — фонограмма уличного шума.

Само собою разумеется, что огибание подобных кривых было бы для иглы совершенно невозможным. Для удовлетворения требованию хорошего огибания эти фонограммы должны быть сильно растянуты в масштабе времени или сжаты в направлении ординат. Растяжение во времени у нас задано линейной скоростью. Как это будет освещено ниже, для низких частот это растяжение оказывается достаточным, для высоких — все же недостаточным. Тем самым диапазон передаваемых пластинкой частот ограничивается сверху.

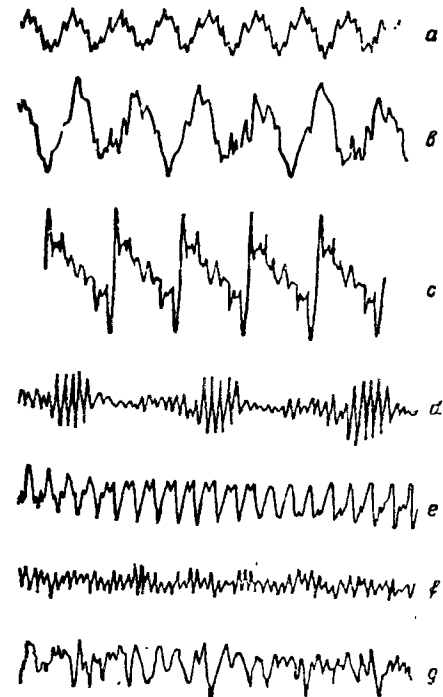


Рис. 62.

#### 46. Амплитуда записи

Так как фонограмма есть кривая в координатах время — амплитуда, то боковое отклонение канавки от осевой спирали выражает амплитуду. Отклонение это имеет своим пределом соприкосновение двух соседних канавок. До этого предела допускать сближение канавок не следует, хотя в некоторых записях ради художественной полноты, но в ущерб долговечности пластинки — это фактически делается. Практически хорошо обеспечивать некоторый так называемый гарантийный промежуток. Желательно, чтобы величина этого промежутка была  $\xi=10-25 \mu$ ; предпочтительна последняя величина.

На рис. 63 показан вид в плане и разрезе пластинки при размерах ГШП для случая обычной (неуширенной) записи, при шаге канавки  $\Delta_2$ .

При шаге  $\Delta_2$  и обычной ширине записи при  $\xi = 25 \mu$  максимальная амплитуда смещения канавки равна  $A_{\max} = 0,5(265 - 160 - 25) = 40 \mu$ .

При шаге  $\Delta_3$  и уширенной записи при том же  $\xi$  максимальная амплитуда равна  $A_{\max} = 0,5(295 - 180 - 25) = 45 \mu$ . Самую большую амплитуду можно иметь при шаге  $\Delta_3$ , неуширенной записи и  $\xi = 0$ ; в этом случае она составляла бы  $0,5(295 - 160) = 67,5 \mu$ ; однако до этой величины доводить ее в принципе не следует.

Из формулы (16) вытекает, что сила звука остается постоянной независимо от частоты, если только выполнено условие  $fA = \text{const}$ .

Другими словами, две фонограммы, изображенные на рис. 64, заставят мембрану прийти в колебания с одинаковой энергией и дадут два звука равной силы, хотя и разной частоты.

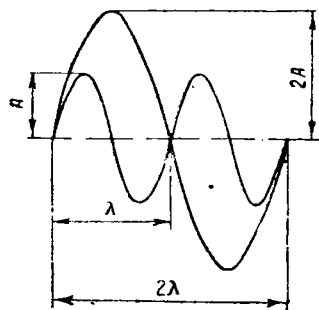


Рис. 64.

Можно сформулировать это как требование: амплитуда записи должна быть обратно пропорциональна частоте для звуков одинаковой силы. Но из уравнения (5) видно, что произведением  $fA$  характеризуется скорость колебания  $\dot{x}$ ; таким образом, это условие сводится к требованию постоянства колебательной скорости.

Согласно сказанному в § 30 это требование должно быть предъявлено ко всему записывающе-воспроизводящему устройству в целом. Отдельным же звеньям цепи могли бы быть приданы и иные характеристики, лишь бы в результате взаимного дополнения получалась суммарная характеристика, удовлетворяющая этому требованию.

В практическом случае записи граммофонных пластинок удобнее всего придавать эту характеристику сразу самой записывающей аппаратуре. Поэтому желательно, чтобы уже сама

амплитуда канавки была обратно пропорциональна частоте при записи тонов равной силы.

Угол  $\beta$  между осевой линией и касательной к синусоиде в точке  $I$  (рис. 4), как мы знаем, определяется формулой (7). Но в точке  $I$  мы имеем  $\cos \omega t = 1$  и потому по формуле (5)  $x' = 2\pi fA$ . Взяв для  $v$  значение из формулы (31) и подставив оба значения в формулу (7), найдем:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2\pi fA}{\frac{\pi}{60} \cdot nD} = \frac{120fA}{nD}. \quad (33)$$

Это выражение показывает, что  $\operatorname{tg} \beta$  будет при неизменных  $D$  и  $n$  постоянен при постоянстве скоростной амплитуды, т. е. синусоиды будут между собой геометрически подобны.

Из формулы (33) амплитуда определится как:

$$A = \frac{nD \operatorname{tg} \beta}{120f}. \quad (33a)$$

Последнее выражение, показывающее зависимость амплитуды от частоты, собственно говоря, определяет частотную характеристику записи. Эту зависимость, выражаемую, как показывает формула, гиперболой (изображающей обратную пропорциональность частоты и амплитуды), следует считать теоретически идеальной для записи.

Однако она не будет практически идеальной зависимостью, так как не учитывает двух существенных ограничений.

Первое ограничение состоит в том, что  $A$  не может быть принято выше некоторой величины, характерной для шага канавки и профиля ее (крайнее значение этой величины было выше на примере наших значений определено в  $A_{\max} = 67,5 \mu$ ), так как при превышении этой величины канавки будут входить одна в другую. Поэтому, достигнув максимальной амплитуды и продолжая спускаться дальше в область низких частот, мы вынуждены передавать все эти частоты с одинаковой амплитудой, равной  $A_{\max}$ .

Второе ограничение определяется тем, что при высоких частотах извилины канавки становятся столь малыми, что размеры их оказываются незначительными по сравнению с размерами той поверхности иглы, которая приходит с ними в соприкосновение. В § 45 было указано, что для чистого тона 4000 гц при  $D = 100 \text{ мм}$  записанная длина волны равна лишь 0,1 мм. Из рис. 62 мы ясно увидим, что в условиях практической записи в столь миниатюрных размерах должны быть воспроизведены значительно более сложные очертания, нежели те, что свойственны простой синусоиде. Для того чтобы сделать эти очертания проходными для граммофонной иглы, приходится с целью снижения крутизны всех извилин умень-

шать амплитуды в еще большей степени, нежели то требуется из условия обратной пропорциональности частоте. Поэтому, достигнув некоторой достаточно высокой частоты, дальнейшее уменьшение амплитуд ведут еще более резко<sup>125</sup>.

Изображая сказанное графически (рис. 65), можем выразить теоретически идеальную зависимость амплитуды от частоты линией  $mn$ , а практически идеальную линией  $pqr$ .

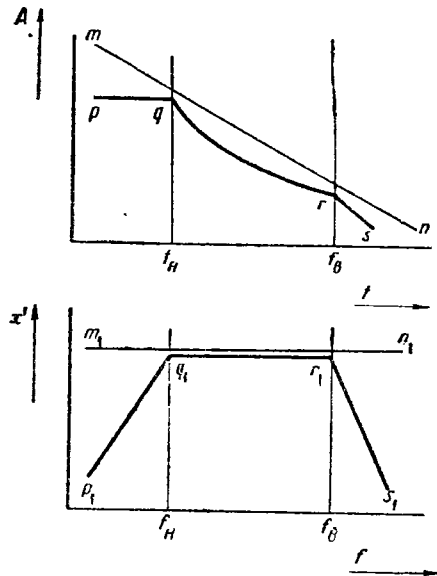


Рис. 65.

На участке  $f_n f_b$ , лежащем между нижней частотой  $f_n$  (выбираемой, например, около 200 гц) и верхней частотой  $f_b$  (выбираемой, например, около 4000 гц), запись ведется с амплитудой, уменьшающейся обратно пропорционально частоте. Выше точки  $f_b$  амплитуда уменьшается быстрее, нежели то требуется обратной пропорциональностью, ниже  $f_n$  амплитуда остается постоянной.

Соблюдение этой кривой означает, например, что если для 200 гц и ниже принята амплитуда в 40  $\mu$ , то для 4000 гц придется принять всего лишь  $40 \cdot (200 : 4000) = 2 \mu$ .

В нижней части рис. 65 то же самое повторено еще раз, с тем отличием, что вместо амплитуд ординатами служат колебательные скорости. Здесь  $mn$  теоретически идеальная характеристика,  $p_1q_1r_1s_1$  практически идеальная характеристика. Изображение частотной характеристики в последних координатах особенно удобно, так как, например, электродвижущая сила, возбуждаемая в адаптере (построенном на принципе индукции) при проигрывании граммофонной пластинки, пропорциональна как раз колебательной скорости. Для других эле-

<sup>125</sup> Представляя себе конец иглы идеальным геометрическим телом (например шаром), а запись чистой синусоидой, т. е. отвлекаясь от действительных картин прохождения иглой канавки, можно показать, что стремление соблюдать при высоких частотах постоянство кривизны чисто синусоидальной канавки может быть истолковано как требование постоянства колебательного ускорения. Однако эти соображения имеют скорее академический интерес. См. Вгаиптшн 1 VDI 1931, 75; 17: 524, также Харкевич А. А., Электроакустическая аппаратура Л.—М. 1933, стр. 208.

ктроакустических приборов единицы напряжения также очень подходящи, а потому, приводя в дальнейшем частотные характеристики, мы будем прибегать именно к этому способу их выражения.

#### 47. Внешние признаки характера фонограммы

По внешнему виду граммофонной пластинки можно установить некоторые ценные ее характеристики.

Первым из признаков внешнего вида граммофонной пластинки является так называемый блик, т. е. яркое отражение солнечного луча на ее поверхности. Бухман и Мейер впервые обратили внимание на возможность количественного суждения о граммофонной пластинке по этому блику<sup>126</sup>. Этот вопрос заслуживает обстоятельного освещения.

Пусть (рис. 66, а) параллельный пучок света (солнечные лучи или лучи точечного источника света, находящегося в фокусе рассеивающей линзы) падает на фонограмму, в качестве которой на рисунке показана полная волна чистого тона. Будем считать линию  $ABCDE$  проекцией (нормальной к плоскости чертежа) поверхности фонограммы; в таком случае отраженные лучи будут лежать в плоскости чертежа, но пойдут под разными углами, смотря по тому, от какого места кривой они отразятся. В точках  $A$ ,  $C$  и  $E$  угол равен нулю; точки  $B$  и  $D$ , лежащие на пересечении с нулевой линией кривой, т. е. точки перегиба синусоиды, дадут наибольший угол  $\beta$ .

Из условия геометрического подобия синусоид в пределах записи с постоянной скоростью амплитудой (§ 46) следует, что угол  $\beta$  будет для всех частот одинаков.

По обе стороны от точки  $B$  в сторону точек  $A$  и  $C$  (соответственно и у  $D$  в сторону точек  $C$  и  $E$ ) всегда найдутся два луча, сходящиеся в некоторой удаленной точке. Поэтому, если мы представим теперь вместо одной лишь волны целую

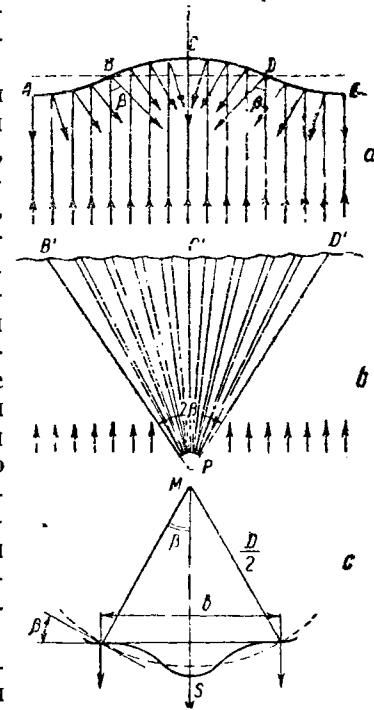


Рис. 66.

<sup>126</sup> Buchmann G. и Meyer E., Eine optische Messmethode für Grammophonplatten. ENT 1930, 7; 4: 147—52.

серию их (рис. 66, *b*), на которую попрежнему направлен параллельный пучок, то к глазу наблюдателя, расположенному в точке *P*, придет пучок света, состоящий из отдельных отражений, показанных на рисунке. На рисунке видно центральное отражение от *C* и попарные отражения от обеих сторон точек перегиба. Двумя крайними отражениями этого пучка будут отражения, отвечающие наибольшему углу  $\beta$ , т. е. исходящие из точки *V'* и из точки *D'* (эти точки отвечают точкам *B* и *D* отдельной волны рис. 66, *a*). Таким образом, угол, под которым наблюдатель будет видеть отражения, равен  $2\beta$ .

На граммофонной пластинке, однако, осевой линией фонограммы является не прямая линия, как на рис. 66, *b*, а спираль; сравнительно небольшой участок этой спирали ввиду ее очень малого шага можно считать отрезком окружности (пунктир на рис. 66, *c*). В этом случае картина видоизменяется.

На рис. 66, *b* ширина блика *V'D'* зависела от удаленности наблюдателя — она возрастала по мере его удаления, но угол  $2\beta$  оставался постоянным. В случае рис. 66, *c* достаточно наблюдателю быть удаленным практически уже только на полметра, как он захватывает все возможные отражения и дальнейшее удаление его не приводит к увеличению ширины блика. Происходит это потому, что отдельные волны, по мере удаления их от линии зрения *MS*, оказываются вовсе не имеющими вогнутостей, обращенных по направлению к *S*, и не могут, следовательно, в этом направлении отражать.

На рис. 66, *c* для простоты изображены лишь две волны; это не меняет дела, так как углы между двумя соответствующими точками геометрически подобных тел одинаковы.

Таким образом, ширина блика оказывается в случае 66, *c*, отвечающем действительному положению вещей для граммофонной пластинки, вполне определенной величиной. Зато, напротив, в отличие от случая 66, *b* о постоянстве угла блика говорить не приходится.

С помощью угла  $\beta$  можно теперь определить самую ширину блика (которую обозначим *b*), так как с того пункта, где отраженный луч становится параллельным линии зрения *MS*, прекращается попадание других отраженных лучей из более удаленных волн.

Величину *b* легко выразить через диаметр осевой окружности *D*, так как *b* является при этом хордой:

$$\sin \beta = \frac{b}{D}. \quad (34)$$

Определяя отсюда *D* и подставляя это значение в формулу (33а), получим:

$$A = \frac{nb}{120f \cos \beta}. \quad (35)$$

Однако практически угол  $\beta$  так мал, что для этого расчета можно принять  $\angle \beta = 0^\circ$ , т. е.  $\cos \beta = 1$  и потому

$$A = \frac{nb}{120f}, \quad (36)$$

что при  $n = 78$  об/мин дает

$$A = 0,65 \frac{b}{f} \text{ мм, или } b = 1,54Af \text{ мм.} \quad (37)$$

Это выражение показывает, что ширина блика непосредственно пропорциональна колебательной скорости, большое значение которой нам уже известно.

Если попрежнему выражать *A* и *b* в мм, а *x'* в см/сек, то колебательная скорость выразится через ширину блика следующим образом:

$$x' = 0,1 \cdot 2\pi f A = 0,1 \cdot 2\pi \cdot 0,65b = 0,409b. \quad (38)$$

Таким образом, если при записи сохранено постоянство колебательной скорости, то блик должен иметь постоянную и притом вполне определенную величину.

Интересно при этом, что ширина блика оказалась независимой от места на пластинке (т. е. от диаметра *D*). Происходит это благодаря взаимной компенсации двух влияний; с одной стороны, ширина блика *b* должна уменьшаться по мере приближения к центру пропорционально диаметру *D*, так как при этом возрастает кривизна осевой окружности и раньше наступает положение параллельно отраженного луча *F*; с другой стороны, ширина блика должна уменьшаться по мере приближения к борту пропорционально тому же диаметру *D*, так как при этом возрастает пологость кривых благодаря увеличению записанной длины волны  $\lambda$  при той же амплитуде.

Для удобства подсчетов на рис. 68, стр. 147 приведена номограмма, связывающая величины *b*, *f*, *A* и *x'* установленной зависимостью.

Для того чтобы сразу оценить все удобство и простоту суждения по блику о скоростной амплитуде, посмотрим на рис. 67, *a*, представляющий фотографию блика для случая, когда от края к центру записано плавное изменение частоты от 10 000 до 50 гц (при постоянной амплитуде). То, что мы видим, есть частотная характеристика, которую мы можем сравнивать с нижней частью рис. 65. Из этого сравнения мы сразу видим несоблюдение не только теоретически идеальной, но и практически идеальной характеристики — бросается в глаза пик в характеристике на высоких частотах.

На рис. 67, *b* показан восковой диск, на котором записан чистый тон (600 гц) постоянной амплитуды; как и следовало ожидать, ширина блика неизменна по всей записи.

На рис. 67, с показаны записи тона постоянной высоты (435 гц), но каждый раз другой амплитуды. На-глаз видно, что по мере приближения к центру блик становится шире, примерно в отношении 1:2:4:8:16; в действительности именно в этом отношении увеличивались колебательные скорости при записи.

На рис. 67, b видно также, что в начале и в конце сделано несколько немодулированных канавок. На рис. 67, с видны два посторонних отблеска от непараллельных и неправильно направленных пучков света. Они наглядно демонстрируют непригодность подобного освещения для суждения о блике.

При наблюдении блика следует вращать пластинку, чтобы отдельные отблески лучше сливались в сплошной блик. Следует также заботиться о том, чтобы глаз наблюдателя (или объектив фотоаппарата) лежал в плоскости, проходящей по нормали к диску<sup>127</sup> через источник света (именно этот случай соответствует положенным в основу расчетов), так что ось блика при правильном суждении всегда будет перпендикулярна большой оси эллипса, изображающего диск.

Иногда фотографируют блик на неподвижной пластинке; лучше всего такие снимки удаются при солнечном свете. Два сфотографированных таким путем блика представлены<sup>127a</sup> на рис. 67a и 67b. Первый из этих рисунков представляет фотографию промышленной пластинки (фирмы Десса), а второй —

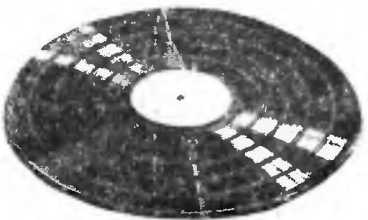
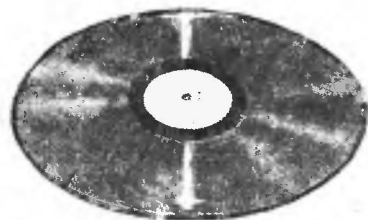


Рис. 67.

фотографию пластинки прямого воспроизведения (гл. XIX), изготовленной в любительских условиях. На обеих пластинках производилась с интервалами запись чистых тонов, причем у борта записаны были высокие частоты, а по мере приближения к центру в каждом следующем интервале записывались все более низкие частоты. Из сравнения рис. 67a и 67b видно,

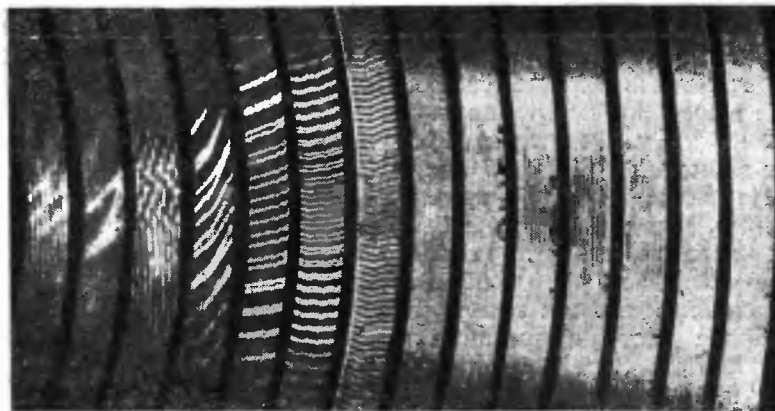


Рис. 67a.

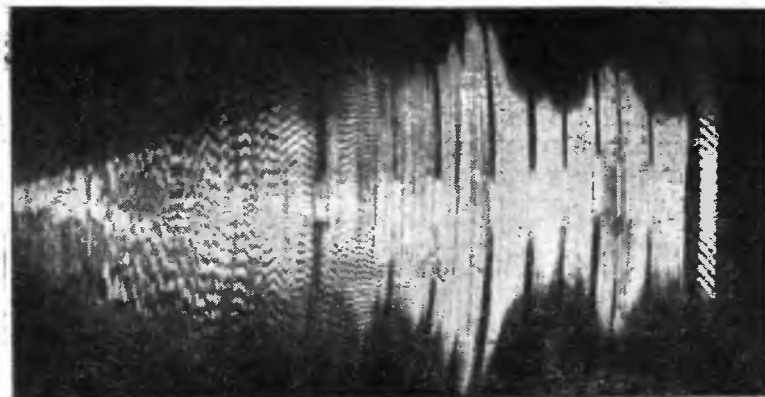


Рис. 67b.

насколько лучше частотная характеристика промышленной записи по сравнению с данной любительской — последней присущи по меньшей мере два пика.

Нельзя не обратить внимания на другой внешний признак фонограммы на пластинке, не имеющий, правда, того значе-

<sup>127</sup> Здесь говорится о диске, а не пластинке, так как наблюдение этим методом может вестись и над аналогами пластинки, например, в виде воска, оригинала, с которыми нам предстоит познакомиться ниже.

<sup>127a</sup> Andrews H., Home recording. Part. 5. Frequency Correction and optical Examination of Results obtained. Wireless World 1938, 43; 6: 115—8. Интересно отметить, что Андрус обращает внимание на то, что блик не всегда бывает симметричным и несимметричность блика на записи чистого тона может служить указанием на наличие нелинейных искажений (см. рис. 3b в цитированной статье).

ния, что блик. На многих пластинках заметны своеобразные ж и л к и, несколько напоминающие своим узором линии годовых слоев на косом сечении неровного ствола дерева; линии этого узора идут по пластинке извилисто скорее в радиальном, чем в касательном направлении (жилки видны на рис. 67 а и 67 б).

Возникают они в тех случаях, когда на пластинке долго, например более полминуты, записывалась одна частота; вызываются они тем, что на одном радиусе пластинки синусоиды встречаются в разных фазах. Поэтому такие линии наиболее ясно выражены на специально частотных измерительных записях, но их можно легко обнаружить и на многих музыкальных записях.

Из вышеуказанной причины возникновения этих кривых следует, что они должны быть наиболее интенсивны на низких частотах, что и происходит в действительности. Признак этот указывает, таким образом, на места длительного звучания сильных низких тонов. Именно в таких местах наступает наиболее часто прорезание иглой стенки между канавками.

Из других качественных признаков внешнего вида пластинки отметим блеск ее. Сильно блестящие пластинки не напрасно считаются лучшими. Пластинка, сохраняющая блеск после многих проигрываний, очень стойка и мало шипит. Этот пункт будет разъяснен в следующей главе.

Упомянем, наконец, о муаре, замечаемом на прозрачных пластинках особенно при рассматривании их на свет. Нередко муар имеет вид многих расходящихся от общего центра спиралей с шагом от 10 см и более. Этот муар возникает от сложения зрительных впечатлений осевых спиралей лицевой стороны и изнанки. Свидетельствует он о недостаточно точном совпадении центров верхней и нижней записи, а местами также о неравномерности толщины пластинки и т. п.; с самой записью он никак не связан.

#### 48. Долгоиграющая пластинка

Задача увеличения длительности игры граммофонной пластинки привлекала многих изобретателей. Некоторые границы возможностей здесь очевидны.

Так, уравнение (30) показывает, что повышение длительности игры  $t$  возможно путем увеличения числа канавок  $\nu$  или путем уменьшения числа оборотов  $n$ . В свою очередь, увеличение числа канавок, как показывает уравнение (28), возможно путем увеличения поля записи  $z$  или путем уменьшения шага  $\Delta$ .

Однако, уменьшение шага  $\Delta$  означает уменьшение максимальной амплитуды  $A_{\max}$  и тем самым ограничение силы зву-

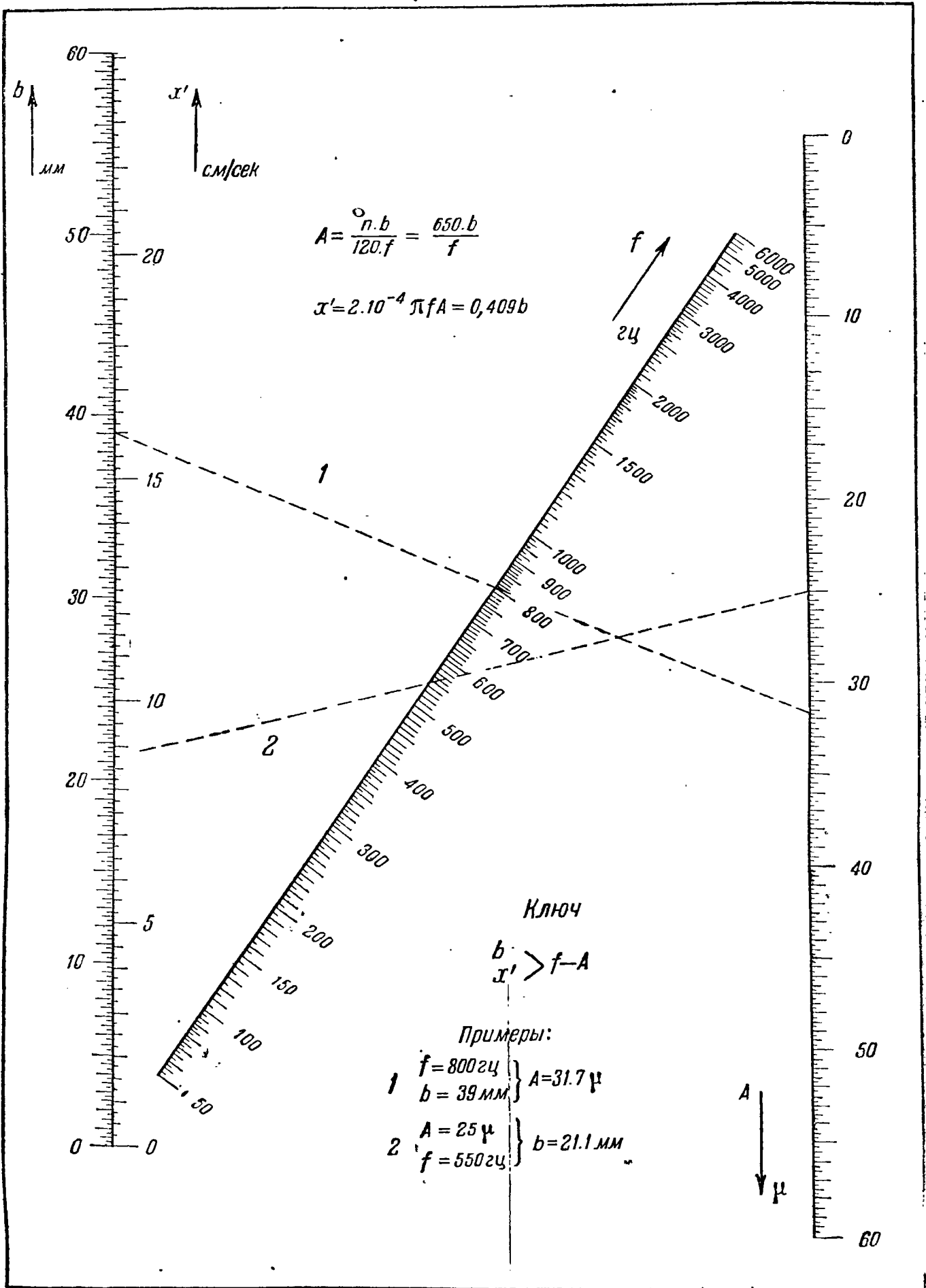


Рис. 68.

ков. Увеличение  $v$  путем расширения  $z$  за счет доведения записи очень близко к центру означает ухудшение передачи высоких частот за счет сжатости фонограммы (вспомним рис. 60). Увеличение  $z$  за счет увеличения размеров пластинки весьма невыгодно, так как при постоянной угловой скорости прибавление по наружному краю одной новой канавки всегда влечет за собой увеличение длительности игры на одну и ту же величину, между тем как расход материала на пластинку растет пропорционально не радиусу, а квадрату радиуса. Уменьшение числа оборотов  $n$  также приводит к уплотнению фонограммы со связанным с ним ухудшением передачи высоких частот.

Много раз предлагалось пойти по пути записи не с постоянной угловой скоростью, а с постоянной *линейной* скоростью. При записи с постоянной линейной скоростью масштаб фонограммы (в противоположность рис. 60) будет одинаков на всем ее протяжении.

Для достижения постоянной линейной скорости необходимо придать механизму равномерно-ускоренное движение при записи и при проигрывании от борта к центру или равномерно замедленное движение при записи и при проигрывании от центра к борту.

Если выбрать постоянную линейную скорость равной *средней* линейной скорости системы записи с постоянным числом оборотов, то мы получим пластинку с той же длительностью игры.

Долгоиграющую пластинку при записи с постоянной линейной скоростью мы получим лишь в том случае, если примем постоянную линейную скорость *меньше* средней линейной скорости системы с постоянным числом оборотов.

Таким образом, если в не долгоиграющей пластинке постоянной линейной скорости мы имеем ухудшение воспроизведения (против обычной пластинки) у борта, но улучшение у центра, то в долгоиграющей пластинке зона ухудшения воспроизведения заходит значительно дальше к центру и заметно оттесняет зону улучшения воспроизведения. Это можно пояснить и иначе, заметив, что пониженная против средней линейная скорость соответствует средней линейной скорости системы постоянного, но пониженного числа оборотов.

Таким образом, очевидно, что увеличение длительности игры граммофонной пластинки при способе постоянной линейной скорости практически достигается исключительно за счет снижения качества воспроизведения.

Как пример пластинок подобного рода могут быть указаны пластинки «Mugodisque» фирмы Ultraphon<sup>127b</sup>.

<sup>127b</sup> Пример другой конструкции устройства для записи с постоянной линейной скоростью см. Recherches et Inventions, 1936, 16—20.



Упрощенная кинематическая схема приводного механизма воспроизводящего устройства этой фирмы показана на рис. 69; действие его ясно из рисунка. Фрикционный диск 1 (текстолитовый или иной) ведется для надежности двусторонним прижимом фрикционных роликов 2—2, получающих вращение от мотора 3 через червяк 4. На оси 5 сидит червяк 6, который через червячную передачу 7 сообщает вращение зубчатому колесу 8, находящемуся в сцеплении с зубчатой рейкой 9. Зубчатая рейка составляет одно кинематическое целое с мотором 3. Благодаря этому мотор перемещается по салазкам 10. Вместе с мотором смещаются фрикционные ролики.

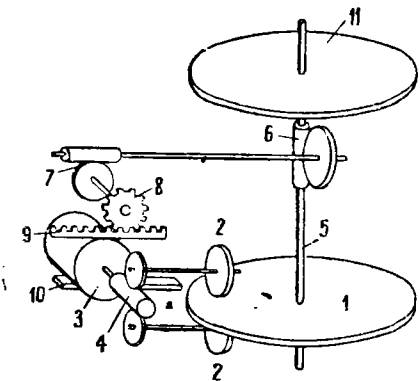


Рис. 69.

Изменение радиуса фрикционного сцепления приводит к изменению числа оборотов оси 5, а вместе с нею и несущего пластинку диска 11.

Кинематический анализ этой схемы показывает, что система обеспечивает меняющуюся угловую скорость, но в то же время не обеспечивает вполне постоянной линейной скорости, так как с уменьшением числа оборотов оси 5 падает и скорость перемещения мотора по салазкам 10. Однако это можно даже считать преимуществом.

Линейная скорость при этой системе в среднем составляет около 0,29 м/сек. Пластинка имеет размер несколько больше обычного ( $D_n = 310$  мм,  $D_k = 300$  мм), а запись ведется вглубь дальше обычного ( $D_k = 60$  мм).

Этим данным соответствует изменение угловой скорости от 18,5 до 92,5 об/мин. Последние величины удобно установить по номограмме рис. 59, где отрезок  $ab$  соответствует рассматриваемой пластинке, а отрезок  $mn$  отвечает нормальной пластинке  $\Phi_{30}$  с данными приведенной выше табл. III. На этой номограмме видно, что линии  $mn$  отвечает изменение линейной скорости от 0,45 до 1,18 м/сек и что линейная скорость 0,29 м/сек отвечает значительной сжатости записанной длины волны. Для расчета длительности игры у пластинок с постоянной линейной скоростью, конечно, нельзя уже пользоваться формулой (30а) ввиду непостоянства  $n$ . В этом случае удобно исходить из формулы (29) для длины осевой спирали и рассчитывать длительность игры как

$$t = \frac{S}{60 \cdot v}. \quad (39)$$

Приняв среднюю плотность записи  $\Delta_2 = 265$  м, найдем

$$S = 0,001 \cdot \pi \cdot \frac{300 + 60}{2} \cdot \frac{0,5(300 - 60)}{0,265} = 255,5 \text{ м}$$

(т. е. лишь на 9,2% больше вычисленной в § 43 длины 232 м).

Однако в результате уменьшенной линейной скорости длительность игры возрастает до

$$t = \frac{255,5}{60 \cdot 0,29} = 14,7 \text{ мин.}$$

вместо прежних (рис. 58) 4,3 мин.

Принимая еще более плотную запись, можно добиться еще большей длительности игры; фирма Ultraphon для речевых пластинок доходит до 50 мин. звучания. Однако это удлинение происходит за счет качества и потому должно быть признано чрезмерным.

Между прочим, в описанном устройстве путем разрыва цепи кинематической передачи смещение мотора может быть прекращено и тот же механизм может служить приводом с постоянным числом оборотов диска, так что он пригоден и для проигрывания обычных пластинок.

Само собой разумеется, что запись пластинок с постоянной линейной скоростью требует специальной (хотя бы подобной же) кинематической схемы и для записывающих станков.

Пластинки с постоянной линейной скоростью не получили существенного распространения, так как в наше время пластинки ценятся прежде всего по качеству воспроизведения. Наиболее целесообразны в этом выполнении *речевые* пластинки, для которых сужение частотного диапазона не столь существенно. Однако из числа *речевых* пластинок не могут быть в этом выполнении оправданы декламационные пластинки (где должна быть сохранена художественность чтения), пластинки, служащие для изучения иностранных языков (где существенно произношение) или пластинки с речами видных исторических деятелей (где желательно донести голос с сохранением сходства).

#### 49. Глубинная запись

Задача долгоиграющей пластинки без ухудшения воспроизведения разрешается глубинной записью. Запись, о которой говорилось до сих пор, была, как уже сказано в § 41, поперечной — она является до настоящего времени наиболее распространенной.

При поперечной записи, как мы уже знаем, глубина канавки постоянна, а осевая линия канавки имеет смещение от ведущей спирали в плоскости этой спирали. Напротив, при глубинной записи осевая линия канавки не имеет в плоскости

ведущей спирали никаких смещений относительно этой спирали, зато она имеет их в плоскости нормальной к плоскости этой спирали, благодаря чему глубина канавок оказывается величиной переменной.

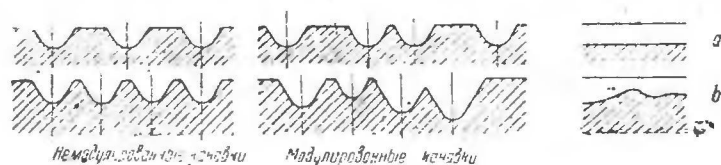


Рис. 70.

Отличие между той и другой формой канавок иллюстрируется рис. 70, где оба случая показаны схематически в двух проекциях и где *a* относится к поперечной, *b* — к глубинной записи.

Более наглядное представление можно получить, сравнивая рис. 71, дающий фотографию поверхности пластинки

глубинной записи, с рис. 61, где была дана фотография поверхности пластинки с поперечной записью (эти фотографии отвечают третьим проекциям относительно представленных на рис. 70).

Из рассмотрения фотографий можно легко сделать наблюдение, что при глубинной записи использование поверхности пластинки осуществляется значительно лучше и канавки могут располагаться друг возле друга значительно плотнее.

Мы знаем, что при поперечной записи предел сближения канавок ставит  $A_{\max}$ . Не следует думать, что при глубинной записи максимальная амплитуда не ограничивает плотности записи; это было бы верно лишь, если бы канавка имела плоскопараллельные боковые стенки, чего из соображений удобства нарезки, изготовления пластинок и прохождения иглы не делают. Хотя при глубинной записи амплитуда и

промеряется по нормали к поверхности пластинки, но клиновидная форма канавки приводит к тому, что всякое углубление канавки означает и ее расширение; последнее будет тем меньше, чем меньше угол раскрытия канавок. Так как этот угол при глубинной записи меньше  $90^\circ$ , то расширение канавки всегда меньше величины амплитуды, отмеренной вглубь.

Отметим кстати, что при глубинной записи  $A_{\max}$  ограничивается еще и глубиной немодулированной канавки, величины которой она никогда не должна достигать, так как при  $A_{\max}$  больше глубины канавки отсчет этой амплитуды вверх вывел бы за пределы пластинки<sup>128</sup>.

На практике плотность канавок удается при глубинной записи значительно повысить, даже до 200 канавок на дюйм<sup>129</sup>. Это означает, что длительность игры пластинки практически удваивается.

Глубина немодулированной канавки практически не отличается от принятой ныне при поперечной записи (она равна  $\sim 75 \mu$ ), однако при указанной плотности записи оказывается вместе с тем возможным повысить  $A_{\max}$  за счет меньшего, как говорилось, уширения канавок при возрастании амплитуды, благодаря меньшему углу раскрытия.

При глубинной записи оказывается не только возможным свести к нулю гарантийный промежуток, но даже допускать в некоторых границах перекрытие соседних канавок, так как, с одной стороны, этим существенно не нарушается надежность движения иглы, а с другой — игла не получает никаких изменений в своем движении, вызванных характером соседних канавок. При поперечной записи, когда игла чувствительна именно к поперечным влияниям, пересечение с соседними канавками вызвало бы отзвук (ослабленное звучание, как бы эхо) звучания, передаваемого этими соседними канавками.

Эта возможность форсированного сближения канавок позволяет увеличить при этом глубину канавок до 150  $\mu$ , и получить соответствующее добавочное возрастание величины  $A_{\max}$ .

Если не стремиться к увеличению  $A_{\max}$ , снизить глубину канавки и допустить несколько суженный диапазон частот; как это делается при пластинках постоянной линейной скорости, то на одной стороне пластинки  $\Phi_{23}$  практически может быть при глубинной записи умещен<sup>129</sup> отрывок длительностью 30—40 мин.<sup>130</sup> Ясно, что метод глубинной записи лучше дру-

<sup>128</sup> Последнее имело место в начальных записях на фонографе Эдисона где получались отчетливые разрывы в фонограмме.

<sup>129</sup> Frederick A. A. и Harrison H. C., Vertically Cut Sound Records. Electrical Engineering 1933, 52; 3:183—8.

<sup>130</sup> Такой отрезок практически обычно достаточен для записи любого музыкального произведения или по крайней мере законченной части его.

гих разрешает проблему долгоиграющей пластинки. поскольку он может решать ее либо без существенного ухудшения звучания, либо даже с улучшением его, а если решает с некоторым ухудшением звучания, то дает исключительное возрастание длительности игры.

Ряд фирм, из которых в особенности следует назвать Pathé, давно уже выпускает на рынок пластинки, в которых канавки отвечают не поперечной, а глубинной записи. В этом случае нет, однако, места настоящей глубинной записи, так как собственно первичная запись производится обычным поперечным способом, а затем уже она механическим приемом перенесена на другой воск в виде глубинных канавок — это случай глубинной переписи, а не записи. Производится она на специальных станках<sup>131</sup>.

Ясно, что сказанное выше о преимуществах глубинной записи к этому случаю не относится.

Заметим между прочим, что на пластинки глубинной записи благодаря клиновидной форме канавок распространяется и сказанное выше о блике.

### 50. Эксцентриситет фонограммы

Роль точного центра граммофонной пластинки очень велика; неточный центр вызывает завывание пластинки, так называемое плавание звука с периодичностью, соответствующей ее числу оборотов. Эксцентриситет пластинки, к счастью, не обнаруживается как неестественное звучание, так как соответствующая ему частота 1,3 гц лежит даже своими ближайшими гармониками вне пределов слышимости.

Рассмотрим допустимые пределы эксцентриситета.

Пусть окружность радиуса  $R$ , представленная на рис. 72, изображает один виток канавки (ввиду малости шага канавки заменяем виток спирали окружностью). Пусть далее истинный центр находится в точке  $O$ , а фактически вращение происходит относительно точки  $E$ , чем и определяется эксцентриситет пластинки  $\epsilon$ . В таком случае точка  $A$  будет иметь своим радиусом вращения величину  $R + \epsilon$ , а противоположная точка  $B$  величину  $R - \epsilon$  и, таким образом, отличие в радиусах вращения точек  $A$  и  $B$  составит величину:

$$(R + \epsilon) - (R - \epsilon) = 2\epsilon.$$

С переменной радиуса изменится линейная скорость, а следовательно, и частота, снимаемая с записи постоянной частоты. Так как эти величины пропорциональны, можно сказать, что вызванное эксцентриситетом колебание частоты (т. е. отношение разности крайних значений частоты  $\Delta f$  к ее номинальному значению  $f$ ) равно отношению найденного изменения радиуса  $2\epsilon$  к номинальному значению радиуса  $R$ , т. е.

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{2\epsilon}{R}. \quad (40)$$

Таким образом, искажения частоты от эксцентриситета прямо пропорциональны эксцентриситету и обратно пропорциональны радиусу (т. е. наиболее заметны у зеркала).

На основе этой формулы можно найти величины  $\frac{\Delta f}{f}$  при разных значениях  $\epsilon$  и  $R$ ; результаты такого подсчета показаны на левой части рис. 73.

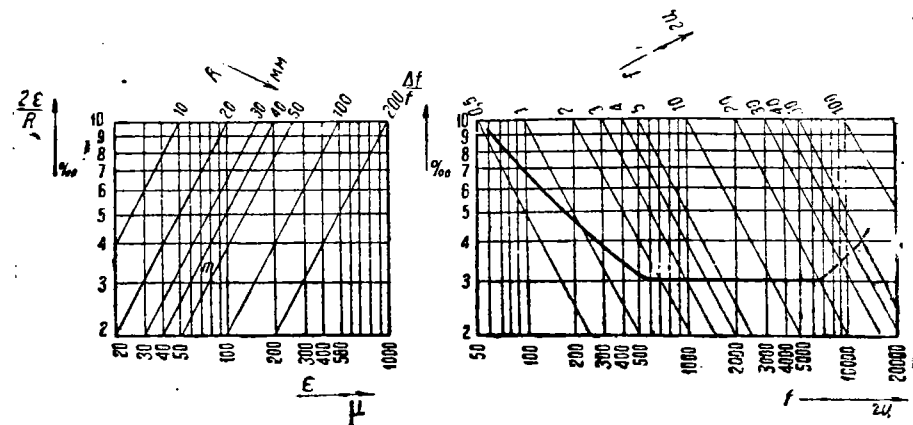


Рис. 73

Для того чтобы судить о допустимости того или иного  $\frac{\Delta f}{f}$ , вспомним, что человеческое ухо обладает на разных частотах разной чувствительностью к величине  $\frac{\Delta f}{f}$ . Чувствительность эта в зависимости от частоты показана в правой части того же рис. 73 и построена по данным Кнудсена, обсужденным в § 12.

Из сопоставления правой и левой части рисунка видно, что для того чтобы эксцентриситет не обнаруживался завыванием пластинки, необходимо, чтобы он не превышал  $85 \mu$  (точка  $m$ ). Выше этой величины на внутренних канавках ( $D'_k = 110 \text{ мм}$ ,  $R'_k = 55 \text{ мм}$ ) искажение станет заметным для уха. На внутренних канавки приходится ориентироваться, поскольку у зеркала

<sup>131</sup> См., например, герм. пат. 263488, 263662.

согласно формуле (40) эксцентриситет гораздо сильнее влияет на звучание.

Наиболее легко обнаруживается эксцентриситет на пластинках с записью чистого тона. В соответствии с данными рис. 73 при  $R$ , лежащем посреди рабочей зоны пластинки  $\Phi_{25}$ , эксцентриситет уже в 50—100  $\mu$  обнаруживается при средних частотах на слух<sup>132</sup>.

На основе ряда наблюдений над музыкальными пластинками считают<sup>133</sup>, что если эксцентриситет, допустимый при сольном исполнении на рояле, принять за единицу, то для вокально-инструментальных и симфонических записей можно допустить в 1,5 раза больший, для танцевальных и хоровых можно допустить в 2,5 раза больший при медленном темпе и в 4 раза больший при быстром темпе; для разговорных также можно допустить 4-кратный эксцентриситет. Градация эта может иметь значение лишь с точки зрения браковки, в производстве же стремятся к одинаково минимальному эксцентриситету независимо от записи.

Плавание звука — не единственная причина нежелательности эксцентриситета. Не менее важна и вторая сторона дела: неточный центр способствует усилению изнашивания граммофонной пластинки под иглой.

Это разрушение пластинки от неправильности центрального отверстия налагает не менее строгие ограничения на эксцентриситет.

В то время как при правильном центре звукосниматель будет медленно и плавно с полной равномерностью перемещаться по радиусу, наличие эксцентриситета нарушает эту равномерность, и движение звукоснимателя к центру уподобляется изображаемому известной поговоркой «два шага вперед, шаг назад».

При некоторой более малой величине эксцентриситета не имеет места это периодическое возвратное движение звукоснимателя и он лишь периодически замедляет свое радиальное движение (и даже на мгновение прекращает его), но не меняет знака этого движения; очевидно, что этот случай благоприятней первого.

Условия образования болтающегося движения звукоснимателя удобней всего пояснить с помощью рис. 74. На этом рисунке по абсциссам предполагаются отложенными углы пово-

рота граммофонной пластинки, причем так, что между точками  $A$  и  $A_1$  лежит угол в  $360^\circ$ , таким образом линии  $AB$  и  $A_1B_1$  представляют собой один и тот же радиус пластинки. По ординатам предполагаются отложенными расстояния до центра вращения, находящегося вне рисунка.

На рис. 74, III прямые  $abc$  и  $def$  представляют в избранных координатах геометрические места точек, расположенных на постоянном расстоянии от центра вращения. Эти кривые соответствуют в нашем случае осевым линиям двух замкнутых концентричных кольцевых канавок. Расстояние между осями этих кольцевых канавок  $\Delta$  примем равным шагу спиральной канавки. В этом случае прямая  $agf$  представит в наших координатах спираль, по которой движется острие иглы<sup>134</sup>.

Рис. 74, I и 74, II относятся к тому случаю, когда имеет место эксцентриситет замкнутых кольцевых канавок относительно центра вращения. В этом случае линии  $abc$  и  $def$ , представляющие расстояние острия иглы, движущегося в этих кольцевых канавках, от центра не будут более прямыми. Линии  $agf$ , изображающие интересующее нас движение острия иглы по эксцентрической спирали, получатся добавлением к ординатам кривых  $def$  соответствующих ординат прямой  $agf$  (эти ординаты показаны вертикальной штриховкой).

В случае I звукосниматель, очевидно, приближается к центру, временами совершая обратное движение, а в случае II он возвратного движения не совершает, но скорость прямого движения неравномерна. Наконец, в случае III звукосниматель приближается к центру с постоянной скоростью.

Можно показать, что при  $2\varepsilon \geq \frac{\Delta}{2}$  имеет еще место случай I; но уже и при этом  $\varepsilon = 0,25$   $\Delta$  составляет при  $\Delta_2 = 265 \mu$  около  $65 \mu$ .

Таким образом, требования, предъявляемые к эксцентриситету под этим углом зрения, еще жестче требований слуховых. Практически перемена в знаке движения мембраны явление очень обычное. При этом участок наименьшей крутизны

<sup>134</sup> Ради превращения окружностей и спиралей в прямые линии (что упрощает дальнейшие построения) и выбраны принятые на рис. 74 координаты.

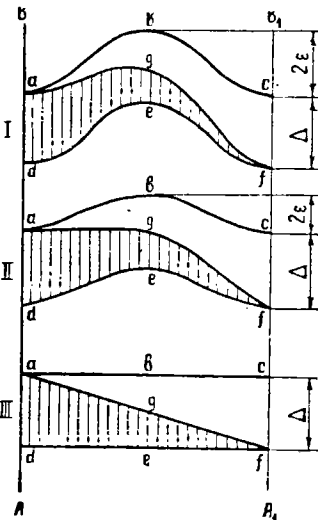


Рис. 74.

<sup>132</sup> Wilson P. и Webb G. W. указывают в своей книге (Modern Gramophones and Electrical Reproducers. London 1929 г., стр. 252), что хороший слух обнаруживает уже эксцентриситет в  $1/100''$ . Величина в  $85 \mu$ , найденная на основе данных Кнудсена, не может считаться приемлемой, так как частое сопоставление, происходящее при проигрывании пластинки с эксцентриситетом, облегчает распознавание.

<sup>133</sup> Аполлонова Л. П., Искажения при смещении центра грампластинок. Отчет о работе Гос. Союз. Лабор. Звукозаписи, 1936 г.

кривой *agt*, следующий за перегибом ее, отвечает местам, несущим наибольшую нагрузку, так как именно этот момент соответствует рывку звукоснимателя. В практических условиях дело усугубляется еще тем, что к эксцентриситету пластинки относительно центра записи прибавляется эксцентриситет центра записи относительно центра вращения вследствие несоответствия размера центрального отверстия пластинки с размером шпинделя граммофона.

Практически эксцентриситет хороших пластинок составляет в среднем 50—100  $\mu$  и редко достигает 150  $\mu$ , еще реже 200—300  $\mu$ ; в плохих пластинках приходится замечать эксцентриситеты даже в 500  $\mu$ , но такая величина обращает на себя внимание даже самого нетребовательного слушателя.

## Глава VI

### ШИПЕНИЕ ГРАММОФОННОЙ ПЛАСТИНКИ

«Граммфон шумит больше фонографа, но к этому очень легко привыкнуть». Так проповедывали<sup>135</sup> граммофонные фирмы в период конкуренции с фирмами фонографов. Теперь взгляд на шипение иной: хотя к шипению можно «привыкнуть», хотя от шипения можно отвлечься, все же шипение считается главным бичом граммофонной пластинки. Оно не только непосредственно раздражает при слуховом восприятии, но, что особенно существенно, накладывает ограничения на другие важные технические характеристики граммофонной пластинки. Поэтому на шипении необходимо остановиться особо.

Проводя смычком по игле, вставленной в звукосниматель граммофона, можно при известном умении производить музыкальные звуки<sup>135а</sup>. Назначение смычка здесь таково же, как при игре на струнных инструментах, например на скрипке. Смычок, натертый канифолью, прилипает к струне, оттягивая ее в сторону; когда сила упругости струны достигает величины силы трения, струна отскакивает обратно, но вновь зацепляется смычком и совершает таким образом колебания, т. е. издает звук.

Это возникновение звука от трения смычка об иглу, укрепленную в звукоснимателе, представляет некоторую аналогию проигрыванию граммофонной пластинки, где имеет место непрерывное трение пластинки об иглу, — трение, которому сопутствует характерный звук — ш и п е н и е п л а с т и н к и<sup>136</sup>.

«Всякое трение ритмично» говорит Тиндаль<sup>137</sup>, приводя примеры музыкального звучания не только от трения между твердыми телами, как в приведенном только что примере

<sup>135</sup> Офиц. Известия Аки. о-ва „Граммфон“ № 3, стр. 9, Москва, 1908.

<sup>135а</sup> При видоизменении иглы этим путем можно превратить граммофон в музыкальный инструмент, можно играть на граммофоне. Автору пришлось слушать передачу по радио подобной игры, но не удалось установить исполнителя.

<sup>136</sup> В соответствии с тем, что говорилось в предыдущей главе, и шипение не есть, конечно, звук, издаваемый пластинкой, а лишь вызываемый ею.

<sup>137</sup> Тиндаль Д., Звук (пер. с англ.). 1922. Лекция 6, § 1.

смычка, но и от трения между твердым и жидким телом (например звучание воды от трения ее о край отверстия, из которого она вытекает) и даже от трения между твердым телом и газом (свист летящей пули, вой ветра).

Таким образом, прежде чем говорить о шипении, предстоит ознакомиться с самим явлением трения.

## 51. Трение

Мнение о том, что отклонение формы поверхности от геометрически правильной является первопричиной трения — общераспространено. Однако, это требует уточнения.

Прежде всего будем различать поверхности гладкие и ровные, смотря по величине отклонения от плоскости. Негладкой поверхностью будем называть такую, которая имеет много мелких (относительно общих размеров предмета)

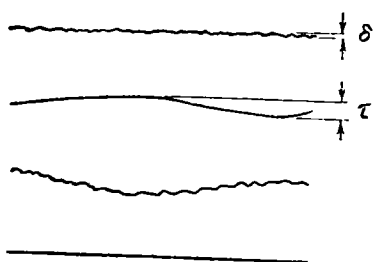


Рис. 75.

отклонений от правильной формы плоскости, а неровной такую, которая имеет более крупные, но малочисленные отклонения от плоскости.

Различие между этими понятиями схематически показано на рис. 75, где представлены (сверху вниз) поверхности: негладкая ровная, гладкая неровная, негладкая неровная и гладкая ровная<sup>138</sup>.

Чтобы дать представление о количественной мере негладкости поверхностей, приведем некоторые данные, характеризующие негладкость стали после различных обработок<sup>139</sup>; негладкость характеризуется здесь максимальной высотой отдельных негладкостей  $\delta$  (смысл  $\delta$  см. рис. 75):

грубо обточенная . . . . .	6—100 $\mu$
начисто обточенная . . . . .	10—28 $\mu$
после напильника . . . . .	10—20 $\mu$
полированная наждаком . . . . .	2,0—2,5 $\mu$
после шлифовки . . . . .	2—4 $\mu$

Напротив неровность поверхности следовало бы характеризовать наибольшей высотой отдельных неровностей  $\tau$  (рис. 75). Наиболее наглядное изображение неровности получают, если показать их графически, нанося линии равной

высоты — изогипсы (или горизонтали), как это принято делать при построении гипсометрических карт какой-либо местности.

На рис. 76 показано изображение неровности двух пластинок этим способом. Для наглядности взяты сильно коробленные (желатиновые) пластинки; цифры означают миллиметры; этот метод разумеется применим и при менее значительных отклонениях от плоскости.

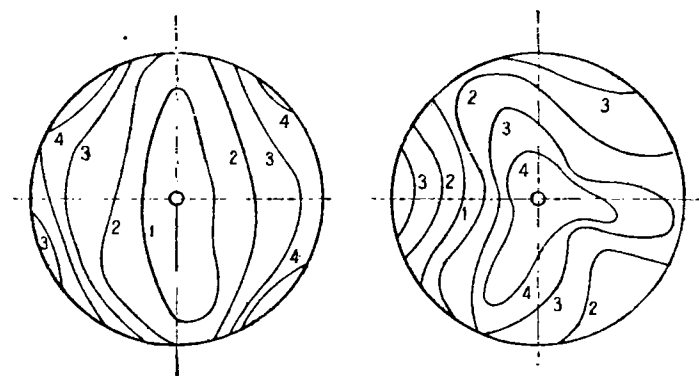


Рис. 76.

Говоря все время об отклонениях от идеально геометрической плоскости и имея в виду, что отклонения эти должны быть в нашем случае минимальными, надо сразу же сказать, что геометрически правильных плоскостей в реальности вообще неизвестно.

Принято считать, что образцом плоскости в природе является поверхность спокойной жидкости, а в технике — оптическое зеркальное стекло. И то и другое представление верно лишь в известных пределах. Благодаря шаровидности земли «плоскость» воды представляет участок сферы с радиусом кривизны в  $6,3 \cdot 10^9$  мм, что при длине в 1 м дает стрелку в  $\sim 0,02 \mu$ . Такого же порядка точность плоскости оптического стекла: первоклассной оптической плоскостью считается такая, отклонение которой не превышает 5% длины волны<sup>140</sup>, т. е., например, для зеленых лучей при  $\lambda \approx 0,5 \mu$  должно быть  $\delta \neq 0,025 \mu$ .

Еще ниже степень приближения к плоскости у металлических поверхностей высшего класса точности. Таким изделием являются концевые меры с плоскопараллельными поверхно-

<sup>140</sup> Максудов Д. Д., Оптические плоскости, их исследование и изготовление, 1934.

<sup>138</sup> По Schmaltz G. Über Glätte und Ebenheit als physikalisches Problem VDI 1929, 73; 41:1461.

<sup>139</sup> Kiewewetter W. Untersuchung verschiedener Methoden zur Bestimmung der Unebenheiten (Rauhigkeiten) von Metallflächen. Diss. Dresden. 1931. Auszug. Forschung 1932, 3; 2:103.

стями — так называемые иогансоновские плитки с зеркальной полировкой — в них допускаются <sup>141</sup> отклонения порядка 0,1  $\mu$ .

Поверхности столь высокой степени близости к геометрической плоскости всегда обладают зеркальным блеском, независимо от материала, из которого они изготовлены. Зеркальный блеск этих поверхностей объясняется их высокой отражательной (низкой рассеивающей) способностью, в свою очередь вызванной тем, что максимальная величина негладкостей  $\delta$  имеет у них значения меньшие, чем длина световых волн (имеющая для фиолетовых лучей значения  $\sim 0,3 \mu$  и для красных  $\sim 0,8 \mu$ ). Отсюда ясно, что требование зеркального блеска, предъявляемое к граммофонной пластинке, не есть лишь декоративное, а глубоко связано с шипением: чем больше пластинка блестит, тем слабее, следовательно, она производит диффузное рассеяние света, тем она глаже, тем меньше шипит.

Однако тут же уместно заметить, что даже столь высокое приближение к геометрической правильности формы, как в приведенных выше примерах, не обеспечивает уничтожения трения. Даже оптические стекла столь высокой степени полировки все же обнаруживают на опыте достаточно высокий коэффициент трения; приходится сделать вывод, что это трение обусловлено не столько упомянутыми выше неровностями, сколько неровностями размеров молекулярного порядка <sup>142</sup>.

Заставляя иглу звукоснимателя перемещаться по поверхности зеркального стекла, можно совершенно отчетливо услышать шипение <sup>143</sup>.

Трение к тому же сопровождается отделением мельчайших частиц от поверхности обоих трущихся тел <sup>144</sup>, что, в свою очередь, нарушает начальную гладкость. Наглядным примером подобного истирания тела от трения может служить оставление следа от трения карандаша по бумаге.

Из всего рассмотренного приходится сделать вывод о практической невозможности найти такой материал для граммофонных пластинок, который обеспечивал бы полное уничто-

жение трения о его поверхность и полное исключение явления шипения <sup>145</sup>.

Задачу, однако, не следует ставить так абсолютно: достаточно снизить шипение до того уровня, при котором оно окажется ниже порога слуха, чтобы мы перестали его замечать.

Возможно также поставить перед собой задачу отфильтровать это шипение, ослабить его в процессе звуковоспроизведения. Такой путь будет рассмотрен ниже. Для того чтобы он стал ясен, необходимо ознакомиться с шипением как звучанием — с звуком шипения.

## 52. Спектр шипения

Для изучения звука шипения граммофонной пластинки можно снять его спектр упоминавшимся выше (§ 23) методом ищущего тона.

На рис. 77 показаны кривые, снятые с пластинок молчания (т. е. пластинок, на которых имеется лишь немодулированная осевая спираль) двух немецких фирм <sup>146</sup>.

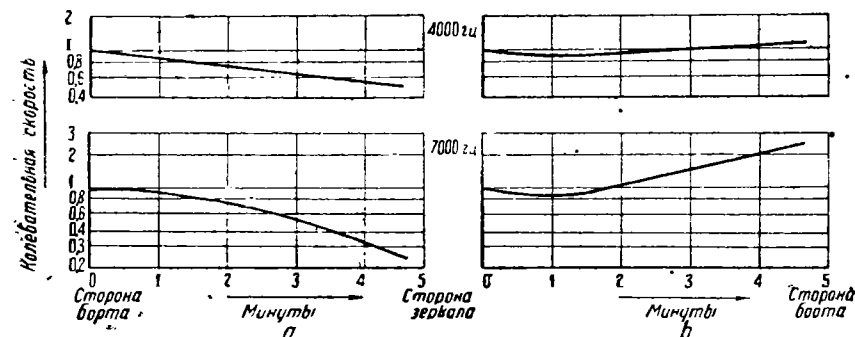


Рис. 77.

На приведенных рисунках ординаты даны в относительных величинах, а абсциссы в единицах времени проигрывания; практически, таким образом, абсциссы характеризуют место на пластинке и одновременно притупленность иглы. Начальное значение принято на графиках условно равным единице.

<sup>145</sup> При воспроизведении граммофонной пластинки с помощью радиогаммофона к шипению граммофонной пластинки присоединяется еще специфический фон. Фон этот также может быть правильной конструкцией усилителя сведен к минимуму, но не к нулю, ибо некоторые его источники принципиально неустранимы (например шротт-эффект в электронных лампах и др.). В дальнейшем, говоря о шуме, имеется в виду исключительно шум, связанный с самой пластинкой.

<sup>146</sup> Buchmann G. u. Meyer E. Über den Frequenzbereich des Nadelgeräusche bei Schallplatten. ENT 1931, 8; 5: 218—23.

<sup>141</sup> DIN 861.

<sup>142</sup> Дерягин Б. В., Новый закон трения и скольжения. Сорена 1934, 8: 33—48. Подробности см. Z. Phys. 1934, 88, 651.

<sup>143</sup> К сожалению, у автора не нашлось цифр, пригодных для сопоставления трения стали (иглы) о разные материалы, применяемые для изготовления граммофонных пластинок. Нужно при этом заметить, что при малых площадях и больших давлениях сопротивление трения уменьшается (Арчбютт Л. и Дилей Р., Трение, смазка и смазочные материалы, 1934, пер. с англ. стр. 70), а столь высокими нагрузками, какие имеют место при проигрывании пластинки иглой, основная отрасль, имеющая дело с трением, — машиностроение — не интересуется; в машиностроении нельзя применять материалы, столь быстро изнашивающиеся, как сталь иглы в данном случае.

<sup>144</sup> Хвольсон О. Д., Курс физики, Берлин 1923, т. 1, стр. 632.

Случай *a* при этом соответствует проигрыванию от борта к центру, а случай *b* — проигрыванию от центра к борту. Каждое проигрывание велось свежей иглой и, таким образом, в случае *a* у борта была свежая игла, в случае *b* — уже притупившаяся.

Такое двойное проигрывание позволяет элиминировать влияние притупления иглы по мере проигрывания.

Кривые приведены здесь лишь для 7000 гц и 4000 гц, так как при более низких частотах кривые обнаруживают практическую независимость от направления проигрывания и от места на пластинке.

Для обеих приведенных частот высокие тоны оказываются сильнее выраженными у борта пластинки, нежели у зеркала, как в случае свежей, так и в случае притупленной иглы. Однако, если бы в случае *b*, как и в случае *a*, за единицу была принята колебательная скорость у борта, было бы более наглядно видно, что по мере затупления иглы высокие тоны звука шипения оказываются менее интенсивными у зеркала, чем у борта.

Все эти наблюдения легко объясняются, если учесть, что игла, проигрывающая пластинку, притупляется. Поскольку шипение вызвано негладкостью поверхности, отдельные шероховатости этой поверхности искажающими добавлениями к фонограмме. Мы уже знаем, однако (§ 45), что один и тот же вид фонограммы различно читается иглою у зеркала и борта соответственно разной линейной скоростью.

Тон одинаковой высоты вызывается у зеркала и у борта шероховатостями *разной* величины (более крупными — у борта), и естественно, что притупившаяся игла, способная еще реагировать на крупные шероховатости, становится мало чувствительной к мелким, она передает поэтому хуже у зеркала высокие составляющие шипения (как передает в этом случае хуже и высокие частоты самой записи).

Сняв с помощью таких же игл частотную характеристику самого адаптера и учтя эту частотную характеристику как поправочную кривую, можно, наконец, построить и сам спектр шипения пластинки (этот спектр в отличие от приводившихся в § 23 спектров инструментов имеет ординатой колебательную скорость).

Найденные таким путем кривые <sup>146</sup> представлены на рис. 78; здесь кривая *a* относится к записи у зеркала пластинки, кривая *b* — к записи посередине, кривая *c* — к записи у борта пластинки. Иначе говоря, для пластинки, проигранной в обычном направлении (от борта к центру), *c* отвечает новой игле, *b* — частично притупившейся и *a* — прошедшей всю пластинку.

При рассмотрении этих кривых прежде всего обращает на себя внимание минимум в полосе 400—600 гц; наличие его

следует объяснить тем, что на низких и на высоких частотах имеют место две совершенно различных причины шипения: у 400 гц практически кончается влияние причин, вызывающих низкие тоны, у 600 гц начинает обнаруживаться влияние причин, вызывающих высокие тоны.

В качестве причины, вызывающей *низкие* тоны, естественно было бы предположить передачу пластинке сотрясений граммофонного механизма. Этот низкий тон работы механизма или мотора можно услышать непосредственно ухом; упирая иглу звукоснимателя в ящик граммофона, можно сделать этот низкий тон более отчетливым. Все же это первое объяснение несостоятельно, так как, когда возможность передачи сотрясений привода с помощью особых предосторожностей была исключена, кривые все же сохранили прежний характер — именно эти последние кривые и представлены на рис. 78.

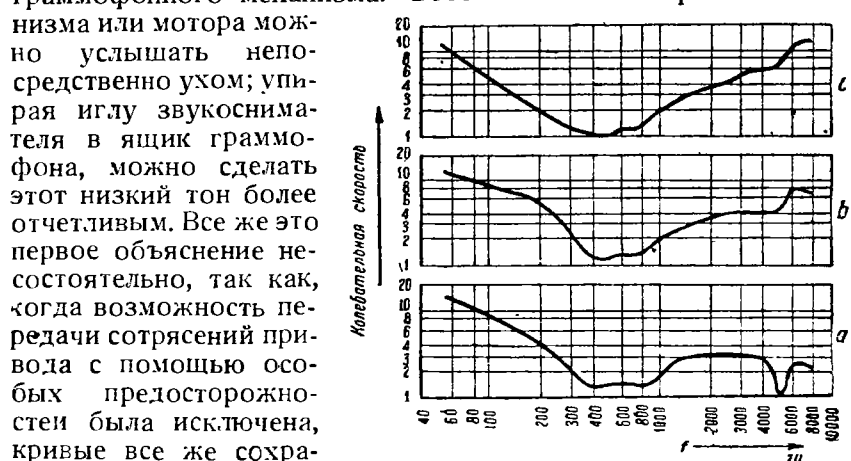


Рис. 78.

Приходится поэтому искать еще другие источники. Бухман и Мейер, авторы описываемых наблюдений, установили в одном случае дефект в условиях записи, но полагали, что обычно причину следует искать в неровностях поверхности пластинки. Эти неровности значительно меньше изображенных на рис. 76 и обнаруживаются по кривизне контуров прямолинейных предметов, отражающихся в пластинке.

Что касается причин, вызывающих *высокие* тоны, то они несомненно связаны с негладкостью поверхности канавок пластинки.

Из кривых рис. 78 видно, что низкие тоны обладают едва ли не большей интенсивностью, нежели высокие. Лишь свойствами нашего уха следует, таким образом, объяснять субъективную оценку шипения, как состоящего преимущественно из высоких звуков. Все же, считаясь с этим, основное внимание следует обратить на причину, вызывающую высокие тоны в шипении.

Рассматривая правую часть кривых рис. 78 и сравнивая кривые *a*, *b* и *c*, заметим, что значение высоких компонентов в спектре уменьшается по мере приближения к центру, так



как происходит объясненное при рассмотрении рис. 77 ухудшение передачи высоких частот вообще и высоких компонентов шипения в частности<sup>147</sup>; по той же причине проигрывание пластинок с меньшим числом оборотов вызывает относительно уменьшение высоких частот в спектре шипения.

В случае новой иглы (кривая с) подъем кривой носит линейный характер<sup>148</sup>; другими словами, при незатупленной игле колебательная скорость возрастает пропорционально частоте и, следовательно, для этих частот можно говорить о постоянстве амплитуды кончика иглы. Вычисление дает для нее значение  $A = 3 \cdot 10^{-5}$  мм, т. е. 0,03  $\mu$ <sup>148a</sup>.

Не следует, однако, смотреть на приведенные кривые как на нечто абсолютное, так как отклонения между пластинками разных фирм и даже между отдельными иглами могут в деталях изменять характер спектра.

### 53. Аналитическая характеристика шипения

Первая попытка дать аналитическое выражение для явления шипения граммофонной пластинки сделано в 1934 г. сотрудником лаборатории фирмы Telefunken Котовским. Ввиду громоздкости вывод этот не может здесь быть полностью приведен<sup>149</sup>.

Котовский, опираясь на сплошной характер спектра шипения, рассматривает шипение как мнимую длительную запись всех тонов с постоянной амплитудой  $A$  мм. Величина этой амплитуды связывается им с диаметром соответствующего шероховатости зерна  $d$  (мм) выражением

$$A = 0,36 \sqrt{\frac{d^3}{v}}, \quad (41)$$

<sup>147</sup> На граммофонных пластинках, отпрессованных из текстолита и сохраняющих частично на поверхности структуру материи, понижение тона шипения по мере приближения к центру становится уловимым и для мало опытного слуха.

<sup>148</sup> Интересно отметить, что частотный спектр шипения при пластинках глубокой записи не меняет своего характера, также обнаруживая плавный подъем уровня шипения с возрастанием частоты; спектр этот см. на рис. 3 в статье Frederick H. A. и Harrison H. C. I. c. (сноска 129). Вместе с тем при рывании глубоких пластинок, обычно производимое при меньшей скорости вращения, сдвигает весь спектр шипения вниз.

<sup>148a</sup> В статье Бухмана и Мейера не приведены, к сожалению, единицы, в которых отложена скоростная амплитуда. Полагаем, что единицей служит скорость 0,1 мм/сек. В таком случае на рис. 78, с установим, что 500 гц отвечает  $x' = 0,1$  мм/сек, 1000 гц отвечает  $x' = 0,2$  мм/сек, 2000 гц отвечает  $x' = 0,4$  мм/сек. Из всех этих значений вытекает соотношение  $x' = 2 \cdot 10^{-4} f$ . Но так как  $x' = 2\pi f A$ , то, следовательно,  $2\pi A = 2 \cdot 10^{-4}$ , откуда  $A \approx 3 \cdot 10^{-5}$  мм.

<sup>149</sup> См. Kotoski P., Das Rauschen von Phonogrammträgern, KT 1934, 16; 18: 294—6. Его же, Zur Theorie des Schallplattenrauschens, KT 1934, 16: 21: 341—2.

где  $v$  — линейная скорость конца иглы относительно пластинки по формуле (31), но выраженная в мм/сек.

К этому выражению Котовский приходит, принимая равновероятными все отклонения отдельных зерен (для простоты шаров одного диаметра) от истинной линии фонограммы (на малом участке — прямой) и полагая при этом, что импульс, передаваемый игле от отдельного зерна, имеет синусоидальную форму.

Для эффективной суммы  $E_{\text{ш}}$  отдельных напряжений составляющих шипение тонов он находит далее значение:

$$E_{\text{ш}} = 0,28 \cdot \frac{E_m(f_n + f)}{f \cdot a} \cdot \sqrt{\frac{d^3 \cdot f_0^3}{v}}, \quad (42)$$

где  $E_m$  — максимальная достижимая величина снимаемого напряжения тона,  $f$  — частота записанного тона,  $f_n$  и  $f_0$  — частоты, значения которых выяснены в § 46 (рис. 65),  $a$  — амплитуда канавки при частоте  $f_n$ .

Таким образом, относительное напряжение шипения к максимальному достижимому эффективному полезному напряжению  $E_{\text{ш}}$ , равно:

$$\epsilon_{\text{rel}} = \frac{E_{\text{ш}}}{E_m} = 0,28 \cdot \frac{f_n + f}{f \cdot a} \sqrt{\frac{d^3 \cdot f_0^3}{v}}. \quad (43)$$

Отсюда видна большая зависимость относительной величины шипения от  $f_0$ , так как оно пропорционально 1,5-й степени этой наимышей из линейно передаваемых частот; в то же время оно обратно пропорционально  $\sqrt{v}$ , тем самым  $\sqrt{D}$ . Мы знаем, однако, что верхняя граница передаваемой частоты падает с уменьшением  $D$  и потому относительное шипение может оставаться постоянным или даже падать.

Для  $A = 3 \cdot 10^{-5}$  мм и остальных данных Бухмана и Мейера формула Котовского (41) позволяет найти величину  $d$ ; величина эта оказывается равной 5—6  $\mu$ . Учитывая эту величину и сопоставляя ее с радиусом кончика иглы — величиной порядка 30  $\mu$ , — Котовский считает, что более правильным было бы принять, что иглу ведут по меньшей мере три зерна (а не одно, как это принималось при выводе приведенных выше формул), соответственно чему относительное напряжение шипения окажется равным лишь около 40% вычисленной по приведенным формулам величины.

Вычисление относительного напряжения шипения по данным Бухмана и Мейера приводит к величине  $\epsilon_{\text{rel}} = 3\%$ ; однако Котовский считает, что Бухман и Мейер промеряли

относительно плохую пластинку; при  $d = 2 \mu$  он находит для  $\epsilon_{rel}$  значение 1%.

#### 54. Динамический диапазон

Вычисленная величина  $\epsilon_{rel}$  очень интересна с точки зрения динамического диапазона граммофонной пластинки.

В § 27 динамический диапазон музыкального исполнения был оценен в 70 дб. Естественно было бы желать, чтобы динамический диапазон граммофонной пластинки, воспроизводящей это исполнение, не был более узким.

Динамический диапазон любого воспроизводящего устройства и граммофонной пластинки в том числе ограничивается сверху предельной возможной для данного устройства силой звуков и снизу существующим уровнем помех.

Верхним ограничением для граммофонной пластинки, как говорилось в предыдущей главе, является близость соседних канавок, нижним является шипение граммофонной пластинки. Воспроизведение граммофонной пластинки через адаптер и усилитель не меняет картины, так как усилителем в равной мере будут усилены как нижний, так и верхний предел и отношение их останется неизменным. Поэтому-то динамический диапазон и характеризуют отношением двух этих пограничных значений.

Величина  $\epsilon_{rel} = 1\%$  означает отношение напряжений 1:100, что соответствует динамическому диапазону в 40 дб, а величина  $\epsilon_{rel} = 3\%$  — даже лишь до 30 дб. Эти цифры легко находятся по рис. 10, так как для отношения напряжений можно пользоваться шкалой  $\frac{E}{E_1}$  (той же, что и для  $\frac{P}{P_1}$ ). Таким образом величина  $\epsilon_{rel}$  сразу указывает на узость динамического диапазона граммофонной пластинки. Точнее говоря, мы должны считать, что диапазон записи еще уже на 5—10 дб, так как pianissimo исполнения должно *перекрывать* шипение хотя бы на эту величину. «Блик шипения», т. е. блик на молчании, составляет около 2 мм. Поэтому запись ведут обычно в пределах блика 5—45 мм.

Прямые промеры динамического диапазона многих граммофонных пластинок дали<sup>150</sup> следующие средние результаты, выраженные в отношениях звуковых давлений:

танцевальная музыка и марши . . .	12—20
рояль (дуэт) . . . . .	40—50
оркестр . . . . .	60
оркестр с солистами . . . . .	80—100

Переведя эти цифры в децибеллы, мы также найдем, что динамика граммофонной пластинки по этим наблюдениям составляет максимально 40 дб.

В одном случае, впрочем<sup>151</sup>, найдено отношение давлений 160, т. е. 44 дб, что является предельной для граммофонной пластинки величиной.

В пластинках глубинной записи, о которых говорилось в предыдущей главе, динамический диапазон удается расширить за счет увеличения  $A_{max}$ , а именно на 4 дб при глубине канавки в 75  $\mu$  и на 6 дб при глубине канавки в 150  $\mu$ . Поэтому пластинки глубинной записи удалось при соблюдении технологического процесса, обеспечивающего минимальный уровень шипения, приготовить с динамическим диапазоном в 60 дб.

На рис. 79 показано в зоне слуховых ощущений положение области звуков, издаваемых при игре большого симфонического оркестра, и положение области звуков, воспроизводи-

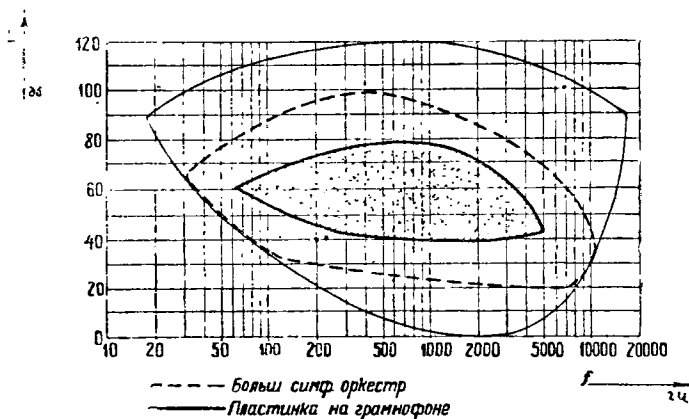


Рис. 79.

мых с помощью граммофонной пластинки при передаче этого исполнения. Этот рисунок является лишь ориентировочным; он полезен своей наглядностью, так как демонстрирует роль одновременной сжатости частотного и динамического диапазона в нормальной граммофонной пластинке.

Из этого рисунка видно также, что в среднем громкость музыкального исполнения лежит около 65 дб и там же лежит средняя громкость граммофона (ср. с рис. 33).

Нижняя граница громкости исполнения граммофона лежит при 35—40 дб, перекрывая, таким образом, не только гром-

<sup>150</sup> Wagner K. W., Der Umfang der Lautstärken in Musik. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Phys.-Math. Klasse 1932. 25; 372—93.

<sup>151</sup> Перепись ария Карузо на пластинке Electrola, DB 144. Wagner, I. c.

кость шипения пластинки, но и громкость всех шумов, имеющих в обычной городской комнате и лежащих в среднем при 25—35 дб.

Верхняя граница громкости исполнения граммофона лежит при 75—80 дб. Не следует думать, что эта верхняя граница ограничивается только техническими соображениями. Напротив, «пиковая громкость передачи должна быть такой, чтобы она, с одной стороны, давала достаточный эффект, а с другой — не слишком мешала соседям, как слушающим другую передачу, так и вообще ничего не желающим слушать»<sup>152</sup>.

Таким образом, как правило, на граммофонной пластинке осуществляется суженный динамический диапазон; этот процесс ущемления широкого естественного диапазона в границах узких возможностей граммофонной пластинки составляет одну из существеннейших особенностей техники записи и осуществляется с помощью так называемого микширования, о котором будет сказано несколько подробнее в гл. VIII. Там же будет указано на способ, позволяющий расширить динамический диапазон граммофонной пластинки.

В заключение этой главы следует подчеркнуть, что шероховатость поверхности канавок не только приводит к шипению пластинки, но, кроме того, и к сужению динамического диапазона. Таким образом, шероховатость пластинки вредна даже в том случае, когда вызываемое ею шипение снижено специальными приемами ниже порога слышимости.

Поэтому задачей производства, рассмотрение которого мы начинаем в следующей части, является придание поверхности возможной гладкости, однако с сохранением всех измеряемых микронами деталей фонограммы.

<sup>152</sup> Сухаревский Ю. М., Современная электроакустика и вещание по проводам, М. 1936, стр. 25.

### 55. Деление процесса

Весь процесс производства граммофонных пластинок разбивается на два отличных по своему характеру этапа. Первым из них является запись исполнения. Вторым этапом является размножение этих записей.

Часто лишь второй этап называют собственно производством граммофонных пластинок. Отличие между характером этих двух этапов очень велико; у очень многих фирм запись бывает даже территориально отделена от собственно производства граммофонных пластинок, находясь подчас в десятках километров от него и имея самостоятельную хозяйственную организацию.

Каждый из этих двух этапов может быть разделен, в свою очередь, на ряд отдельных элементов, соответствующих цехам.

Так, в записи различают студии (где происходит исполнение) и аппаратные (где производят самую запись). К записи же может быть отнесен и восковой цех (приготавливающий воскоподобный состав, на котором производится запись).

Размножение происходит в два приема. Сперва размножают инструмент, служащий для прессования, — приготавливают матрицы, затем с помощью этого инструмента размножают уже собственно копии записей, получая, таким образом, пластинки.

Оба процесса размножения носят совершенно различный характер: приготовление инструмента осуществляется гальваническим путем, приготовление граммофонных пластинок — прессованием из пластических масс.

Можно различать следующие производственные части, участвующие в выполнении этих процессов размножения: гальванический цех (получающий в несколько стадий с воска металлические матрицы-копии), подготовительный цех (изготавливающий массу, служащую для прессования из нее граммофонных пластинок) и прессовый цех.

(в котором происходит придание массе формы грампластины с помощью металлических матриц).

Кроме того, имеются заключительный цех (производящий отделку пластинок, отбраковку дефектных и упаковку доброкачественных) и вспомогательные цеха (полиграфический, картонажный, ящичный).

На обслуживающих цехах (ремонтно-механическом, энергетическом и т. д.) мы вовсе не будем останавливаться.

### 56. Схема производства

Работа всех основных цехов будет рассмотрена ниже. Вместе с тем, чтобы сразу же дать цельное представление о производственном процессе, изложим в сжатом виде, опуская детали и варианты, общий принципиальный ход производства. Для наглядности на рис. 80 тот же процесс сведен в схему.

Запись производится на воскоподобном сплаве, называемом в производстве сокращенно воском. Для производства записи необходимо приготовление восковых дисков определенных размеров и с совершенно гладкой поверхностью. Для этой цели в восковом цехе готовят сплав, очищают, плавят и отливают из него болванки; последние подвергаются сперва обточке для предварительного придания формы, а затем шлифовке до зеркального блеска.

При записи исполнители помещаются в студии и там же располагается один или несколько микрофонов. С микрофонов ток через пульт, на котором производится микроширование, подается на усилители и оттуда на записывающий станок. Исполнение записывают практически несколько раз (пробные записи).

Воск наиболее удавшегося исполнения поступает в гальванический цех, где для снятия с воска металлической негативной копии воск прежде всего покрывают проводящим слоем (в дальнейшем для краткости обозначаемым ПС).

Затем в гальванном цехе производят наращивание металла до такой толщины, которая позволит обращаться с этим металлом без боязни его повредить. После этого металл отделяют от воска. Этот воск не пригоден для дальнейшего снятия с него металлических копий и, как и воск пробных записей, может быть возвращен восковому цеху).

К сожалению, негатив, полученный с воска, не обладает такой прочностью, чтобы с него было возможно снятие многотысячного тиража грампластинок без его повреждения. К тому же естественно, что весь труд и все затраты, произведенные на запись, воплощены теперь в этом металли-

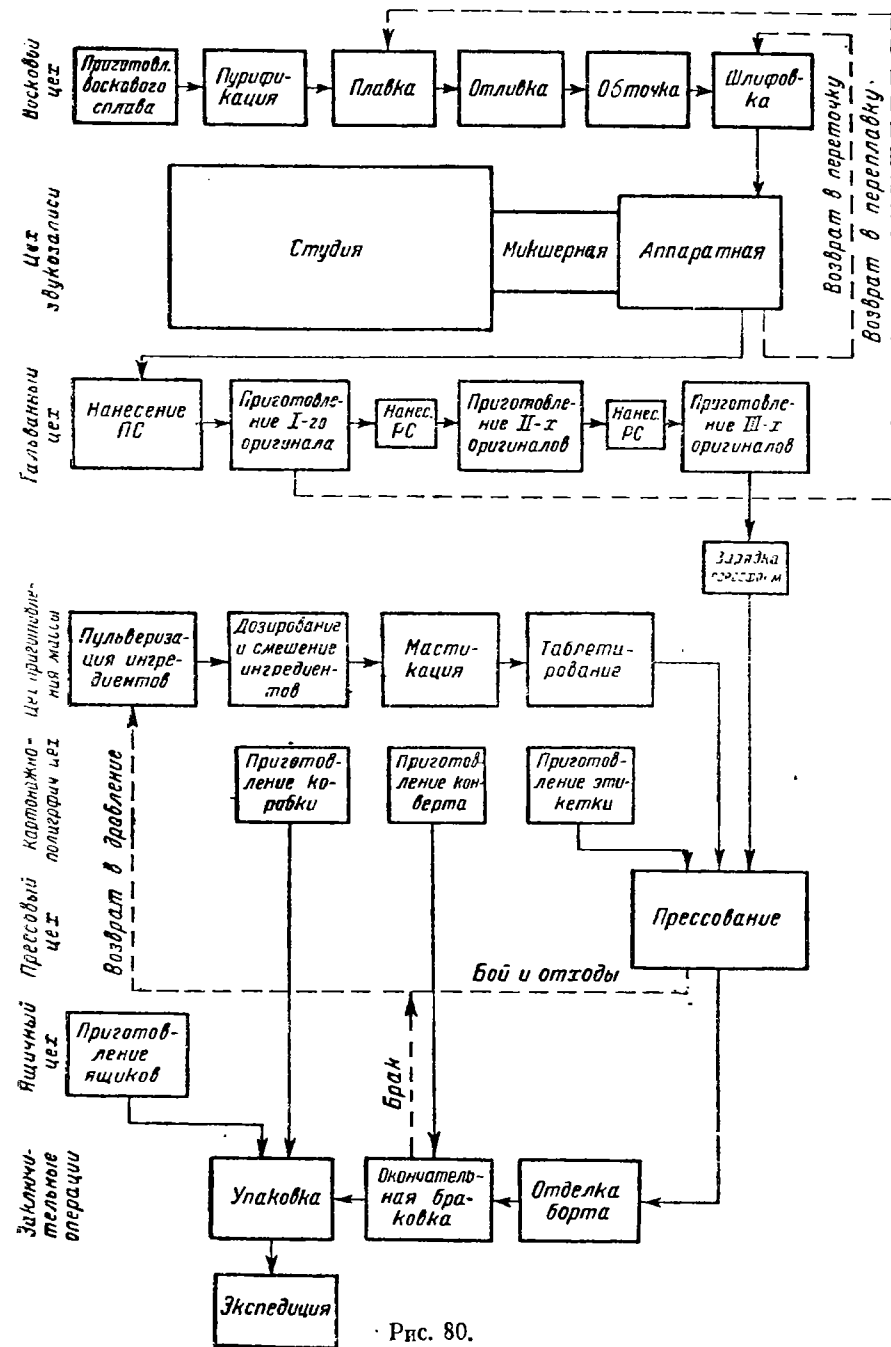


Рис. 80.

ческом негативе, который в силу этого представляет очень большую ценность. Поэтому полученный металлический негатив никогда не применяется в качестве инструмента для массового прессования граммофонных пластинок.

Приходится, таким образом, готовить копии этого металлического негатива и их уже применять для прессования. Не известны способы, которые позволили бы для приготовления с негатива копии избежать перехода через стадию геометрически обращенной формы. Поэтому процесс снятия копии происходит в два приема — сперва получают обращенную копию (соответствующую по своей конфигурации воску и пластинке и, следовательно, не пригодную для прессования), а с нее уже окончательную негативную.

Все металлические позитивные и негативные копии называются оригиналами, причем I оригиналом называется снятый с воска негатив, II оригиналом — снятый с I оригинала позитив, III оригиналом — снятый со II оригинала негатив.

Понятия позитив и негатив рассматриваются по отношению к воску: позитивно все, что имеет тождественную с воском форму (например, пластинка является позитивом относительно воска, позитивен II оригинал), негативно все, что имеет обращенную форму. Для прессования пригодны только негативы, так как лишь они дают изделию очертания позитива.

На рис. 81 в разрезе через канавку показаны описанные переходы.

Приготовление II и III оригиналов производится гальвано-пластическим путем. Поэтому, чтобы отделить оригиналы друг от друга, необходимо применение специального разделительного слоя (обозначаемого в дальнейшем для краткости РС), который, не препятствуя прохождению электрического тока, служил бы в то же время преградой срастанию оригиналов в одно целое.

Приготовленный по вышесказанному III оригинал тем или иным способом заряжается в гидравлический пресс; там он служит матрицей. На этом прессе производится формование

граммофонных пластинок из специальной массы, приобретающей текучесть при нагреве.

Массы, применяемые для прессования, не являются обычно монолитными, а содержат целый ряд веществ, из которых лишь часть обладает способностью плавиться при температуре прессования, остальные же, состоящие из довольно мелких частиц, лишь перемещаются в этой текучей составляющей.

Для того чтобы приготовить такую композицию, необходимо тщательное измельчение (пульверизация) входящих в композицию веществ, дозирование и смешение всех компонентов и, наконец, мастикация смеси, отличающаяся от предшествовавшего смешения тем, что здесь производится путем разогрева размягчение плавких составляющих и, кроме того, уплотнение всей смеси. Наконец, из смеси готовятся таблетки, в виде которых она и передается в прессовый цех.

В прессовый цех передаются и этикетки, изготавливаемые полиграфическим цехом. Этикетки впрессовываются в массу при прессовании пластинки и держатся в пластинке за счет сцепления с массой.

Отпрессованная пластинка подвергается торцевой отделке, придающей пластинке гладкость по борту. Затем следует окончательная браковка всей продукции.

Готовые пластинки укладываются в конверты, затем в коробки и, наконец, в ящики. Вся эта тара обычно изготавливается здесь же на предприятии картонажно-полиграфическим и ящичным цехами.

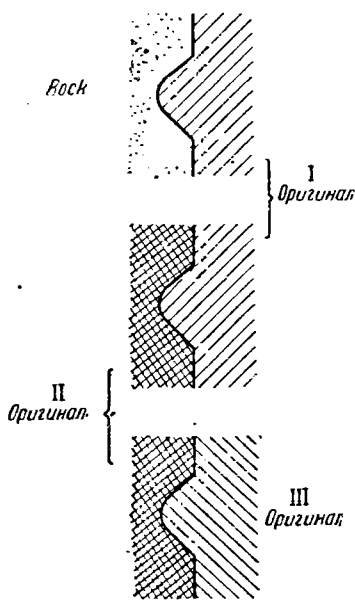


Рис. 81.

## Глава VII

## ВОСКОВОЙ СПЛАВ

*Композиция и приготовление воска для записи — один из наиболее строго охраняемых секретов производства граммофонных пластинок.  
Брайсон (The Gramophone Record, стр. 95)*

## 57. Требования, предъявляемые к воскам для звуковой записи

В химическом смысле слова под восками понимают вещества, представляющие собою сложные эфиры («эстеры») высших жирных кислот с одно- или двухосновными высшими спиртами. Тем, что они представляют собою эфиры с *высшими* спиртами, воска отличаются от жиров, для которых характерны эфиры с низшим трехатомным спиртом — глицерином. На практике продукты, носящие название восков, содержат обычно также свободные спирты и кислоты.

Признаком, объединяющим вещества в группу сырья, служащего для изготовления «восков» для звукозаписи, является, однако, вовсе не химический их состав, а прежде всего определенное сочетание физических свойств. Эти физические свойства присущи также веществам, не являющимся сложными эфирами, например высшим алифатическим углеводородам, мылам и др., и действительно вещества эти также играют роль компонентов восковых сплавов.

Поэтому производственный термин «воск» никак не приходится ограничивать лишь химическим его смыслом.

В приведенной ниже табл. IV дан сокращенный список веществ наиболее важных с точки зрения восковых сплавов рассматриваемого производства<sup>1</sup>.

Физические свойства, которые требуются от веществ для их применимости в рассматриваемом производстве, могут

быть определены следующими, частично противоречивыми, требованиями, относящимися к температуре 20—30°:

Требование	Назначение
некоторая мягкость	чтобы не создавать значительного сопротивления резу
отсутствие упругости	чтобы воск резался, а не вдавливался резаком
отсутствие текучести	чтобы воск <i>сохранял</i> точную форму вырезанных на нем канавок
отсутствие хрупкости	чтобы воск не выкрашивался при резании и чтобы при записи образовывалась непрерывная стружка
отсутствие липкости и склонности мазаться	для аккуратности шлифовки и записи
отсутствие неустойчивости структуры	чтобы восковой диск не обнаруживал склонности деформироваться (горбиться) со временем

Сюда же может быть присоединено требование способности полироваться до зеркального блеска и требование равномерности всех свойств во всех частях воска.

Из числа требований, предъявляемых к восковому сплаву и стоящих несколько ближе к химическим его свойствам, необходимо упомянуть прежде всего о следующих: неизменяемость воска при хранении, стойкость к хотя бы кратковременному воздействию электролита гальванических ванн и, наконец, отсутствие заметного превышения растворимости газов при температуре плавления над растворимостью их при комнатной температуре. Невыполнение последнего требования приводит к появлению газовых пузырьков в остывающем воске.

Укажем еще на желательность иметь возможно малый температурный коэффициент объемного расширения, так как это обеспечивает минимум температурных напряжений в остывшем воске. Благодаря этому воск будет подвергаться меньшей опасности расколоться от толчков при транспорте, деформироваться от более или менее резких перемен температуры и т. п. Малый температурный коэффициент связан также с наименьшей усадкой.

Несмотря на всю существенность последних соображений, они обычно полностью не удовлетворяются, так как температурный коэффициент воскового сплава отнюдь не равен единице<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Некоторые численные величины см. Спр. ТЭ, т. III, стр. 64. Практически объемная усадка воска между температурой плавки при отливке и комнатной — величина порядка 1:50, т. е. раз в десять превышает усадку металлов.

<sup>1</sup> За более полными сведениям можно отослать, например, к книгам: W i e s n e r, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 4 изд. Лейпциг, 1928 г. (статья W o l f f H. Wachse), B a u n H. J. Die Metallseifen, Лейпциг, 1932. Лисичкин С. М., Озокериты и церезины. Баку-М., 1936.

Совершенно понятно, что цвет, запах и т. п. требования к жировым продуктам в случае восковых сплавов рассматриваемого производства не имеют существенного значения. Можно, впрочем, заметить, что белые и очень прозрачные воска несколько затрудняют рассматривание канавок, наблюдение за бликом, понижают заметность жировых пятен и т. п. Это не препятствует, однако, существованию белых восковых сплавов очень высокого качества.

Не будем здесь упоминать о таких требованиях, как смазываемость воска электролитом (существенная при некоторых процессах нанесения ПС) или малая вязкость вблизи температуры плавления (облегчающая очистку воска), так как обилие неколичественных характеристик и без того типично для требований к этому продукту.

### 58. Составление рецепта воскового сплава

На практике получение определенных технически ценных свойств воска достигается сочетанием отдельных составляющих в виде общего сплава. Физико-химия подобных сплавов еще почти совершенно не разработана и в составлении этих сплавов царит голый эмпиризм.

Очень удачно характеризуют<sup>3</sup> это положение следующими словами: «свойства восковых составов даже приблизительно не являются средними от свойств ингредиентов, не говоря уже о том, что и свойства самих ингредиентов изучены весьма недостаточно; поэтому на практике изготовление восковых составов опирается либо на традицию, либо на случайную удачу; даже там, где практикой достигнут некоторый успех, остается совершенно неизвестным, насколько он является окончательным и максимальным при наличных свойствах возможных ингредиентов».

Можно все же попытаться указать, как пример, несколько характерных свойств отдельных компонентов в сплаве.

Карнаубский воск обладает способностью придавать восковым сплавам легкую полируемость и, присутствуя даже в небольших количествах, препятствует кристаллизации остальных компонентов<sup>4</sup>; однако он слишком хрупок, чтобы употребляться в отдельности. Склонность к потемнению многих восков при переплавке, быть может, следует отнести за счет присутствия в них карнаубского воска, так как он легко буреет при перегреве.

Канделильский воск также обладает способностью придавать глянец; он дешевле карнаубского и заменяет его.

Карнаубский воск и стеараты — одни из наиболее твердых составляющих восковой композиции; карнаубский воск повышает твердость состава даже при малом его содержании в сплаве.

Спермацет имеет недостаток в своей кристалличности, зато обладает

свойством облегчать взаимное диспергирование трудно смешиваемых компонентов воска, повышая этим однородность массы<sup>5</sup>.

Парафин, церезин, озокерит, олеаты являются смягчающими компонентами восковых сплавов; в еще большей мере это осуществляет вазелин.

Парафину в особенно значительной мере присуще свойство выделять при охлаждении растворенный в расплавленном состоянии воздух, что, как сказано, может приводить к образованию пузырьков. Избыток парафина в сплаве может придавать поверхности пятнистость, матовость.

Мыла менее, чем воска, склонны к образованию пузырей. Свинцовые мыла придают сплавам твердость и устраняют кристаллическую структуру стеарина, натронные мыла придают упругость и прозрачность.

Пчелиный и японский воск придают сплавам некоторую липкость. Монтанский воск обладает большей вязкостью, менее хрупок, чем карнаубский, и является ценной добавкой к последнему; в больших пропорциях, однако, он может вызывать зернистость. При нагреве быстро темнеет подобно карнаубскому воску.

Китайским воском иногда пользуются для снижения температуры плавления сплава.

Подобного рода обобщений можно назвать очень мало, да и в отношении этих нужно, конечно, помнить, что поскольку исходные вещества не являются химически индивидуальными и представляют лишь более или менее постоянные смеси, указанные свойства могут на отдельных технических продуктах подвергаться отклонениям.

Количество веществ, могущих быть введенными в восковой сплав, исчисляется немногими десятками. Некоторые основные сведения о наиболее важных из этих веществ приведены в табл. IV.

Даже у крупных фирм, выпускающих весьма значительные количества грамофонных пластинок, общая потребность в восковом сплаве невелика. Быть может, этим объясняется существование небольших фирм, специализировавшихся на изготовлении готовых восковых сплавов для звукозаписи и продающих эти сплавы предприятиям, производящим записи<sup>6</sup>.

Эти фирмы не патентуют применяемые ими составы, так как считают тщательное соблюдение секретности своих производственных методов более надежной мерой для защиты своих интересов, нежели охрану, основанную на патентном праве<sup>7</sup>.

Интересно отметить, что фирмы, специализировавшиеся на производстве восков для звукозаписи, изготавливают несколько сортов этих восков (например сорт, пригодный для записей в условиях тропического климата), но каждый из этих сор-

<sup>5</sup> Если отдельные компоненты не обладают хорошей взаимной смешиваемостью, то, приготовив по видимости однородную смесь, можно заметить со временем возникновение в ней явно зернистой структуры, обязанный своим происхождением расслоению отдельных компонентов. Явление расслоения наблюдается и в области собственно пластмасс; о последнем см., например, Барг Э. О., Физико-химические процессы смешивания асфальтов и смол, ПМ 1935, стр. 353—80.

<sup>6</sup> Как пример подобной фирмы назовем Wilke в Германии.

<sup>7</sup> Bryson H. C., The Gramophone Record, London 1935, стр. 96.

<sup>3</sup> „Восковые составы“, ТЭ, т. 4, стр. 532.

<sup>4</sup> Wiesner (сноска 1), стр. 2016.



Краткие сведения о характерных компонентах восковых сплавов

Класс	Название	Происхождение	Получение	Химический состав, химические свойства	Физические свойства	Темп. плав. °C
Животного происхождения	пчелиный воск	из соцветий пчелами с растительной пыльцы	выплавляют из воска, например в кипящей воде, причем воск всплывает на поверхность. Прощеживают, белят на солнце или озоном	главным образом — мирициловый эфир, пальмитиновой кислоты, цергиновая кислота, также мелисниновая кислота, мирциловый спирт и др. Фальсифицируется с сарпином, салом и др.	желтого цвета (после отбеливания — белый) зернистый в изломе, мало твердый, на холоду хрупкий	60—65°
	шелачный воск	выделяется насекомыми (см. § 118)	при переработке шпакла. Может быть в значительной мере отделен от шеллака холодным спиртом или выплавлен из него горячей водой, в которой он плавится и всплывает	сложный эфир нестерпимого запаха с лаксацидиновой и лакцеролевой кислотами и др. (см. § 125)	прочный, твердый, хрупкий	растворимой в спирте 80—81°, не растворимой в спирте части 93—94°
	спермацет	из головы кашалота, жира дельфинов, ворвани акул	твердый остаток при вымораживании спермацетового масла		главным образом целитолового спирта и пальмитиновой кислоты)	очень хрупкая масса кристаллического строения; легко растаивает в порошках
Животного происхождения	китайский воск	выделяется насекомым <i>Coccus ceriferus</i>	ветки китайского ясеня вместе с лежащим на них восковым покровом вываривают в воде. Воск всплывает в виде пены, которую снимают и переплавляют	главным образом сложный эфир целитолового спирта и цергиновой кислоты	похож на спермацет, белый, волокнистый, кристаллический, твердый, хрупкий	ок. 70°
	стеариновая кислота	из растительных жиров (масло shea) и животного сала (бараньего, говяжьего)	жиры омыляют, отжимают от жидкой омыленной кислоты (получается техника „стеарины“). Примесь пальмитиновой кислоты может быть удалена переходом через магнетиновые соли (стеариновые мыло менее растворимо)	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{O}_2$ , $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$ Технический продукт — стеарин содержит также пальмитиновую кислоту $\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2$ , $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$ . Очень легко нейтрализуется горячим раствором $\text{NaOH}$	твердая, белая масса	70° (технический продукт обычно имеет более низкую т. плав., напр. 60° и даже 55°)
Растительного происхождения	японский воск	из плодов нескольких видов сумачовых ( <i>Rhus</i> ), эти растения могут произрастать и на Кавказском побережье Черного моря	высушенные плоды размалывают, отсеивают от семян и кожуры, нагревают с водяным паром и прессуют несколько раз, переплавляют с водой и щелочью, отбеливают на солнце. Применяется также экстракционный способ	триглицерид пальмитиновой кислоты (т. е. жир, а не воск). При повторных плавках иногда добавляют сало; часто фальсифицируют перилловым маслом, а также водой, которой, не утрачивая внешнего вида, она может содержать до 60%	легко формуются	ок. 53°

Класс	Название	Происхождение	Получение	Химический состав, химические свойства	Физические свойства	Темп. плав. °С
Растительного происхождения	карнаубский воск (иначе цааровый)	выделяется листьями пальмы <i>Copernicia setigera</i> (родина ее в Бразилии)	иногда держится на листьях так слабо, что осыпается при сотрясении пальмы. Обычно же каждые две недели срезают с пальмы по 8 листьев, мнут листья и соскребают с них воск, плавят в кипятке, причем воск всплывает на поверхность, откуда его сливают в формы	главным образом сложный эфир желтого спирта и целлюлозной кислоты, но содержит также свободные высшие спирты и кислоты. При отбелке к карнаубскому воску добавляют парафин, который остается в беленом воске	хрупок, так что легко превращается в порошок; тверд	ок. 85°, при хранении повышается до 90°
	кандельский воск	выделяется из налета на ветвях <i>Redanthus ravonius</i> Boas	соскабливается с ветвей, либо сплавляется с них в воде, либо экстрагируется из них	кроме собственного воска содержит стерины и углеводороды. При отбелке добавляется парафин в значительном количестве	грубозернист; несколько хрупок	сырого 80—92°, очищенного 67—82°
Минерального происхождения	черезин	переработкой озокерита — ископаемого. В СССР имеется на о. Челекене, на г. Нефтедаг (Туркменистан) и др.	озокерит, сопутствующий содержащими его породами, кипятят с водой; всплывший озокерит сливают в холодную воду, обрабатывают концентрированной серной кислотой при 120° (для удаления примесей	насыщенные алифатические углеводороды. Фальсифицируется парафином в Германии и очищенным монтажным воском	не имеет кристаллической структуры (получается аморфным благодаря быстрому охлаждению)	50—80°
	монтажный воск	битумен, экстрагируемый из бурых углей. 90% мировой продукции дает завод Riebeck в Германии, работающий на бурых углях Рейнского бассейна. В СССР получение монт. воска возможно из бурых углей Украины (Александровское месторождение)	асфальтовых и смоляных веществ сульфированием или окислением их), иногда осветляют и дезодорируют	сложные эфиры цетилового, тетраказано-вого и мирцилового спиртов с мнганисвой и карбоцириновой кислотами и кетон монтан	некристаллическая масса	после вакуумной очистки 70—80°
	парафин	из нефти (СССР, США), бурого угля (Германия), горючих сланцев (Шотландия)	парафинистый материал — продукт перегонки нефти, подвергают разгонке; парафиновый дистиллят охлаждают, выкристаллизовавшийся парафин отделяют на фильтрпрессах. Смолу, получаемая при швелевании бурого угля или сланцев, перегоняется в вакууме, очищается спиртом; выделившийся при охлаждении парафин отделяется прессованием	смесь алифатических углеводородов с тем меньшим содержанием ненасыщенных углеводородов, чем лучше очищен. Устойчив к кислотам	излом полукристаллический (при содерянии парафинового масла — некристаллический); очень хрупок	счищенный 60—70°, прозранский парафин 49—60°

Класс	Название	Происхождение	Получение	Химический состав, химические свойства	Физические свойства	Темп. плавл. °С
Минерального происхождения	<i>вазелин</i>	из нефти, почему и называется в Америке <i>Petrolatum</i>	легкую (пенсилванскую) нефть перегоняют, очищают остаток, или из тяжелой парафинистой (грозенской, галицийской) нефти отгоняют с перегретым паром бензин, керосин и масляные погонь	смесь жидких и твердых высокомолекулярных углеводородов	мазеподобная желтовато-белая масса	30—47°
Химически приготовляемые мыла	<i>стеарат свинца</i>	—	осаждением горячего спиртового раствора стеарата натрия уксуснокислым свинцом, либо прямым кипячением жиров с окисью свинца и водою	$\text{C}_{18}(\text{CH}_2)_{16}\text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{Pb} \cdot \text{O} \cdot \text{CO}(\text{CH}_2)_{16}(\text{H}_3)$	аморфный, твердый. Цвет белый или палевоый	115—125°
	<i>стеарат алюминия</i>	—	осаждением стеарата натрия сульфатом алюминия, либо растворением гидроокиси алюминия в расплавленном стеарине (почему и содержит огчасти соли пальмитиновой кислоты)	$(\text{C}_{18}(\text{CH}_2)_{16}\text{COO})_3\text{Al}$ осажденный нейтрален и содержит ~3,8% Al; плавленый слабоскислый и содержит лишь ~2,7% Al	белый, твердый	
	<i>стеарат натрия</i>	—	расплавленную стеариновую кислоту обрабатывают горячим раствором едкого натра	$\text{C}_{18}(\text{CH}_2)_{16}\text{COONa}$ гигроскопичен, нестойк к серной кислоте	белый, прозрачный, мажорупкий	
	<i>олеат свинца</i>	Применяется как медный медный пластирь	на растворенный олеат натрия действуют водным раствором уксуснокислого свинца или нагревают олеиновую кислоту с избытком глета	$[\text{C}_{18}(\text{CH}_2)_{17}\text{COO}]_2\text{Pb}$	бело-желтая, мягкая масса	50—60°
	<i>олеат алюминия</i>	—	на разбавленный водный раствор олеата натрия действуют разбавленным водным раствором калиевоалюминиевых квасцов	$[\text{C}_{18}(\text{CH}_2)_{17}\text{COO}]_3\text{Al}$	галертообразная бурая масса, несколько липкая	
Химические продукты подобной концентрации	<i>хлорированный нафталин</i>	торговые названия Halowachs, Nibrenwachs (IG) и др.	расплавленный нафталин обрабатывается газообразным хлором в присутствии катализатора (иод, хлорное железо и др.) очищают перегонкой под вакуумом и продувкой нейтральными газами для удаления монохлорнафталина, пары которого выделяются при расплавлении и вызывают экзему	главным образом трихлорнафталин и тетрахлорнафталин. Не разлагается серной кислотой. Не воспламеняем	кристаллический, не хрупок, эластичен. Черный (после беления желтый, серый)	110—140°
	<i>стеарон</i>	—	нагреванием стеариновой кислоты в течение трех часов при 300° в железном сосуде	высший кетон: гентактриаконтанон $\text{C}_{37}\text{H}_{76} \cdot \text{CO} \cdot \text{C}_{17}\text{H}_{36}$ . Содержит не-большую примесь других высших кетонов	тверд, блестящ	74—88°

тов продают по образцу, а не по техническим условиям, огорчающим те или иные свойства воска количественными показателями.

Рецептура восковых сплавов отражена в литературе очень скудно<sup>8</sup>. Чтобы дать представление о составе, приведем пример рецепта:

**Пример состава воскового сплава:**

Моитанский воск . . . . .	41 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	по весу
Стеарат натрия . . . . .	33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "
Стеарат свинца . . . . .	15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "
Стеариновая кислота . . . . .	7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "
Стеарат алюминия . . . . .	4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "
100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> по весу		

Не только состав, но и свойства сплава имеют, несомненно, значительные отличия у разных фирм. И действительно, один тип сплава не может удовлетворить различным технологиям последующей обработки. Как пример укажем, что для глубокой записи применяется более твердый воск во избежание смещения канавок (расположенных в этом случае весьма плотно), которое привело бы к образованию так называемого «опережающего эхо».

Просматривая табл. IV, можно заметить большую зависимость пластиночного производства от природных веществ, распространенность которых нередко географически ограничена. Поэтому давно уже делаются попытки расширения круга веществ, пригодных для восковых сплавов.

Химически изготавливаемые мыла и искусственные воскоподобные вещества приведенной таблицы — пример таких оправдавшихся поисков.

Особо нужно отметить другой путь, основанный на синтезе настоящих *восков* в химическом смысле слова путем соответствующих обработок, проводимых над доступными естественными продуктами. Так, например, через расплавленный парафин, церезин, озокерит и т. п. продувают воздух в течение нескольких часов. При этом происходит окисление углеводов с образованием спиртов, которые окисляются далее через кетоны в кислоты; образовавшиеся кислоты

этерифицируют первоначальные спирты, образуя настоящие восковые вещества<sup>9</sup>.

В восковые сплавы возможно также введение смол, пекков, эфиров целлюлозы, жиров и т. д.

Наряду с фирмами, поставляющими готовые восковые сплавы, специально предназначенные для звукозаписи, имеются и такие, которые поставляют полупродукты, например стеараты алюминия и свинца, олеат свинца и т. п.<sup>10</sup>. Однако граммофонно-пластиночные предприятия, изготавливающие восковые сплавы, готовят обычно у себя и эти продукты.

При этом очень часто исходные вещества в отдельности не изготавливаются. Так, например, стеарат свинца часто присутствует в смеси вместе со стеаратом натрия, поэтому готовят сразу их смесь.

**Пример приготовления смеси стеаратов.** Чистый едкий натр растворяется в тройном или четырехкратном количестве дистиллированной воды и медленно, при постоянном помешивании, добавляется к расплавленному стеарину. В качестве свинцовой соли берется сурик  $Pb_2O_3$  или двуокись свинца  $PbO_2$ . Свинцовая соль для обеспечения лучшей смачиваемости и ускорения реакции замешивается приблизительно с трехкратным количеством расплавленного стеарата натрия или стеариновой кислоты; эта смесь размальевывается и растирается в однородную пасту. Содержащая свинцовую соль паста маленькими порциями прибавляется к остальному количеству стеарата натрия. При смешивании свинцовой пасты с натриевым стеаратом она утрачивает присущий сурику красный цвет и становится серо-желтого цвета (цвета глета). Тогда вводят новую порцию суриковой пасты, и так постепенно доводят реакцию до конца.

Аналогично, когда в сплав входит и стеарат алюминия, обычно алюминий вводится в виде алюмината, который постепенно в присутствии избытка  $NaOH$  прибавляется кипящим в расплавленный стеарин. Сам алюминат готовят, например, нагревом боксита с содой в отражательной печи, либо растворением гидроксид алюминия в кипящем растворе едкого натра, либо непосредственным растворением алюминиевых стружек в растворе едкого натра.

Приготовленное мыло должно быть совершенно освобождено от воды, так как остатки воды в готовом воске со временем вызывают появление на поверхности белого налета от высыхания мыла. Для удаления воды мыло прогревают при температуре около 170—175°. Слишком длительный нагрев при таких температурах нежелателен, так как он связан с изменениями в составе, обнаруживаемыми по потере веса.

<sup>8</sup> См. Reko V. A., Tonempfindliche Kunststoffe. KS 1911, 1; 1:5—7. Seymour H., The Reproduction of Sound. N. Y. 1923. Bryson (см. предыд. сноску) гл. V. The wax and its Manufacture. Williams V., Recording waxes. The Industrial Chemist. 1935, 11; 129:400—1. Даванков А. Б., Лосев И. П., Федотов О. Я., Шишкин С. В. и Григорьев А. П., К вопросу об искусственных восках для звукозаписи. ЖХП, 1935, 12; 12:1268—71, а также амер. пат. 958210 и 962878 — Aylsworth (1910), 1078265 — Edison (1913), 1379729 — Stubner (1921), англ. пат. 3070 — Stubner (1905).

<sup>9</sup> Обзор разных других методов приготовления воскоподобных веществ см. в статье Strauss K., Fortschritte in der technischen Herstellung und Verwertung der Kunstwachse, Angew. Chemie 1938, 46; 32: 521—5.

<sup>10</sup> Например, Boake, Roberts & Co. в Лондоне.

## 59. Процесс приготовления воскового сплава

Описывая приготовление полупродуктов воскового состава, мы уже перешли к процессу изготовления воскового сплава, так как на практике эти операции не подвергаются строгому разграничению; например, обезвоженное мыло можно тут же, не выгружая из котла и не прекращая нагрева, сплавлять с остальными компонентами.

Сплавление отдельных компонентов рекомендуется вести в таком порядке, чтобы начинать с высокоплавких и добавлять легкоплавкие. Введение отдельных добавок производится либо поочередно, либо они сплавляются между собою, а затем вводятся вместе тонкой струей при хорошем размешивании в основную массу. Введение продукта, отличающегося по консистенции от остальных, как правило, облегчается, если он предварительно размешивается в небольшой порции другого продукта и эта замеска вводится в смесь; так, например, вводя вазелин в смесь, состоящую, главным образом, из стеаратов и монтанского воска, удобно его предварительно смешивать с монтанским воском и уже смесь вводить в стеараты.

Сплавление производится при тщательном размешивании.

Готовый расплавленный воск прогоняется через фильтр-пресс воздухом при давлении нескольких атмосфер. Освобождение воскового плава, представляющего достаточно вязкую жидкость, от небольшой примеси суспендированных тонко дисперсных веществ не может быть произведено с достаточной надежностью с помощью фильтр-пресса — эту операцию лучше выполняет так называемая суперцентрофуга, получившая свое название благодаря исключительно высоким скоростям порядка двух-трех десятков тысяч оборотов в минуту. Такая суперцентрофуга системы Шарплес показана на рис. 82.

Рабочей частью суперцентрофуги является вертикальный цилиндр 1, получающий привод через верхнюю гибкую ось 2 от шкива 3, в свою очередь связанного ременной передачей через леник 4 с шкивом 5. Существует также система, при которой на оси 2 непосредственно сидит паровая турбинка.

Нижняя часть цилиндра имеет ввод 6, связанный с питающей трубкой 7, в которую поступает самотеком фуигируемый материал. Этот ввод 6 служит в то же время ограничителем, предохраняющим цилиндр от чрезмерных отклонений в сторону, так как нижний конец цилиндра перемещается свободно.

Цилиндр имеет очень малый диаметр, так как при очень больших скоростях к этому вынуждают соображения прочности — достаточно указать, что в этой суперцентрофуге ускорение центробежной силы превышает силу тяжести при-

мерно в 15 000 раз. Для того чтобы поступающая в цилиндр жидкость лучше увлекалась во вращательное движение, внутри цилиндра иногда предусматривают перегородки.

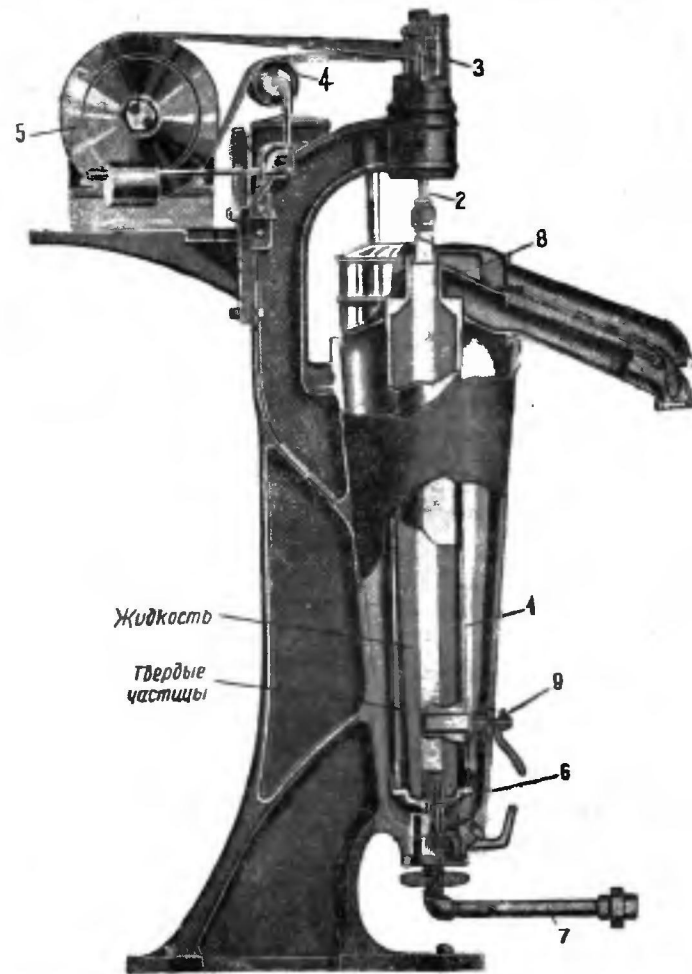


Рис. 82.

Жидкость в цилиндре поднимается вверх, а твердые примеси из нее прижимаются к внутренней поверхности барабана. Таким образом внутренняя полость цилиндра заполнена воздухом. Очищенная жидкость выходит через патрубок 8, ведущий от части, более близкой к оси вращения.

Из остальных деталей суперцентрофуги назовем тормоз 9. Суперцентрофуги снабжаются еще иногда указателем скоро-

сти вращения, а имеющие турбинный привод еще манометром и паровым вентиляем.

Прошедший суперцентрофугу восковой сплав по существу готов: его можно было непосредственно разливать в формы. Однако он за время центрофугирования обычно несколько остывает и его поэтому вновь прогревают до  $\sim 145\text{--}165^\circ$ . Делают это обычно в другом котле; в этом котле, кстати, происходит и отделение от пены, обычно обильной после центрофугирования.

Некоторые сорта воска плохо поддаются переплавке и их можно применять всего несколько раз, так как изменяется их химический состав и физическое строение. Другие сорта воска темнеют при последующих переплавках и обнаруживают повышение температуры плавления, и хотя эти признаки также свидетельствуют об изменениях в восковом сплаве, воска отнюдь не сразу утрачивают нужные для звукозаписи свойства. Допуская в этих случаях вторичное использование обработанных восков, избегают, однако, пускать в плав собранную при обточке и записи стружку, опасаясь внести с нею загрязнения, и предпочитают продавать эти восковые отходы и многократно плавленый воск другим менее взыскательным производствам или регенерируют их химическим путем (обработкой растворителями, окислением).

Котел, в котором производится плавка, обычно эмалированный. Необходимо обратить внимание на исключение возможности местного перегрева. Операция удаления воды, упоминавшаяся выше, осуществляется иногда именно в этом котле.

Перед отливкой воск процеживают либо через густое бронзовое сито (например № 100 по герм. сортаменту), либо через вигоневую ткань или крепдешин для удержания случайно попавших после фильтрации пылинок.

Процеженный воск разливают по формам. Формы имеют диаметр, на 5—6 см превышающий диаметр ограничивающей окружности; этим превышением учитывается как усадка отлитой болванки, составляющая около 2—3% по диаметру, так и запас в диаметре, необходимый для обточки воска; даже обточенный воск имеет диаметр, превышающий на 2—3 см ограничивающую окружность<sup>11</sup>. Глубина форм составляет около 4 см, но заливают их воском лишь на  $\sim 3,5$  см. Таким образом, общий вес восковой болванки  $\Phi_{25}$  составляет 1,8—2 кг, незначительно колеблясь смотря по удельному весу воскового сплава.

<sup>11</sup> Это превышение обеспечивает возможность последующей обточки оригиналов. Кольцевая зона за ограничивающей окружностью используется также при наладке записи (§ 69).

Материалом для форм служат обычно бронза или алюминий.

Для того чтобы восковая болванка имела правильную толщину, формы должны иметь правильную горизонтальную установку. Благодаря сильной усадке остывший воск без труда удаляется из формы.

Существенно, как уже упоминалось, избежать температурных напряжений в воске. Интересно поэтому упомянуть о способе, при котором формы стоят в специальном закрытом шкафу, имеющем при разливке температуру расплавленного воска, причем в последующем эта температура снижается с заданной постепенностью посредством специального терморегулятора. Однако кроме режима остывания очень существенно, чтобы уже воск, заливаемый в формы, не был чрезмерно перегрет, так как именно в этой зоне изменение коэффициента расширения особенно значительно.

Структура охлажденного воска часто кой в чем напоминает переохлажденные жидкости. Так, например, при охлаждении может образоваться малоустойчивая временная структура и переход в устойчивую структуру при комнатных температурах может требовать не только часов, но и дней. Этим объясняется практически установленная необходимость выдерживать некоторые сорта воска, прежде чем пускать их в дальнейшую обработку. Это практическое правило было в последнее время подтверждено экспериментально: установлено<sup>11а</sup>, что упругость, текучесть и хрупкость воскового сплава не остаются после его остывания постоянными, а изменяются еще некоторое время, постепенно все более приближаясь к стабильной величине. На основе изучения механических свойств воскового сплава выдержка в 6 дней была признана практически достаточной.

В цехах отливки воска должна соблюдаться совершенно исключительная чистота и, в особенности, должны приниматься специальные меры для обеспыливания, так как мельчайшая частичка пыли, попавшая под резец при записи, вызывает неисправимый брак.

С этой целью в цеха обработки воска подают вентилятором очень чистый воздух, например взятый с большой высоты над крышами и прошедший специальную фильтрацию<sup>12</sup>, причем надлежащим выбором соотношений кратности

<sup>11а</sup> Регирер Е. И., Аронова Ф. Б. и Эйсулович А. С., Установление методики физико-механических испытаний восковых композиций для звукозаписи. Отчет. Гос. Союзной Лаб. звукозаписи за 1937 г.

<sup>12</sup> См. Guillemain C., Theorie und Praxis der Staubverdichtung und der Reinigung und Entstaubung von Gasen, 1911, также главу „Техника пылеочистения“ в книге Фокин Л. Ф., Методы и орудия химической техники, 1923.

притока и вытяжки как помещений обработки воска, так и соседних добиваются, чтобы в помещениях обработки воска давление воздуха несколько превышало давление соседних помещений — это обеспечивает движение воздуха из помещения воскообработки в соседние, а не обратно, и таким образом, невозможность проникновения из соседних помещений пыльного воздуха.

### 60. Обточка

Упомянутое в § 59 протекание внутренних процессов, происходящее в восковом сплаве после его отливки, обнаруживается не только изменением физических свойств, но также тем, что, подвергнув обточке и шлифовке невыдержанный воск, можно затем обнаружить его последующее коробление, делающее его непригодным для записи.

Желательно поэтому, чтобы протекал незначительный промежуток времени от окончательной обработки восковой болванки до записи.

Задачей обточкой и шлифовки является придание воску формы правильного диска, одна из сторон которого доведена до зеркального блеска (на этой стороне будет вестись запись), а другая строго параллельна первой. Эта последняя — тыловая сторона — имеет обычно в



Рис. 83.

средней части выемку, обеспечивающую воску более устойчивое положение на записывающем станке, так как воск будет благодаря этой выемке опираться на наружную кольцевую поверхность большей площади. Кроме того, по борту иногда делается бороздка, служащая для укрепления (для дальнейшего нанесения ПС) металлического контакта.

Сечение болванки готового диска диаметральной плоскостью показано на рис. 83.

Операция обточкой может производиться на несложных, однако аккуратно работающих станках. Один из пригодных для этой цели станков показан<sup>13</sup> на рис. 84.

Восковая болванка укрепляется на планшайбе с помощью нескольких (на рисунке трех, иногда четырех) кулачков 1, открытых кожей в месте нажима на воск. Первой операцией является просверливание центрального отверстия в диске; операция эта производится с помощью обычного сверла по металлу, укрепляемого либо на суппорте, либо сидящего в задней бабке (не показанной на рисунке). Затем следует

придание надлежащей формы тыловой поверхности болванки; это осуществляется сперва грубым, затем отделочным резцом, револьверно укрепленным в патроне 2 крестового суппорта 3.

Винтовой шпиндель 4 перемещает салазки суппорта вдоль радиуса диска; на другом конце шпинделя имеется шкив, получающий привод от трансмиссии (включается рукояткой 6), благодаря чему станок может работать, как самоточка. Шпинделем 5 производится приближение резца к диску.

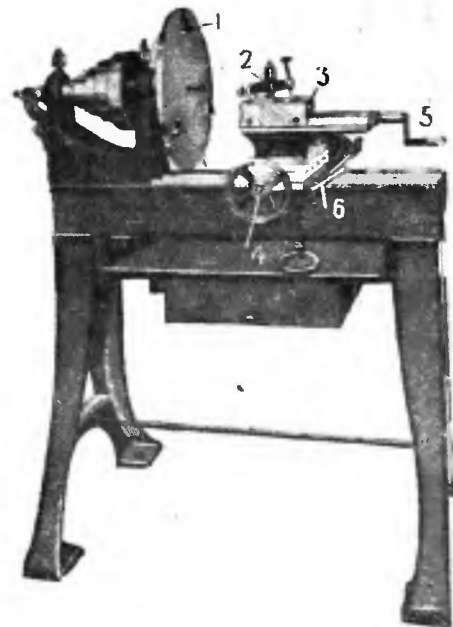


Рис. 84.

Диск приводится во вращение со скоростью 800 об/мин.

Изготовив выемку и вообще закончив заднюю поверхность, диск переворачивают и обтачивают лицевую поверхность. В результате двух обточек толщина диска уменьшается, но не спускается все же ниже 2 см.

Операция заканчивается обточкой борта диска,

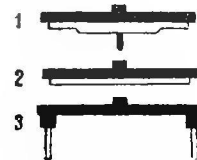


Рис. 85.

для чего в центр планшайбы ввинчивают специальный шпиндель, надевают на него (ненужный) меньшего диаметра диск и повернув последнего лицом к нему надевают на шпиндель и притягивают к нему обрабатываемый диск.

Кроме описанного способа применяется и другой, при котором форма придается диску с помощью фасонных оправок. При этом способе работы пользуются машинами сверлильного типа, так что диск неподвижен, а вращаются оправки, например вида, схематически изображенного на рис. 85. Здесь оправка 1 придает форму задней поверхности диска с помощью соответственной формы ножа, оправка 2 выравнивает лицевую поверхность и оправка 3 режет бока.

<sup>13</sup> В исполнении фирмы G. Käger в Берлине.

## 61. Шлифовка

Задача шлифовки состоит в придании лицевой части диска зеркально гладкой поверхности. Операцию эту возможно производить и на станках типа, описанного выше, но несравнимо лучше она осуществляется на специально приспособленных шлифовальных станках.

Пример такого станка дан<sup>14</sup> на рис. 86.

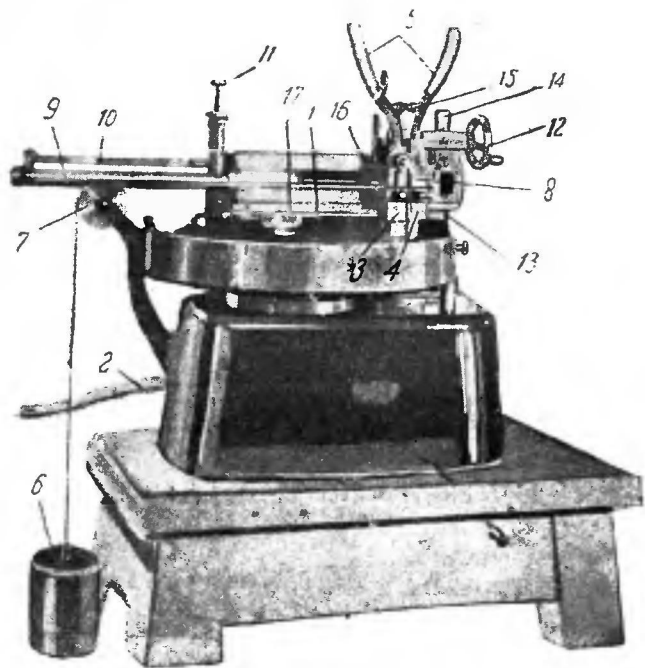


Рис. 86.

Диск своим центровым отверстием устанавливается на шпиндель планшайбы 1 (получающей привод от находящегося внизу мотора), делающей 500 об/мин. Для того чтобы диск плотно лежал на планшайбе, в последней имеются отверстия, соединенные через шланг 2 с линией вакуума, благодаря чему диск присасывается к планшайбе.

Диск обрабатывается двумя режущими инструментами: стальным резцом 3 и сапфировым резцом 4. Оба резца монти-

<sup>14</sup> В исполнении фирмы G. Neuhapp (ныне Telefunken). Имеют значительное распространение также станки фирмы Hartig Engine and Machine Co в США и др.

рованы внутри трубок, соединенных далее со шлангами 5, ведущими к особому сборнику восковой стружки, куда она увлекается по этим трубкам и шлангам в силу создаваемого специальным эксгаустером быстрого движения воздуха, засасываемого в эти трубы непосредственно возле резцов.

Рабочим движением резцов является их путь к центру восковой болванки, а обратный путь отвечает холостому возврату их к исходному положению. Рабочее движение резцов достигается с помощью груза 6, весом около 15 кг, висящего на канатике, перекинутом через шкивок 7 и прикрепленном к суппорту 8. Быстрота перемещения суппорта может быть в широких пределах регулируема. Для осуществления этой регулировки служит сцепленный с суппортом поршень, движущийся в цилиндре 9, наполненном маслом; вытесняемое поршнем масло возвращается по обводной трубке 10 в цилиндр с другой стороны поршня, а по пути этого движения масла находится клапан, регулируемый вращением головки 11, что и позволяет менять скорость подачи.

Обратное возвращение суппорта осуществляется с помощью ручного маховичка 12, приводящего через шестеренную передачу во вращение небольшой шкивок 13, через который перекинута связанная с суппортом бечева. Рукоятка 14 служит для введения в зацепление этой связанной с маховичком 12 передачи, которая при рабочем ходе выключена. Для ускорения обратного хода в поршне имеется клапан, открывающийся при возвратном движении. Для того чтобы при обратном ходе резцы не прикасались к диску, суппорт поднимают вращением рукоятки 15.

Стальной резец служит для предварительной шлифовки, а сапфировый — для окончательной. В принципе станок приспособлен для обработки диска за один проход — с этой целью стальной резец находится впереди по пути рабочего движения (слева на рисунке) и при этом сапфировый опущен несколько ниже стального (на 50—100 м). При средней скорости подачи около 1 мм/сек один проход по радиусу продолжается 2—3 мин. Однако на практике подчас предпочитают сперва пройти воск несколько раз стальным резцом, а затем, опять-таки несколько раз, сапфировым. В этом случае проходы стальным резцом осуществляют при большей скорости, нежели проходы сапфировым.

С помощью рукоятки 16 стальной резец может быть смещаем по высоте относительно сапфирового резца — этой-то рукояткой и пользуются при способе работы с раздельным проходом резцов. Остальные регулировочные винты, которые видны на суппорте, служат для придания точной установки резцам. Правильная установка столь же существенна, как и придание резцам правильной формы.



Стальной резец образует с радиусом диска, проведенным через этот резец, обычно угол  $0-15^\circ$ , а сапфировый  $25-35^\circ$ .

Наблюдение за снятием стружки облегчается освещением с помощью лампочки 17.

Стол этого станка для защиты от сотрясений помещается обычно на амортизаторах; сам станок нередко устанавливается в подвале.

Если между обточкой и шлифовкой прошел значительный промежуток времени, то, учитывая возможность коробления диска, рекомендуют предварительно положить диск стороной записи вниз и обточить тыловую сторону стальным резцом, а затем лишь перевернуть диск и произвести шлифовку.

В промежутке между обточкой и шлифовкой диск должен содержаться в исключительной чистоте; несоблюдение этого требования может привести к большим осложнениям в производстве. Дело в том, что подверженность сплава упругому последствию ведет к появлению вспучивания на его поверхности, возникающих в тех случаях, когда отдельный небольшой участок восковой поверхности был предварительно сжат, а затем получил возможность выправиться. Если, например, на поверхность воскового диска попали обломки восковой стружки или пылинки, то в результате последующего местного сжатия отдельных небольших участков воска под этими точками (например от тяжести восковых дисков, наложенных поверх рассматриваемого нами диска) наступают упругие деформации. Последующая шлифовка убирает эти пылинки и (снятием очень тонкого слоя) выравнивает поверхность диска. Но по прошествии сравнительно небольшого времени уплотненные места воскового сплава восстанавливают свою форму, что и ведет к образованию вспучивания — характерного брака поверхности дисков.

Свойства воска, температура помещения и т. д. оказывают, конечно, влияние на индивидуальные отличия — поэтому на практике и при шлифовке имеются отклонения и в подаче, и в числе оборотов, и в заточке резца. В качестве материала резца окончательной отделки вместо сапфира часто применяется рубин и искусственный корунд.

Интересно отметить, что наряду с описанным способом изготовления цельных восковых болванок предложен и другой метод, при котором воск готовится в виде тонкого слоя на металлической подкладке; патент, защищающий этот способ<sup>15</sup>, указывает в качестве подкладки на дюралюминий, а в качестве воска — на сплав стеаратов свинца и алюминия с монтанским воском. Техника нанесения воска на металл описана в позднейших патентах той же фирмы<sup>16</sup>: слой воска

<sup>15</sup> Англ. пат. 388431 Electrical Research Products Co (1931).

<sup>16</sup> Англ. пат. 415797 (1933).

получается расплавлением его на металлической подкладке, положенной на плиту, снабженную спиральными каналами, через которые может подаваться пар и вода<sup>17</sup>.

Восковой сплав, будучи отлит на зеркальную поверхность и затем отделен от нее, местами безукоризненно воспроизводит ее гладкость. На этом основании нередко предлагают заменить обточку и шлифовку дисков прямой отливкой воска на гладкую поверхность. Опыты, произведенные в этом направлении автором в 1933 г., показали, что получение безукоризненного воспроизведения всей плоскости, служащей для отливки формы, является весьма трудной задачей вследствие большой усадки воска. Преодолеть эту трудность возможно лишь путем строжайшей регламентации теплового режима отливки (например, первоначальной отливкой тонкого слоя и последующим нанесением все более толстых слоев воска, нагретого каждый раз настолько, что он сплавляется с предыдущим слоем, не расплавляя вместе с тем всю его толщину). Однако при этом процесс станет настолько сложным и потому капризным, что эффективность подобного упрощения утрачивается.

## 62. Контроль диска, хранение его

Только на первый взгляд может показаться трудным контроль точности шлифовки поверхности диска.

О том, что поверхность диска достаточно плоская, судят обычно по неискаженности и неподвижности отражения от поверхности вращающегося диска находящихся рядом с ним предметов или специально вычерченной сетки. «Мы часто бессознательно применяем упрощенный метод Коммона, когда хотим удостовериться в том, что интересующая нас поверхность достаточно близка к плоскости: для этого мы наблюдаем отражение предметов от поверхности при почти скользких по ней лучах»<sup>18</sup>.

Метод Коммона может, однако, быть применен и сознательно; для нашей цели удобно его следующее облегченное выполнение<sup>18</sup>.

Устанавливаем за поверхностью диска нормально к ней некоторый небольшой (например диаметром 1 см) освещенный круг  $S_1$ , имеющий вполне правильную форму, и располагаем глаз наблюдателя таким образом, чтобы изображение этого круга  $S_2$  заполняло диск по меридианальному диаметру (см. левую часть рис. 87).

По форме изображения уже достаточно удобно можно судить о выпуклости или вогнутости поверхности (вид изображения в этих случаях показан на том же рисунке). Метод, однако, дает возможность не

<sup>17</sup> О методе тонкого слоя упоминается в КТ 1932, 24; 431. Повидимому он действительно имеет некоторое промышленное применение.

<sup>18</sup> Максатов Д. Д., Оптические плоскости, их исследование и изготовление, 1934, стр. 75, 77.

только качественной оценки, но и количественного суждения о радиусе кривизны поверхности диска. Форма круга для освещенного тела выбрана не случайно: глаз легче всего отличает отклонения в форме именно окружности, замечая уже 5% отклонения диаметра; на этом и основано измерение — определяют изменение диаметра и по величине относительного уменьшения диаметра судят о радиусе кривизны. Аналитическая зависимость относительного изменения диаметра и радиуса кривизны может быть выведена из правой части рис. 87, представляющей случай выпуклой поверхности. Благодаря выпуклости поверхности диска мы будем видеть изображение под углом  $\beta_2$ , отличающимся от угла  $\beta_1$  (под которым мы видели бы изображение круга, если бы он отражался от идеаль-

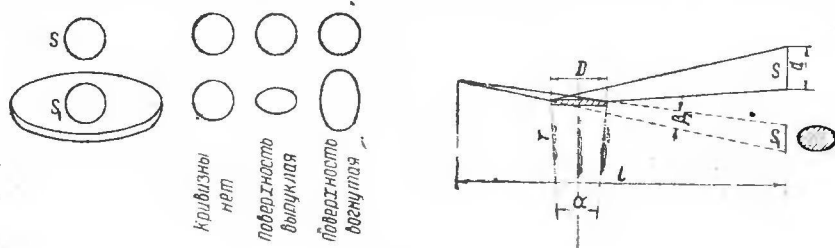


Рис. 87.

ной плоской поверхности) на величину  $2\alpha$ , где  $\alpha$  угол, охватывающий кривизну диска, имеющего диаметр  $D$ , иначе говоря

$$\beta_2 = \beta_1 - 2\alpha.$$

Однако  $\alpha$  легко выразить через искомый радиус кривизны поверхности диска  $r$ , как  $\alpha = \frac{D}{r}$ , а  $\beta_1$  при значительности размера  $l$  (от глаза до круга) сравнительно с диаметром круга  $d$  можно считать равным  $\beta_1 = \frac{d}{l}$ . Таким образом, относительное изменение диаметра  $\xi$ , определяемое наблюдением, может быть выражено аналитически, как

$$\xi = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1} = \frac{2Dl}{dr}, \text{ откуда } r = \frac{2Dl}{\xi d}.$$

Для того чтобы дать представление о точности этого метода, укажем, что, например, при  $D = 300$  мм,  $l = 100$  мм,  $d = 10$  мм, поскольку, как сказано, может еще быть обнаружено отклонение диаметра, соответствующее  $\xi = 0,05$ , наибольший улавливаемый радиус кривизны будет равен при этом 1,2 км.

Суждением по отражению пользуются не только после шлифовки, но и при установке воскового диска на станок для записи.

Зеркальная гладкость готового к записи диска видна на рис. 105, на котором отражение аппаратуры столь же четко, как и ее прямое изображение.

На всех дисках с изнанки делают пометки, указывающие на даты плавки, обточка и шлифовки. Перед записью диски проходят контроль.

В случае частой на практике удаленности воскового цеха от студий диски приходится транспортировать. Для этой цели их упаковывают в коробки или контейнеры, предохраняющие поверхность диска от царапания, а сам воск — от резких сотрясений.

При распаковке диска, перенесенного после транспортировки в теплое помещение, следует принимать меры, чтобы он не лопнул от резких температурных изменений и чтобы на нем не оседала роса. Для этого его выдерживают, не распаковывая, около суток с тем, чтобы он нагрелся постепенно и приобрел температуру, лежащую выше точки росы.

Отдельные фирмы работают с восками большей или меньшей твердости. Если применяются твердые воска, то их приходится перед записью несколько разогреть, чтобы устранить их крошение под резцом. В этом случае диски помещают в термостат, в котором они хранятся перед записью не менее 3—4 час. при несколько повышенной температуре (обычно 27—35°).

Пример подобного термостата, устанавливаемого обычно в аппаратной в прямой близости станков для записи, показан<sup>19</sup> на рис. 88. Подогрев этого термостата осуществляется с помощью электрических лампочек, степень накала которых может регулироваться реостатом, вмонтированным в шкаф. Для лучшего обтекания воздухом диск не опирается всей своей поверхностью (вместе с тем это практически не создает деформаций).

Хотя воск обычно нагревается в этих термостагах всего лишь на 5—10° выше комнатной температуры, уже это небольшое повышение температуры имеет существенное значение. Холодный воск может оказаться совершенно непригодным для записи. Это явление находит свое объяснение<sup>11а</sup> в весьма сильных изменениях механических свойств воскового сплава уже при небольших изменениях температуры. Так, на рис. 88а показаны четыре кривые гистерезиса

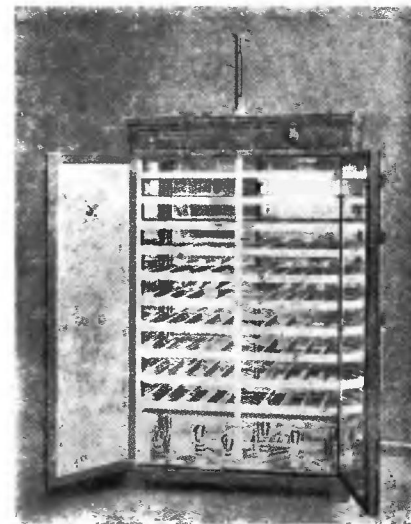


Рис. 88.

<sup>19</sup> В исполнении фирмы Сименс и Гальске.

воскового сплава для звукозаписи, снятые при четырех разных температурах (указаны при кривых). Из рисунка отчетливо видно, как при повышении температуры воск все более утрачивает способность к упругим деформациям, а напротив, остаточные деформации все возрастают: для записи это весьма важно.

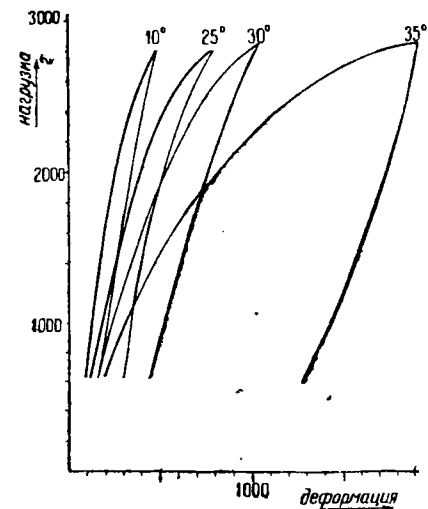


Рис. 88а.

Изменение гистерезиса производилось на брусках размером  $6 \times 7 \times 65$  мм, приготовленных из остывшего воска путем строгания. При испытании брусок своей широкой стороной (7 мм) свободно лежал на двух опорах, расположенных на расстоянии 50 мм друг от друга. Посредине пролета брусок постепенно нагружался при постоянной

скорости деформации, равной 3 мм/мин. По достижении постоянной нагрузки производилась разгрузка с той же скоростью.

Отметим в заключение, что податливость воскового сплава резанию зависит не только от температуры, которую ему придают при записи, но и от предшествовавшего<sup>19а</sup> теплового режима остывания отлитого воска. Так, например, быстрое охлаждение воска повышает его твердость.

<sup>19а</sup> Регирер Е. И., Эйсулович А. С. и Аронова Ф. Б., Склерометрические свойства композиций для звукозаписи. Отчет Гос. Союз. Лаб. Звукозаписи за 1939 г.

## Глава VIII

## ЗВУКОЗАПИСЬ

## 63. Студия

Для высококачественной записи прежде всего необходима хорошая студия. Очень часто записи ведутся из помещений, специально не приспособленных для этой цели (например концертных зал), а лишь практически оказавшихся подходящими. Только в последние годы начали строить помещения, специально предназначенные для студий звукозаписи. Число помещений, специально рассчитанных акустически, до сих пор еще, однако, весьма мало.

Поэтому получила большое практическое значение другая задача — исправления акустики существующих помещений. Решение этой задачи достигается соответствующим подбором звукопоглощающих материалов, которые нужны также и потому, что в студиях необходимо иметь возможность менять реверберацию, приспособляясь к записываемым произведениям.

Когда-то студии заглушались. Теперь обычно оставляется лишь ковер на полу, для того чтобы в микрофон не попадали звуки, отраженные от пола, так как они могли бы интерферировать с прямыми.

Одно время студиям придавали в плане форму трапеции с целью устранения опасности стоячих волн между стенами, затем это оставили. Потолку и теперь придают фигурную форму с целью устранения стоячих волн относительно пола. Считают<sup>20</sup>, что наилучшим соотношением высоты, ширины и длины студии является 2:3:5.

При постройке студий возникает много специфических строительных вопросов, связанных с изоляцией от шумов (например звуконепроницаемость дверей), с освещением и вентиляцией (так как с целью звукоизоляции студии строятся без окон). Необходимо, чтобы освещение было ярким (чтение

<sup>20</sup> Hanson O. B. и Morris R. M., The Design and Construction of Broadcast Studios, PIRE 1931, 19; 17.

партитуры), но не слепящим, вентиляция интенсивной (так как возможно значительное скопление оркестрантов и хористов), но вместе с тем спокойной и бесшумной. Наконец, ясно, что самая мебель помещения, отделка и т. д. небезразличны с точки зрения реверберации и, в частности, частотного хода ее.

Большой интерес представляет законченная в 1939 г. студия В (объемом 1530 м<sup>3</sup>) в московском Доме Звукозаписи. В ней изменение реверберации осуществляется путем централизованного поворачивания вокруг своей оси 24 цилиндров диаметром 1 м и высотой 7,5 м, оформленных в виде колоннады<sup>20а</sup>. В зависимости от угла поворота этих цилиндров они оказываются обращенными к залу своей звукопоглощающей или звукоотражающей стороной (возможны и промежуточные положения). Вращение колонн механизировано и управляется с микшерного пульта.

Нужно особо подчеркнуть, что оптимальная реверберация для звукозаписи принципиально не тождественна с оптимальной реверберацией прямого исполнения, так как, воспроизводя в каком-либо помещении записанное в студии, практически имеют дело с совокупной реверберацией первичного и вторичного помещений.

Реверберацию первичного помещения принципиально можно сделать равной нулю (например, производя запись на открытом воздухе), в этом случае воспроизведение осуществлялось бы с естественной реверберацией вторичного помещения. Реверберацию вторичного помещения также можно сделать равной нулю (например, прослушивая на открытом воздухе или прослушивая на наушные телефоны).

Практически, однако, имеют преобладающее значение не эти случаи, а как раз случай одновременного наличия ревербераций обоих помещений, причем реверберация  $r_n$  первичного помещения (студии) обычно больше реверберации  $r$  вторичного помещения (помещения прослушивания).

Для этого случая можно считать, что звучание будет казаться происходящим с некоторой суммарной реверберацией  $r_c$ , зависимость которой от ревербераций отдельных помещений можно представить<sup>21</sup> выражением:

$$r_c = r_n + 0,6r_r. \quad (44)$$

<sup>20а</sup> Общий вид этой студии приведен в статье Регирер Е. И., Промышленная запись грампластинок, РФ 1938, 17—18; 66—9.

Весьма подробное описание американских студий NBC помещено в статье Горон И. Е. Студии национальной радиовещательной компании в Нью-Йорке. Электросвязь 1938, 1: 70—88. См. также Napsion O. B. Broadcasting studios, Hollywood, California. The Architectural Forum 1939, 70; 3: 163—8.

<sup>21</sup> Citron L., Die Nachhallverhältnisse bei Rundfunk-, Tonfilm- und Gramophon-Wiedergabe ENT 1933, 10; 4: 147—53.

Так, например, если реверберация студии равна 1,7 сек., а реверберация помещения прослушивания равна 1 сек., то суммарная реверберация будет равна 2,3 сек. Соответственно приведенным в § 36 ориентировочным значениям оптимальной реверберации, можно видеть, что такая реверберация в 2,3 сек. лежит выше оптимума для речи.

Поэтому речевую запись нельзя вести в студии с реверберацией более 0,7 сек., если ориентироваться на прослушивание в помещении с реверберацией в 1 сек., так как в противном случае суммарная реверберация выйдет за пределы оптимума. (Помещение с реверберацией в 1 сек. соответствует жилой комнате с объемом около 100 м<sup>3</sup>, которая может считаться нормальным помещением прослушивания.)

Практически использование студии с подобной реверберацией для речевой записи возможно, если говорить непосредственно в микрофон, пользуясь эффектом расстояния, о котором будет упомянуто в следующем параграфе. Но эта возможность удобна лишь для речевой записи.

Таким образом, ориентировка на помещение прослушивания с реверберацией в 1 сек. означает, что реверберация студии для записи должна быть на 0,6 сек. меньше оптимальной реверберации этой студии для непосредственного слушания.

Формула (44) не является общепризнанной. Так, например, Кнудсен считает, что реверберация студии для записи должна составлять  $\frac{2}{3}$  от оптимальной реверберации прямого слушания. Он рекомендует определенную зависимость времени реверберации от объема студии звукозаписи. Эта зависимость может быть выражена так:  $\rho = 0,08 + 0,277 \lg V$  ( $V$  здесь подставляется в м<sup>3</sup>). В приведенном только что выражении  $\rho$  подразумевается данным в секундах (для 512 гц).

В соответствии со своими взглядами на оптимальный ход частотной кривой реверберации (§ 37) Кнудсен считает, что время реверберации для 128 гц должно быть больше времени для 512 гц в 1,5—1,7 раз, для частот до  $\sim 2000$  гц должно иметь то же значение, что и для 512 гц, а для более высоких частот несколько увеличивается.

Наличие двух помещений и двух ревербераций — не единственный фактор, требующий понижения реверберации при звукозаписи. Другое основание<sup>22</sup> к этому понижению лежит в отличии стереоакустического слушания в нормальных условиях от моноаурального при обычном слушании воспроизведения.

Достаточно заткнуть одно ухо в обычном помещении, как мы воспринимаем помещение, казавшееся нам только что удовлетворительным, как чрезмерно гулкое. Объясняется это

<sup>22</sup> Maxfield J. P., JSMPE 1930.

тем, что по сказанному в § 39 слух обладает способностью фиксировать внимание на звуках, приходящих по определенному направлению, благодаря чему в известной мере выключаются отраженные звуки (а равно посторонние шумы), идущие из всех остальных направлений, чем создается известный пространственный эффект реверберации. Отсутствие этого эффекта при моноауральном слушании требует также сокращения реверберации.

Как правило, таким образом, при записи необходимо иметь реверберацию меньшую, чем реверберация оптимальная для студии непосредственного слушания. Это обстоятельство неприятно тем, что препятствует артистам получить правильное представление о своем исполнении, так как они в этом случае выступают в помещении с заведомо не оптимальной для последнего реверберацией.

#### 64. Расположение микрофонов и исполнителей

Всякая существующая студия подвергается тщательнейшему изучению с точки зрения наиболее целесообразного расположения в ней микрофонов и исполнителей.

Не следует думать, что более далекое или более близкое расстояние исполнителя от микрофона мало существенно, так как может быть компенсировано соответствующим усилением. В действительности картина более сложна, так как от исполнителя, находящегося ближе к микрофону, на последний падает значительно больше прямых волн, в то время как количество отраженных волн во всех точках одинаково.

Пусть на рис. 89 кривая  $cdg$  изображает звучание и реверберацию при некотором источнике, удаленном от микрофона. Тогда кривая  $abd$  изображает соответствующую картину для приближенного к микрофону источника; начальный подъем до уровня  $ab$  вызван повышенным количеством прямых волн, ход же реверберации, как зависящий от среднего (а не местного) уровня силы звука в помещении, остался прежним.

Попытавшись скомпенсировать большую громкость от более близкого исполнителя ослабленным усилением, т. е.\* как бы доведя силу исполнения до прежнего уровня  $cd$ , мы получим вместо кривой  $abd$  кривую  $cdef$ .

Сопоставляя кривые  $cdg$  и  $cdef$ , мы заметим, что они отличаются ходом реверберации, а именно при очень близко расположенном к микрофону исполнителе имеется некоторый скачок от повышенного уровня  $d$  к среднему уровню отраженного звука  $e$ .

На рисунке показан отрезок  $\rho_c$ , выражающий стандартную реверберацию как время затухания звука на 60 дБ для нормальной кривой  $cdg$ , и отрезок  $\rho_e$ , выражающий эффективную реверберацию, как время затухания звука на 60 дБ для кривой  $cdef$ , характерной для близко расположенного исполнителя. Таким образом, легко видеть, что когда исполнитель находится вблизи микрофона, эффективная реверберация оказывается ниже стандартной.

Поэтому постепенное приближение исполнителя к микрофону и создает впечатление, будто происходит постепенное уменьшение реверберации, воспринимаемое слушателями как постепенное уменьшение объема помещения.

Изменение эффективной реверберации основано на изменении относительного участия отраженных и прямых волн, в общем звучании. Но если учесть, что частотный ход кривой реверберации вызывает соответствующие тембровые изменения в отраженных волнах, станет ясным, что изменение соотношения между прямыми и отраженными волнами приведет при изменении расстояния между исполнителем и микрофоном к изменению тембра звучания. Совокупное впечатление от всех перечисленных влияний носит название эффекта расстояния<sup>23</sup>.

После сказанного становится ясным, что злоупотреблять расположением отдельных инструментов на разных расстояниях от микрофона не следует, так как при существенном отличии в расстояниях отдельных инструментов эффект расстояния может привести к тому, что создается неприятное впечатление разных ревербераций для отдельных инструментов. Поэтому в принципе предпочтительно расположение микрофона в более или менее удаленной от оркестра части

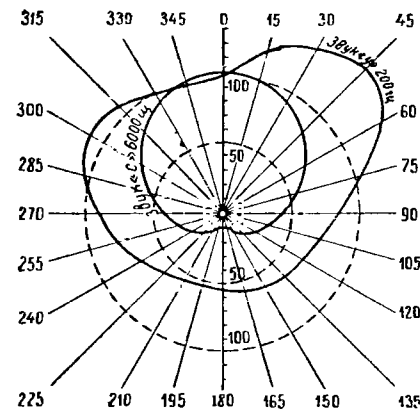


Рис. 90.

<sup>23</sup> Рабинович А. и Гольдберг Г., Раднофония, 1935.

студии, причем сам оркестр не должен быть чрезмерно растянут в глубину.

Говоря о расположении отдельных инструментов, необходимо учитывать еще одно свойство как самих инструментов, так и микрофонов — их направленность.

Дело в том, что благодаря конфигурации и свойствам звукоизлучателей они не создают одинаковой силы звука во всех направлениях. Так, например, на рис. 90 показаны так называемые полярные характеристики человеческого голоса, изображающие (расстоянием от центра) относительное значение звукового давления при разных углах с осью звукоизлучателя, причем давление спереди в направлении оси звукоизлучателя (угол  $0^\circ$ ) принято за 100.

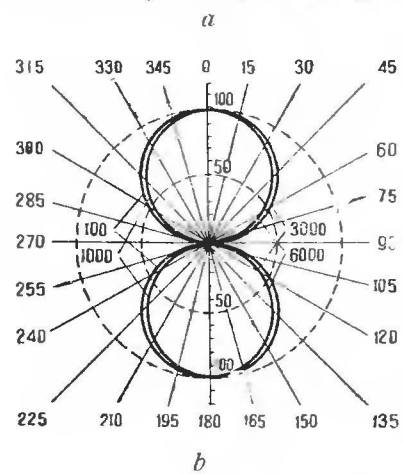


Рис. 91.

говорящего относительно слушающего.

Восприимчивость микрофона в свою очередь также зависит от угла, под которым на него падает звук. На рис. 91 показана полярная характеристика одного типа микрофона. Из рисунка видно, что микрофон обладает очень значительной направленностью, так как, будучи чувствительным в направлении  $ab$ , он совершенно не чувствителен в направлении  $cd$ .

Совершенно ясно, что при выборе положения исполнителей и микрофона необходимо считаться с явлением направленности, которое не всегда позволяет располагать оркестрантов широким амфитеатром, как это было бы желательно для устранения эффекта расстояния.

Кроме того ясно, что все те инструменты (как, например, барабан, литавры), которые обладают очень большой

Из этого рисунка видно, что (благодаря экранирующему действию головы) в сторону спины исполнителя давление при произнесении буквы С составляет лишь 10% от давления по той же нормали со стороны лица исполнителя (т. е. лишь 1% по энергии).

При произнесении буквы У, наибольшая мощность в спектре которой, как показывает сравнение рис. 30 и 32, лежит значительно ниже, направленность оказывается значительно меньшей; отсюда, кстати, следует, что тембр человеческого голоса изменяется от поворота головы

мощностью, легко выводившей микрофон (или другие звенья цепи) за пределы линейного участка амплитудной характеристики, которые, как говорят, *перегружают* цепь, приходится удалять от микрофона, и, напротив, те, которые обладают малой мощностью и значительной направленностью действия (например арфа, кастаньеты), приходится к нему приближать.

Если учесть все эти обстоятельства, станет понятным, что приводить типовые положения исполнителей нельзя, а приводить местные (для данных студий, микрофонов, оркестров и т. д.) здесь мало целесообразно<sup>24</sup>.

## 65. Микрофон

Микрофоны для звукозаписи применяются наиболее высококачественные. обстоятельное описание отдельных конструкций микрофонов не может входить в задачи этой книги<sup>25</sup>.

Лишь для цельности картины упомянем о двух микрофонах, принадлежащих к числу сравнительно более совершенных: конденсаторном микрофоне и ленточном.

Конденсаторный микрофон основан на принципе включения воспринимающей звук мембраны в качестве подвижной обкладки конденсатора.

Мембрана эта находится в натянутом состоянии и потому собственная частота ее лежит достаточно высоко (6000 гц и выше). Такой конденсатор используется в качестве переменной емкости для создания



Рис. 92.

<sup>24</sup> Примеры их см., например, Сухаревский Ю. М., К вопросу об эксплоатации музыкальных ансамблей. Сб. „Вопросы акустики“ 1931, стр. 57—70. Зимин П. Н., К вопросу о расположении исполнителей в радиовещательных студиях. Сб. работ по музыкальной акустике, вып. 2, 1929, стр. 140—67.

<sup>25</sup> За подробностями можно отослать к книгам: Харкевич А. А., Электроакустическая аппаратура (громкоговорители, микрофоны и звукоусилители), 1933. Остроумов Г. А., Электроакустика. М. 1936. Дрейзе и И. Г., Электроакустика в ширковещании, М. 1933. Сухаревский Ю. М., Современная электроакустика и вещание по проводам, М. 1936.

колебаний напряжения на высокоомном (десятки мегом) сопротивлении, а эти последние воздействуют на сетку усиленной лампы. Этот первый каскад усиления монтируется в стойке самого микрофона. Так как схема чувствительна к влиянию внешних электрических полей, то для защиты от индуктивных влияний проводка от микрофона к усилителю ведется в экранированном кабеле.

Внешний вид конденсаторного микрофона<sup>26</sup> (видоизмененной конструкции Wente) показан на рис. 92, А.

В верхней части рисунка виден капсюль микрофона (около 4 см в диаметре) обтекаемой формы для меньшего нарушения звукового поля, особенно в области высоких частот. В цилиндрической части под капсюлем непосредственно находится упомянутый первый каскад усиления (так называемый «микрофонный усилитель»), собранный очень компактно. В нижней части стойки виден бленкер *b*, указывающий, включен ли микрофон. На рисунке показан настольный микрофон, удобный при речевой записи. При остальных записях более употребителен такой же микрофон, помещенный на высокой стойке.

Ленточный микрофон основан на электродинамическом принципе. В нем звук воспринимается узкой (около 5 мм) и тонкой (около 3 м) алюминиевой ленточкой, для гибкости гофрированной. Собственная частота этой свободно подвешенной и весьма легкой (менее миллиграмма) ленточки лежит в области очень низких частот (около 20 гц). Эта ленточка помещена в магнитном поле и колебание ее индуцирует в ней соответствующую электродвижущую силу. Такой микрофон конструкции Олсона (Olson) представлен<sup>27</sup> на рис. 92, В. Здесь в верхней части находится ленточка между полюсными наконечниками магнита; под магнитом смонтирован повышающий трансформатор.

Характеристика направленности ленточного микрофона приведена была на рис. 91.

Полярная характеристика конденсаторного микрофона отличается от приведенной полярной характеристики ленточного микрофона. Она не имеет вовсе нижней окружности, благодаря чему конденсаторный микрофон имеет несколько менее направленное действие, но зато лишь одностороннее.

Полярная характеристика имеет у ленточного микрофона симметричный характер (биполярное действие) благодаря тому, что ленточка его доступна воздействию звуков с обеих сторон. На рис. 91 нанесены кривые для различных частот; легко видеть, что практически направленность ленточного микрофона не зависит от частоты. Напротив, полярная характеристика конденсаторного микрофона сильно зависит от ча-

стоты — на высоких частотах этот микрофон обладает острой направленностью, но не обладает ею на низких.

Следствием зависимости направленности от частоты является зависимость частотной характеристики микрофона от направления приходящего звука. Чтобы дать представление об этом влиянии, на рис. 93 показаны<sup>27а</sup> частотные характеристики катушечного микрофона, называемого так потому, что в нем между полюсами магнита колеблется катушечка. Интересно отметить, что при наличии такой зависимости полярной характеристики этого микрофона от частоты (присущей не всем типам катушечных микрофонов) сама направлен-

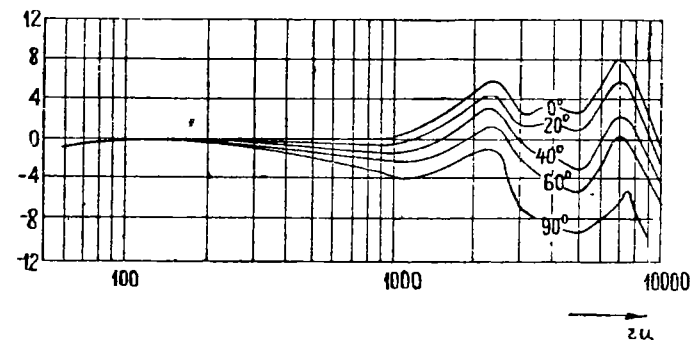


Рис. 93.

ность этого микрофона настолько незначительна, что катушечный микрофон может практически считаться ненаправленным.

В некоторых микрофонах частотная характеристика может зависеть также от расстояния между исполнителем и микрофоном. Например, у микрофона Олсона сильное приближение к микрофону вызывает подъем низких частот.

На практике полезно иногда применять одновременно микрофоны разных типов — направленные и ненаправленные, так как это расширяет возможности записи.

Направленные микрофоны имеют то преимущество, что ведут к уменьшению шума, так как менее чувствительны к звукам, исходящим из невоспринимаемой ими зоны. По той же причине направленные микрофоны дают пониженное значение реверберации<sup>27б</sup>, что существенно для студий, которые, как указано в § 63, должны иметь пониженную реверберацию.

<sup>27а</sup> По Ballantine, High Quality Radio Broadcast Transmission and Reception, PIRE 1934, 22; 5:580. Микрофон Western-Electric, тип 618 А.

<sup>27б</sup> Олсон и Массе, Прикладная акустика (пер. с англ.). 1938 г., стр. 288.

<sup>26</sup> В выполнении фирмы Telefunken, модель Ela M 14.

<sup>27</sup> В выполнении фирмы RCA, модель 44В.

Клирфактор микрофонов возрастает с повышением звукового давления. Так, например, при 200 гц клирфактор составляет для давления в 1000 бар (огромная величина, как мы знаем) в случае конденсаторного микрофона 0,2%, а для

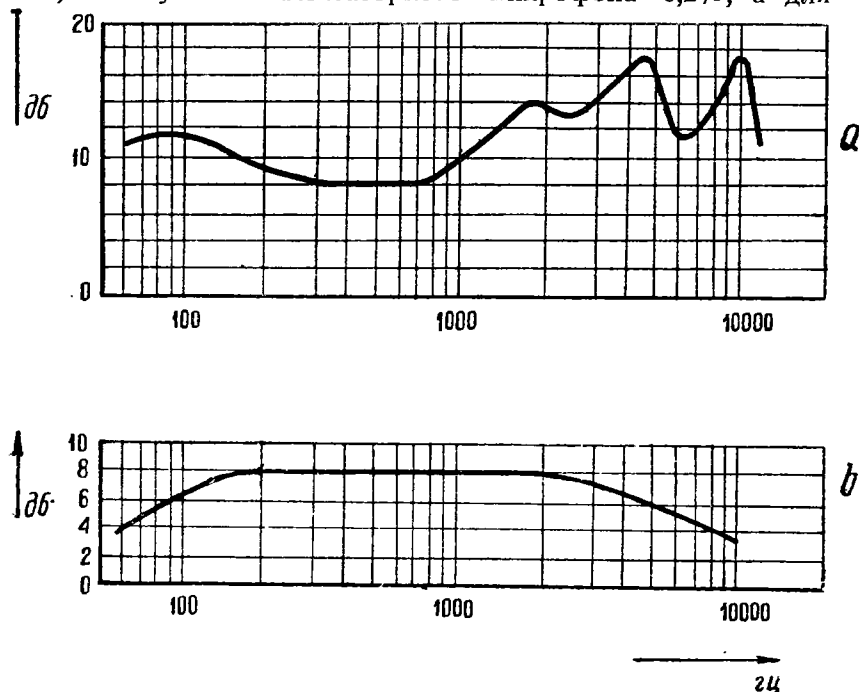


Рис. 94.

ленточного 1,1%; для давления в 100 бар он составляет для конденсаторного в 10, а для ленточного в 100 раз меньше<sup>28</sup>, т. е. практически ничтожен. С понижением частоты клирфактор также возрастает, но практически клирфактор современных микрофонов достаточно мал (<1%) на всем диапазоне.

Частотная характеристика двух микрофонов показана на рис. 94, где а относится к конденсаторному микрофону, а б — к ленточному. Из рисунка видно, что они способны передавать частоты в 50—10 000 гц, т. е. они более чем покрывают тот частотный диапазон, который необходим для нормальной записи граммофонных пластинок. Равномерность частотной характеристики в пределах этого диапазона также удовлетворительна. Пики у конденсаторного микрофона составляют до +7 дб, а у ленточного имеются лишь завалы на 4—5 дб; пиков и провалов он не имеет (отсчет ведется от уровня для 1000 гц).

Существенным критерием качества микрофона является также его собственный шум. Отношение той силы звука, выше которой амплитудная характеристика становится нелинейной (а она соответствует у микрофона участку *об* рисунка 39, В и, следовательно, границей является точка *п*), к собственному шуму микрофона характеризует динамический диапазон, возможный для данного микрофона. Динамический диапазон хороших микрофонов вполне достаточен для хорошего воспроизведения.

Под чувствительностью микрофона понимают ту электродвижущую силу, которая развивается микрофоном при определенном звуковом давлении: чем больше развиваемая э. д. с., тем чувствительнее микрофон. Чувствительность существенна с точки зрения необходимого в дальнейшем усиления. Для примера укажем, что чувствительность ленточного микрофона на всем частотном диапазоне величина порядка 800 мв/бар.

На таких качествах как стабильность микрофона (неизменность его свойств со временем), удобство обращения, невосприимчивость к воздушным потокам и т. д. останавливаться не будем.

## 66. Рекордер

В то время как микрофон является прибором, превращающим механические колебания в электрические, рекордер выполняет обратную функцию превращения усиленных электрических колебаний в механические колебания резца, записывающего фонограмму на воске.

Схема рекордера показана на рис. 95. В поле постоянного магнита 1 находится неподвижная катушка 2, на которую подаются подлежащие записи переменные токи звуковой частоты. Взаимодействие постоянного поля магнита и переменного поля катушки вызывает механические колебания вибратора 3, демпфированного в точке 4 и несущего на своем конце резец 5.

Масса резца и вибратора и определяемая конструкцией гибкость играют большую роль, сказываясь на частотной характеристике.

Влияние всех этих факторов удобно изучать с помощью принципа электромеханических аналогий<sup>29</sup>,

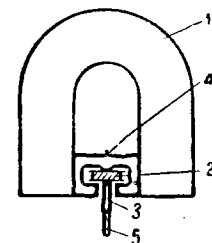


Рис. 95.

<sup>29</sup> Изложение его см., например, Харкевич А. А., Электромеханические аналогии. ЖТФ 1931, 1; 2—3: 136—58.

<sup>28</sup> Hartmann C. A., ZtPh 1932, 13; 9.



который позволяет заменять механические величины эквивалентными им электрическими величинами (например массу — самоиндукцией, гибкость — емкостью и т. д.), после чего механическую схему оказывается возможным представить в виде эквивалентной ей электрической схемы, а последняя поддается расчету обычными способами электротехники переменного тока. В полученных результатах остается заменить электрические величины обратно на механические и искома́я аналитическая связь между величинами оказывается найденной.

Подобные расчеты для случая рекордера<sup>30</sup> позволили составить более ясное представление о связи конструктивных свойств рекордера с его частотной характеристикой, что, в свою очередь, сделало возможным управление этой частотной характеристикой.

Частотная характеристика современного рекордера вполне приемлемо приближается к практически идеальной характеристике записи, упоминавшейся в § 46 (см. также рис. 98).

На технике практического внесения коррективов в частотную характеристику рекордера останавливаться не будем<sup>31</sup>. Отметим лишь, что резонанс вибратора демпфируется обычно густым маслом, а в некоторых случаях это демпфирующее действие оказывает сам нарезаемый воск.

Амплитудная характеристика рекордера при отклонениях резца до 60  $\mu$  должна быть совершенно линейна. Предельная амплитуда резца составляет около 75  $\mu$  — при этой амплитуде клирфактор рекордера имеет величину в 1—2%.

Мощность, потребляемая рекордером, составляет около 0,25 вт. Для наглядности напомним, что средняя мощность разговорной речи составляет лишь около 10  $\mu$ вт. Оконечные усилители строятся обычно значительно более мощными (например 5 вт).

Форма резца у различных фирм различна, но отличия эти не являются глубокими. Для примера на рис. 96 показана форма сапфира, применяемая ныне в СССР, имеющая значительное распространение и за границей. Сам резец в зависи-

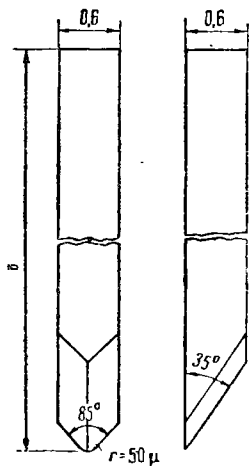


Рис. 96.

мости от типа рекордера крепится либо с помощью приклеивания его на шеллаке, либо, лучше, путем металлической припайки, для чего он предварительно гальванически омедняется в верхней части. Угол резания близок к 90°.

Срок службы резца нестабилен. Обычно резец выдерживает в общей сложности около 15—20 час. записи. Поврежденные резца состоят обычно в его выкрашивании.

Если сопоставить относительную линейную скорость резца при записи (величина порядка 0,8—0,6 м/сек) со скоростью резания, применяемой, например, при обточке металлов, видно будет, что для воска применяются сравнительно малые скорости резания.

## 67. Тракт

Путь, проходимый током от микрофона до рекордера, называют трактом. Этот путь состоит в основном из усилителей низкой частоты и фильтров. Отсылая за детальными сведениями по этой части к специальной литературе<sup>32</sup>, ограничимся тем, что приведем здесь пример принципиальной схемы. На рис. 97 показано схематически три помещения: студия, микшерная и аппаратная и нанесена основная аппаратура.

От микрофонов 1—1 через микрофонные усилители 2—2 (имеющие место не при всех видах микрофонов) ток идет к регуляторам микрофонов 3—3, определяющим участие того или другого микрофона в записи, а затем попадает на общий регулятор 4, на котором производится регулировка динамического диапазона записи в целом.

После этого ток попадает на так называемый тонконтроль 5, позволяющий производить некоторые изменения частотной характеристики, затем на предварительный усилитель 6, на корректирующий контур 7, стабильно устанавливаемый для создания определенной общей частотной характеристики всего тракта в целом, и, наконец, на окончательный усилитель 8, после которого ток идет на питание рекордеров 9—9.

Рассмотренная часть тракта носит название главного звукового канала.

Параллельно рекордерам включается, во-первых, индикатор громкости 10 и, во-вторых, репродуктор 12 (имеющий свой небольшой усилитель 11). Индикатор громкости служит объективным критерием, облегчающим микширование, а репродуктор 12 воспроизводит в микшерной комнате звучание испол-

<sup>30</sup> Maxfield J. P. и Harrison H. C., Methods of high quality recording and reproducing of speech and music. BSI 1926, 5; 3: 493—524.

<sup>31</sup> Она описана, между прочим, в книге Bruson H. C., The Gramophone Record, глава IV. Recording Room.

<sup>32</sup> См. Авраменко Ю., Мощные усилители, Харьков 1935. Малинин Р., Усилители низкой частоты, М. 1935. Панфилов С. И., Усилители низкой частоты, ч. 1, Л. 1935. Марк М. Г., Усилители низкой частоты. М. 1936.

нения, происходящего в студии; по звукам этого репродуктора и ориентируется тонмейстер.

Для того чтобы после производства пробной записи ее можно было прослушать, служит адаптер 13, непосредственно прсигрывающий записанный диск. Ток с адаптера через волюмконтроль прослушивания 14 (регулируемый перед началом воспроизведения, но не во время его) и усилитель 15 подается при этом на репродуктор 16 в студию и на репродуктор 12 в микшерную (репродуктор 12 переводится на линию переключателем 17).

Таким образом, при воспроизведении и тонмейстер и исполнитель имеют возможность судить о получившейся записи.

Так как ток с усилителя 8 подавался одновременно на два рекордера 9, то, проиграв один из дисков, можно отправить второй (при действительной тождественности обоих станков и рекордеров вполне ему соответствующий) диск в

дальнейшую обработку. Число работающих параллельно станков может быть, конечно, и более двух.

Микшерная комната отделена от студии наглухо, так как связь двух помещений через открытое отверстие, как мы уже знаем, нежелательна с точки зрения архитектурной акустики. Кроме того тонмейстеру необходимо слушать оркестр непосредственно, а через микрофон, иначе говоря слушать на репродуктор, а звуки репродуктора не должны попадать обратно к микрофону (так как устанавливалась бы так называемая акустическая связь). Для того чтобы тонмейстер все же мог следить за исполнением, перед его столом делается окно из нескольких толстых зеркальных стекол, ведущее в студию. Прямые указания исполнителям перед записью тонмейстер делает

через микрофон 18, имеющий самостоятельный усилитель 19 и включаемый на репродуктор 16 с помощью переключателя 20.

Кроме того, имеется и прямая телефонная связь между микшерной и студией.

Самое начало исполнения тонмейстер сигнализирует в студию словесным приказанием («приготовились», «дайте тишину»), затем дает первый звонок (в студии ожидание, в аппаратной техники приводят станок в полную готовность к записи), дает второй звонок в студию и сигнал в аппаратную (дирижер поднимает палочку; в аппаратной начинается за-

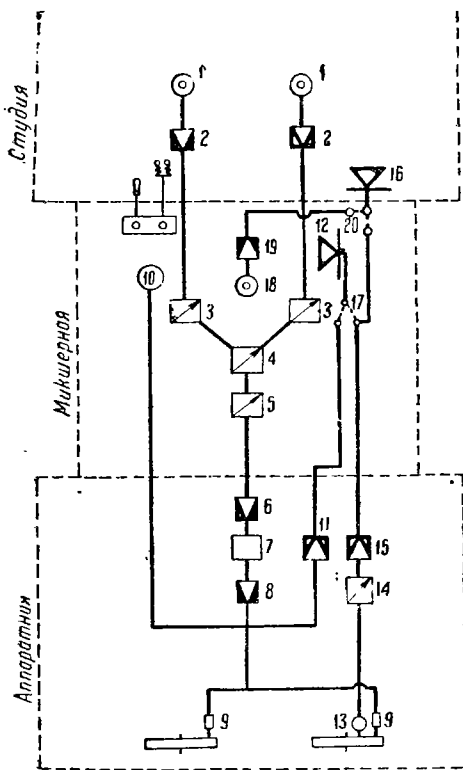


Рис. 97.

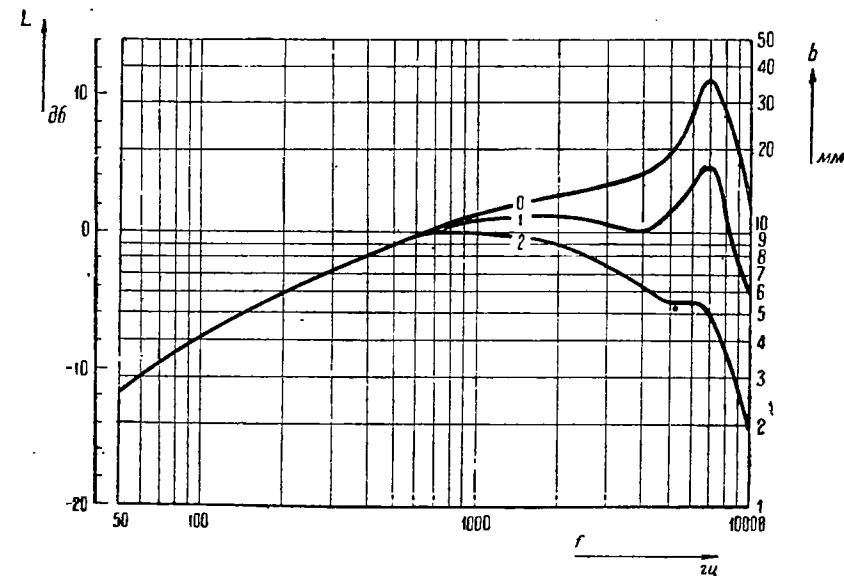


Рис. 98.

пись первых холостых канавок), и зажигает сигнальную зеленую лампочку (в студии начинается исполнение, которое и записывается на диск, так как станок находился уже в полной готовности).

Само собой разумеется, что система сигнализации может на отдельных предприятиях более или менее отклоняться от приведенной: она дана здесь лишь для наглядности. Так, например, часто включают прежде всего зеленую лампочку, которая должна предупредить о приближении момента записи, а сам сигнал начала записи дают красной лампочкой. Зажигание первой лампочки сопровождается также освещением световых транспарантов, находящихся на пути к дверям студии и предупреждающих о необходимости соблюдать тишину, запрещая на это время вход в студию. Точно так же иногда пользуются не двумя, а тремя звонками, так как сравнительно

длительный промежуток между звонками, нужный для техников, работающих у станков, может неприятно действовать на исполнителей, не чувствующих при этом темпа приближения записи и т. д.

На некоторых деталях описанной схемы следует остановиться.

На рис. 98 показаны три типичные характеристики, могущие быть устанавливаемыми с помощью тонконтроля 5 рис. 97. Здесь характеристики 0 и 1 соответствуют подъему высоких частот, в первом случае на 15 дб, во втором случае на 7 дб против уровня, соответствующего 400—3000 гц. Характеристика 2 имеет на высоких частотах тот же уровень, что и в основном диапазоне. Иногда применяется еще характеристика 3, дающая завал высоких частот.

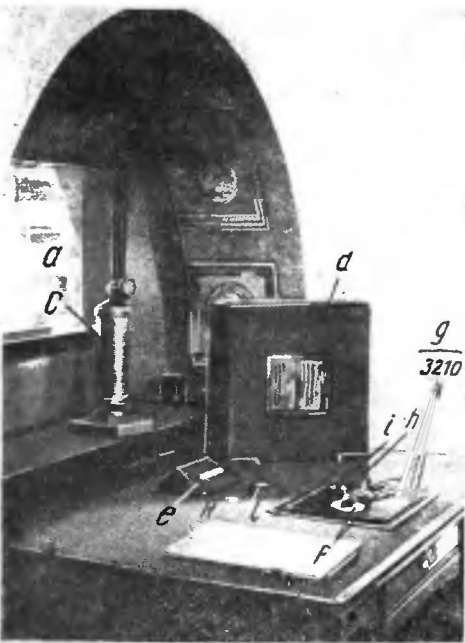


Рис. 98.

крофон с (18) и репродуктор d (12). В стол вмонтирован индикатор уровня e (10), регуляторы двух микрофонов f (3—3), переключатель тонконтроля g (5) и ряд переключателей и сигнальных кнопок. Так, кнопка h (20) включает и выключает переговорный микрофон, кнопка i зажигает сигнальную лампу в студии. Кроме того, имеется световой указатель k, загорающийся при включении микрофона, и l, связанный обычно с зажиганием транспарантов у входа. Переключатель тонконтроля g имеет четыре положения, обозначенных номерами, соответствующими приведенным на рис. 98.

<sup>33</sup> В выполнении фирмы Telefunken.

Тонконтроль, как и корректирующий контур, в радиотехническом смысле представляет собою электрические фильтры, т. е. такие схемы, собранные из самоиндукций, емкостей и омических сопротивлений, которые обладают разным сопротивлением для прохождения тока разной частоты. Комбинации их основаны на том, что емкость пропускает высокие частоты легче низких, а самоиндукция — наоборот; омическое сопротивление сглаживает резонансы, хотя и ослабляет общее усиление.

Тракт обычно не бывает вполне свободен от нелинейных искажений. Амплитудная характеристика электронных ламп имеет искривление. Смотри по тому, к какому из типов — А или В на рис. 39 — приближается форма амплитудной характеристики (а она может иметь и некоторый смешанный характер), получает преобладающее значение первый или второй обертона (2-я или 3-я гармоника). В общем клирфактор хорошего тракта имеет обычно величину меньше 2% на частоте 500 гц, падающую при более высоких и несколько возрастающую на низких частотах.

В качестве индикатора громкости удобно использовать катодный осциллограф, луч которого будет смещаться соответственно амплитуде; на экране такого осциллографа удобно разместить ограничивающие метки; можно для этой цели пользоваться также зеркальным гальванометром с малым периодом затухания. Необходимо, однако, позаботиться о логарифмическом сжимателе, чтобы охватить всю область. Индикатор, при подходящей частотной кривой его, можно градуировать непосредственно в миллиметрах блика.

## 68. Микширование

В приведенном на рис. 99 микшерном пульте окно индикатора e имеет белый цвет лишь в средней части; слева поставлено внутри зеленое стекло, справа красное. Благодаря этому бегающий при исполнении зайчик на индикаторе приобретает, в зависимости от своего положения, разную окраску. Граница зеленого и белого лежит при блике в 10—12 мм, граница белого и красного при блике в 48—50 мм. Практически запись выходит из этих границ в сторону зеленого, так как отношение бликов 50:10 равно соответствующему отношению напряжений, которое (по рис. 10) отвечает всего лишь 14 дб, между тем как прямые промеры грампластинок, приведенные в § 54, дают значительно большую величину динамики.

На рис. 99, в отличие от схемы рис. 97, на микшерном пульте не имеется общего регулятора, а лишь регуляторы для отдельных микрофонов. Многие тонмейстеры считают неудоб-

ным обслуживанием более чем двух ручек управления во время исполнения. Возможны и другие варианты оформления микшерного пульта; в частности ему можно действительно придать форму пульта.

Каждый из регуляторов  $f$  (рис. 99) имеет по 18 ступеней через 2 дб, всего, таким образом, на 36 дб каждый. Регуляторы снабжены длинными ручками: это позволяет тонмейстеру, не глядя на регуляторы, управлять ими.

Для того чтобы дать представление о самом процессе микширования, приведем<sup>34</sup> рис. 100. На нем жирная кривая  $a$  изображает действительный ход интенсивности звучания, кривые  $b$ ,  $c$  и  $d$  — интенсивности, помещенные в рамки допустимого динамического диапазона тонмейстером<sup>35</sup>.

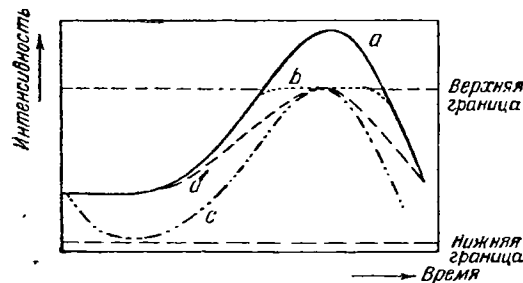


Рис. 100.

Враунтмühl характеризует кривую  $b$  как неправильное

срезание пика, кривую  $d$  как нарушение характера нарастания звука (изменение наклона кривой интенсивности) и кривую  $c$  как правильное заблаговременное уменьшение интенсивности до начала нарастания звука. Кривая  $c$  практически наиболее полно охватывает динамический диапазон.

То, что спуск должен быть произведен еще до начала подъема кривой интенсивности, поясняет, почему эта операция осуществляется от руки, а не автоматически (об «автоматическом микшировании» будет сказано в § 70): эта операция должна быть осуществлена на основе непосредственного знания партитуры исполнения.

В упомянутой уже работе Вагнера воспроизведены очень интересные записи динамики исполнения различных отрывков. (На рис. 34 были приведены записи двукратного исполнения одного и того же отрывка Баха.) Приходится очень пожалеть о том, что не опубликованы сравнительные данные о записи какого-либо музыкального отрывка, исполненного, например, оркестром, и записи того же отрывка с пластинки, на которой

<sup>34</sup> По Braunmühl Н. J., Tätigkeit des Tonmeisters, стр. 307, в книге Waetzmann, В. II из Handbuch der Experimentalphysik, Wien W. и Harms E. XVII, ч. 3.

<sup>35</sup> Тонмейстера называют еще звукорежиссером, музыкальным оформителем, радиофоником, звуковым инженером и т. п.; границы этих определений не вполне одинаковы, однако они не установились еще с точностью.

он был зафиксирован. Сопоставление таких двух кривых сделало бы очень наглядным процесс микширования, показав большое влияние тонмейстера на характер воспроизводимого отрывка.

Иногда полагают, что сокращение динамического диапазона проще и лучше всего производить самим исполнителем. Здесь, однако, полезно напомнить о тембровых изменениях, связанных с изменением интенсивности звучания (см., например, рис. 25, где на рояле одно и то же  $c'$  было взято  $mf$ ,  $p$  и  $ff$ ). С другой стороны, иногда полагают, что наличие тонмейстера, отдельных микрофонов и самой возможности микширования позволяет сократить размеры оркестра, обходиться, например, лишь одной скрипкой, но озаботившись соответствующим усилением ее звука, и т. п. При таких условиях, однако, звук утратил бы сочность. Дело в том, что хотя все первые скрипки и играют в оркестре в унисон, т. е. берут одновременно одну и ту же ноту, но «фактически, однако, точного унисона никогда не получается: всякий скрипач играет либо немного выше, либо немного ниже соседа. Слушатель же вместо 10—12 различных звуков воспринимает один слитный тон»<sup>38</sup>. Наличие этого слитного тона (Zwischen-ton) именно и создает то особое качество звука — сочность его, благодаря отсутствию которого усиленный звук одной скрипки не мог бы создать впечатления оркестрового исполнения.

Очень существенно, чтобы тонмейстеру была предоставлена возможность слышать исполнение в виде, наиболее приближающемся к тому, которое будет иметь место в потребительских условиях. Однако придание линии прослушивания, идущей к репродукторам 12 и 16 (рис. 97), частотной характеристики граммофона (если запись предназначена для воспроизведения на граммофоне) затруднительно, так как очень трудно придать электроакустической цепи воспроизведения сложный зигзагообразный характер кривой частотной характеристики мембраны.

Мало показательно и применяемое иногда с этой целью воспроизведение прямо с воска с помощью специальной мембраны. Более удачным решением задачи является параллельная запись на пластинку прямого воспроизведения, могущую быть непосредственно проигранной на граммофоне мембраной.

Предпочтительно вести прослушивание в небольшой комнате (объемом 70—100 м<sup>3</sup>), а отнюдь не в студии, чтобы воспринимать суммарную реверберацию такой, какой она будет в нормальном бытовом помещении.

Хороший восковой адаптер сравнительно мало изнашивает воск. На рис. 101 приведены две частотные характеристики по фирменным данным (фирмы G. Neuman); обе получены про-

игрыванием записи плавно меняющейся частоты при постоянной колебательной скорости, причем кривая 1 относится к воску, проигранному 1 раз, а кривая 2 к воску, проигранному 5 раз. Чувствительность такого адаптера очень высока (около 0,4 мв на 1 мм блика). Демпфируется адаптер слабо для уменьшения износа воска. Для той же цели нагрузка адаптера на воск также делается малой (например 15 г).

Проигрывание удобно вести хромированной иглой с точным профилем.

Тонмейстер не ограничивается одним лишь микшированием при записи. Он выбирает также обычно расположение исполнителей в студии и дает им некоторые режиссерские указания.

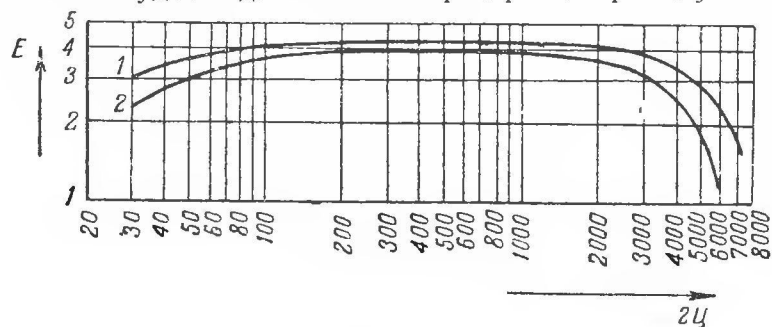


Рис. 101.

Запись никогда не производится сразу — ей предшествует обычно несколько репетиций, производимых перед самой записью, и, наконец, пробная запись. В связи с этим необходимо подчеркнуть, что грамофонная пластинка ставит более жесткие требования в отношении качества передачи, чем радио или тонфильм, так как она будет многократно прослушиваться теми же слушателями; дефект, могущий остаться незамеченным или пропущенным при однократном исполнении, был бы очень неприятен при повторных проигрываниях.

### 69. Станок для записи и его обслуживание

Конструкций станков для записи имеется немало, представление об их разнообразии дает рис. 102, где представлены фотографии некоторых из них.

Здесь I изображает старый тип, в котором привод осуществляется с помощью часового механизма, работающего за счет энергии опускающегося груза. В настоящее время распространен привод от электромотора, который и можно видеть на остальных типах. При моторном приводе существенна стабильность частоты сети (моторы применяются синхронные); иногда применяют поэтому специальные независимые генераторы, работаю-

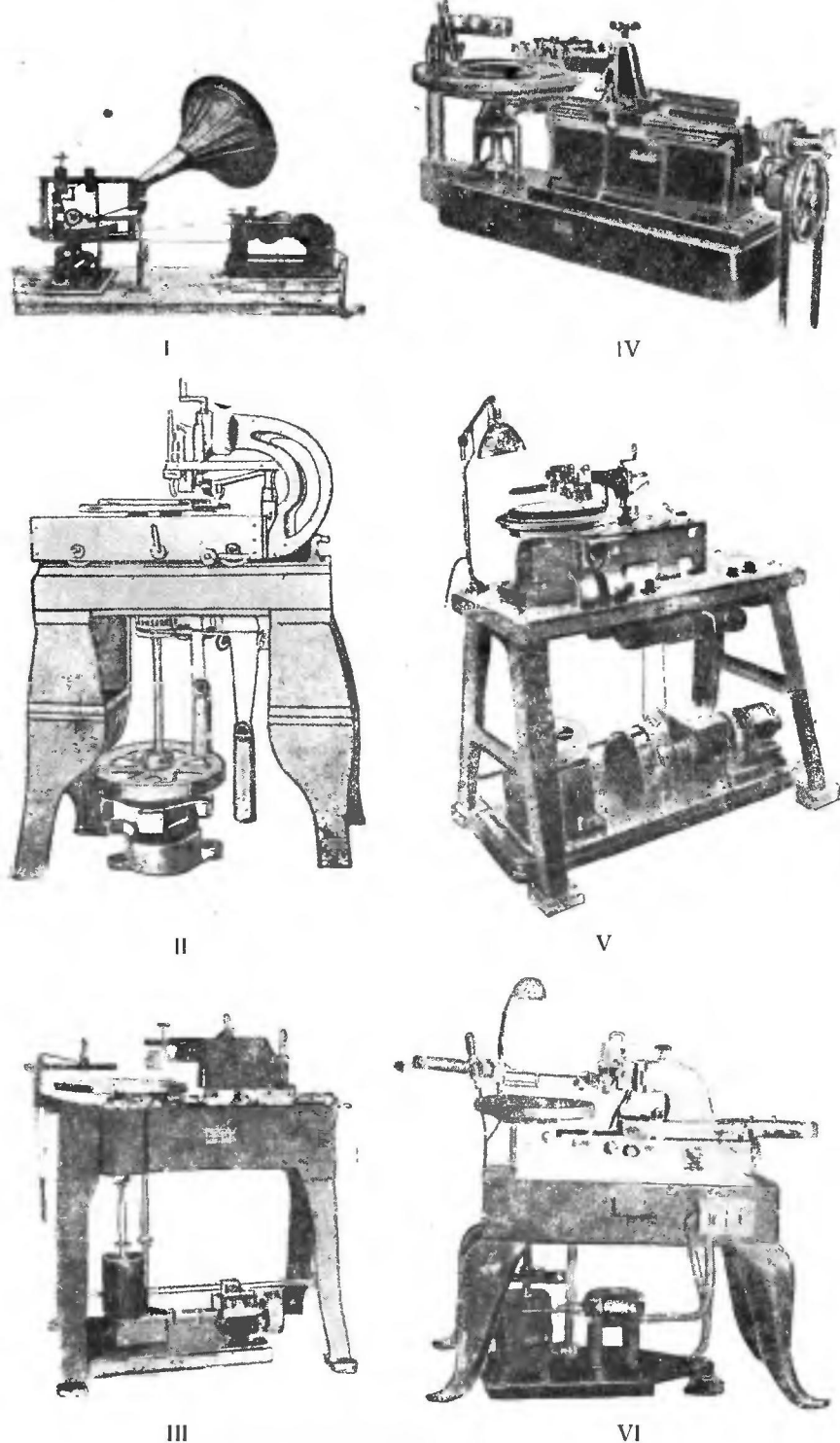


Рис. 102.

щие с умформером от аккумуляторной батареи. Тип 11 (Gearless) имеет ограниченное распространение. Он интересен тем, что в нем корпус рекордера неподвижен, а планшайба с восковым диском совершает одновременно вращательное и поступательное движение<sup>36</sup>. Более распространены, однако, станки, в которых диск совершает лишь вращательное движение, а поступательное движение придается рекордеру — этот случай виден на остальных типах. Типы III (Stirling), IV (Western Electric) и VI (Scully) отличаются по конструктивному выполнению, но не по существу. Так, например, станок VI позволяет осуществлять по выбору запись от борта к центру или обратно с шагом, имеющим 7 разных ступеней, и со скоростью 78 об/мин, либо  $33\frac{1}{3}$  об/мин. Тип V сконструирован специально для записи граммофонных пластинок, предназначенных для сопровождения звукового кино. Он имеет поэтому еще специальное приспособление (Synchron-Telegraph) для синхронизации, необходимое ввиду перемежающейся записи на двух станках.

Особенностью станка этой системы (Klangfilm — Tobis) является между прочим то, что здесь не рекордер опускается на восковой диск, а планшайба подается специальным рычагом вверх, благодаря чему рекордер снимается с подушек, на которых он покоится в нерабочем состоянии. Глубина канавки в этой системе может быть изменена с помощью электромагнита, определяющего положение рекордера.

Интересно, между прочим, отметить, что станок этот имеет (кроме скорости  $33\frac{1}{3}$  об/мин) скорость в 80 об/мин (а не 78 об/мин, как большинство станков<sup>37</sup>).

На одном из типов станков<sup>38</sup>, имеющем в настоящее время наибольшее распространение в СССР, остановимся подробнее. Внешний вид этого станка показан на рис. 103, а на рис. 104 дан чертеж части этого станка.

Мотор этого станка передает через редуктор движение вертикальному валу, на котором насажена планшайба, служащая опорой воскового диска; вертикальный вал делает 78 об/мин.

От этого вала имеется передача к горизонтальному валу 1, на конце которого закреплена шестеренка 2. Ось шестеренки 3, сцепленной с шестеренкой 2, укрепленна в каретке 4, могущей передвигаться (вместе с шестеренками 2 и 3) вдоль вала 1 и вращаться относительно его оси. Одна из щек каретки имеет хвост 5, могущий быть установленным в одном из трех положений окна 6; установленный в каком-либо из этих по-

ложений, он удерживается в нем с помощью оттягивающей пружины 7. Соответственно трем положениям окна шестеренка 3 входит в зацепление с одной из трех шестеренок 8. Шестеренки эти с помощью фрикциона 9 сцеплены с шестеренкой 10, жестко сидящей на валике 11; сами шестеренки 8 сидят на валике 11 свободно.

Вся описанная выше передача рассчитана так, что валик 11, являющийся ведущим валом суппорта, имеет перемещение в 240, 265 или 302  $\mu$  за оборот, что соответствует 106, 96 или 84 канавкам на дюйм (эти цифры показаны у соответствующих положений окна 6). Об этих величинах говорилось уже в § 43.

С момента пуска мотора начинает вращаться и валик 11, готовый вести суппорт с установленной скоростью подачи. Для того чтобы суппорт 12 пришел в движение, необходимо посадить на валик 11 гребенку 13; это достигается откидыванием ручки эксцентрика 14 (вверх); плотная посадка гребенки 13 достигается при этом благодаря действию пружины 15.

Ранее чем закрепить суппорт на валу, необходимо установить его в положении, соответствующем формату записываемого диска. Для этой цели служит маховичок 16, передающий с помощью валика 17 движение шкиву 18. Через шкив 18, как и через находящийся по другую сторону суппорта шкив 19, перекинут канатик, концы которого закреплены в державке 20, жестко сидящей на суппорте. Таким образом, вращением маховичка 16 можно при поднятой гребенке 13 быстро поставить суппорт в необходимое положение. Выбор места установки суппорта облегчается наличием закрепленного на нем указателя 21, показывающего на линейке 22 диаметр диска, соответствующий данному положению реза.

Нанесение на диске выводной канавки достигается вращением по окончании исполнения маховичка 23; при этом сидящая на валу маховичка шестеренка 24, постоянно сцепленная с шестеренкой 10, прямо воздействует таким образом на валик 11. Так как валик 11 получает при этом вращение, во много раз превышающее по быстроте вращение при записи, то фрикционное сцепление 9 тем самым выключается и валик 11 оказывается разобщенным от основного привода, чем и обеспечивается возможность его вращения вручную.

Нанесение замкнутой канавки достигается очень просто. С этой целью упор 25 устанавливается заранее по линейке в нужном положении. Перемещаемый благодаря вращению маховичка 23 суппорт, приблизившись к упору 25, цепляет за него собачкой 26, которая поднимает гребенку 13 и таким образом прекращает дальнейшее движение суппорта, что и определяет замкнутость канавки.

<sup>36</sup> Фотографию станка с таким движением, но гравитационным (т. е. от груза) приводом, см., например, рис. 426, стр. 1316. Teil 7, Abt. V, в книге Abderhalden'a. Handbuch der Biolog. Arbeitsmethoden.

<sup>37</sup> Обстоятельное описание этого станка см. Arni H., Der Plattenschneider в книге „Tonfilm“ Fischer F. и Lichte H., 1931, стр. 295—9.

<sup>38</sup> Фирмы G. Neumann, тип AM-31.

Рукоятка 27 приводит в движение винт 28, гайка которого 29 представляет одно целое со столом вертикального суппорта 30, на котором крепится вся основная аппаратура. Таким образом рукоятка 27 позволяет производить грубую установку этой аппаратуры по высоте.

Самая аппаратура, находящаяся на суппорте, яснее видна на рис. 105. Здесь <sup>39</sup> а представляет собой рекордер. В точке б

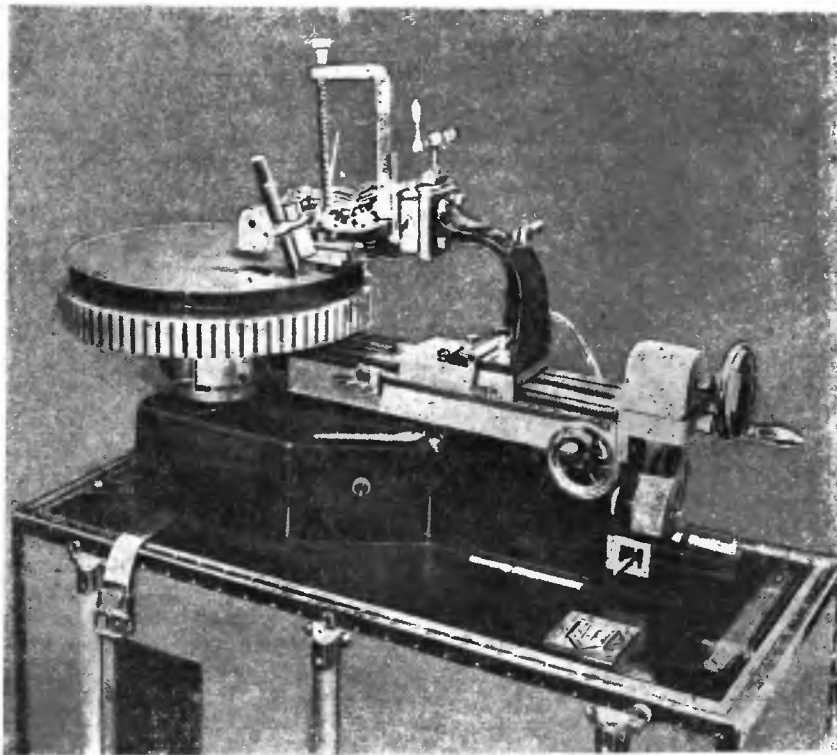


Рис. 103.

виден сам резец. Непосредственно из-под резца идет трубка в для отсоса стружки, ведущая к резервуару, в котором стружка собирается и который соединен с эксгаустером.

Наблюдение за записью может вестись через микроскоп г, установленный так, что он дает резкое изображение канавки на поверхности диска при увеличении в 40 раз. Рассматривае-

<sup>39</sup> Аппаратура рис. 103 несколько отличается от аппаратуры рис. 105. На рис. 105 представлена аппаратура фирмы Neumann, а на рис. 103 аппаратура фирмы Telefunken, закупившей производство станков Neumann'a.

мая часть освещается при этом специальной лампочкой из тубуса д, включение которой производится выключателем, расположенным на передней стенке станины аппарата (виден на рис. 103). В микроскоп вмонтировано стекло, на котором имеются метки, соответствующие ширине канавки в 160 и 180 м.

Опускание рекордера на диск достигается поворотом книзу рычажка е, соединенного с эксцентриком ж. Рычаг рекордера укреплен на остриях.

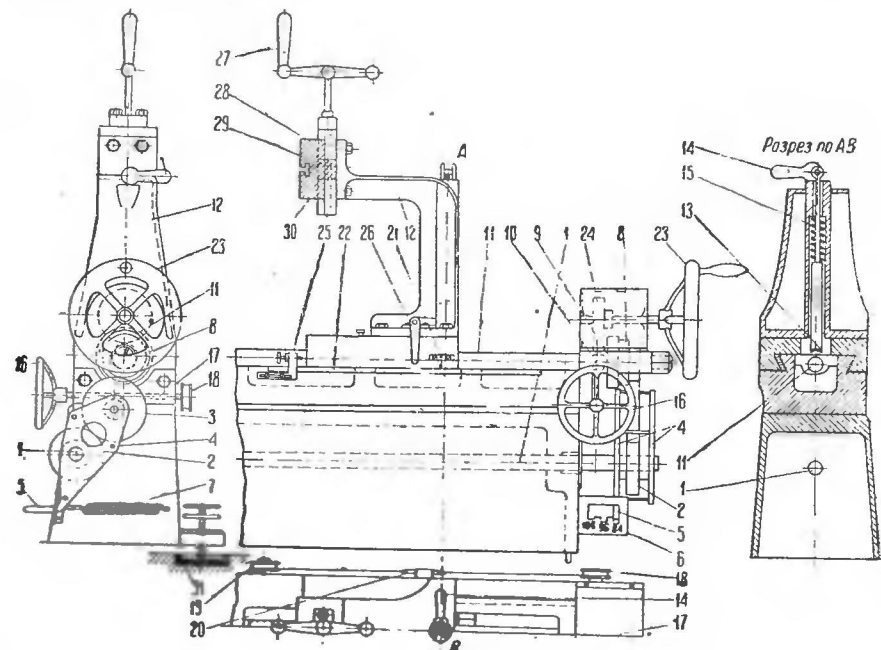


Рис. 104.

Опускание рекордера задерживается специальным демпфером л, наполненным маслом. Нагрузка рекордера на диск регулируется винтом и, действующим не непосредственно, а через пружину к. Эта нагрузка составляет обычно менее 50 г — величина эта зависит, конечно, от применяемого воска.

В верхней части видна панель с гнездами. К двум левым гнездам присоединяют адаптер. Средние два гнезда ведут к осветительной лампе микроскопа. Правые три гнезда предназначены для рекордера.

Процесс записи на рассмотренном только что станке очень несложен.

Хвост каретки 5 устанавливается в окне б так, чтобы запись велась с надлежащим шагом. Обычно при шаге Δ<sub>1</sub> ведут все

речевые записи (но не художественную декламацию), при  $\Delta_2$  записывают спокойное сольное музыкальное исполнение, при  $\Delta_3$  — исполнение джазовое и симфоническое. Конечно, это указание лишь примерно: при стремлении к высококачественной записи можно сольное исполнение записывать при  $\Delta_3$ , расширив благодаря этому динамический диапазон.

Далее устанавливают упор 25 по размерам замкнутой канавки. Затем диск вынимается из термостата и кладется на планшайбу. (Термостат должен обеспечивать воску подходящую температуру: слишком холодный воск крошится и усиливает шипение, слишком теплый воск делает запись размазанной). Диск должен быть совершенно свободен от пыли, для чего его обмахивают мягкой кисточкой или лучше обдувают струей сжатого достаточно чистого и сухого воздуха.

Суппорт освобождают от тяги валика 11 откидыванием рукоятки эксцентрика 14 в сторону и маховичком 16 ставят резец над краем диска. Дав планшайбе легкий толчок рукой в направлении вращения, пускают мотор. Затем спускают резец до высоты примерно 2 мм над поверхностью воска путем вращения рукоятки 27, пускают мотор эксгаустера, производящего отсос стружки, и включают лампочку микроскопа. Вслед за этим включают суппорт эксцентриком 14 и медленным поворотом рычага  $\epsilon$  (рис. 105) опускают рекордер на диск. Регулируя винтом  $\mu$  и наблюдая в микроскоп, быстро устанавливают желательную ширину канавки, после чего рычагом  $\epsilon$  сейчас же поднимают рекордер (и обычно гасят лампочку микроскопа).

Выключив эксцентрик 14, подводят маховичком 16 резец на диаметр, соответствующий формату, например, 250 мм для  $\Phi_{25}$ , опускают рекордер рычагом  $\epsilon$  для нанесения кольцевой канавки и снова поднимают его. Затем подводят маховичком 16 резец к месту начала записи. Форматная канавка («ограничивающая окружность») не остается на готовой пластинке, так как лежит обычно как раз по месту будущего торца, но облегчает наблюдение за правильным форматом в дальнейшем производстве.

Когда тонмейстер дает первый звонок, эксцентриком 14 включают суппорт, по второму звонку опускают рычагом  $\epsilon$  рекордер на диск и включают рекордер в линию <sup>40</sup> («подают звуковую частоту на рекордер»).

По окончании исполнения выключают рекордер из линии

<sup>40</sup> Хотя винт подачи  $\mu$  имеет очень точную резьбу, он не свободен все же от мертвого хода: поэтому между первым и вторым звонком должно пройти время, достаточное для выхода из мертвого хода. На практике поэтому иногда пользуются тремя звонками, что, как уже говорилось, кстати, облегчает исполнителям подготовку к моменту начала исполнения.

и вращают маховичок 23 для создания выводной спирали, пока собачка 26 не выведет суппорт из зацепления. После этого оставляют рекордер в канавке не более 1,5—2 сек., так как с углублением реза повышается опасность его выкрашивания. Затем поднимают рекордер рычагом  $\epsilon$ .

Остановив мотор станка и эксгаустера и освободив суппорт эксцентриком 14, отводят суппорт в сторону маховичком 16, снимают диск и помечают вне пределов форматной канавки номер записи.

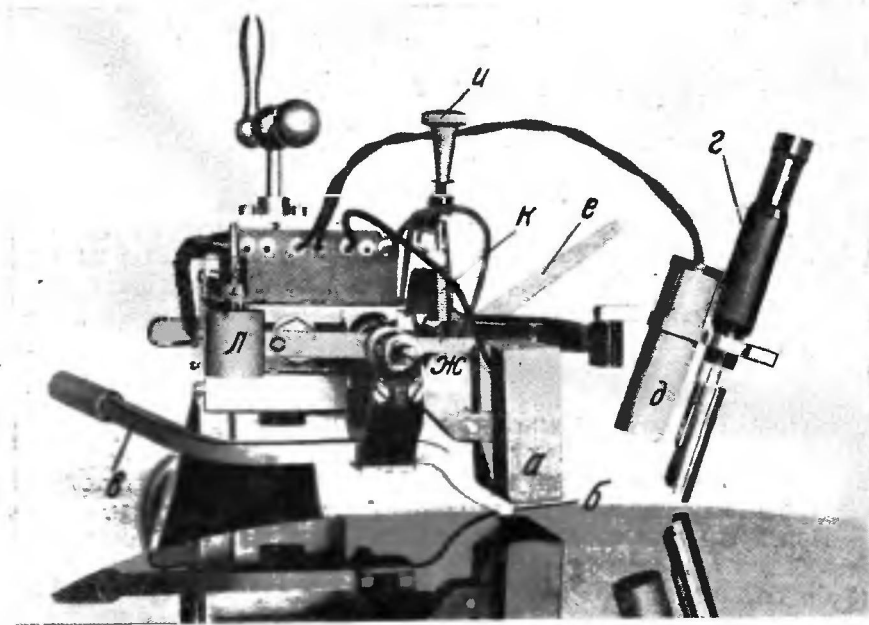


Рис. 105.

Один из дисков обычно, не снимая со станка, тут же прослушивают. Для этой цели маховичком 16 подводят иглу адаптера к началу записи, включают суппорт и мягко опускают адаптер. Поднять адаптер надо раньше, чем начнется выводная спираль.

Некоторые фирмы делают замкнутую канавку эксцентрической, чтобы облегчить этим срабатывание автоматического останова граммофона (эксцентриситет делают не менее 3 мм, так что кончик иглы получает при воспроизведении размах 6 мм и более). Нанесение эксцентрической канавки осуществляется в этом случае обычно на отдельном станке и не на



восковом диске, а на II оригинале; при этом самой канавке придается несколько иной профиль, а именно скаты в сторону борта делаются более пологими, вся канавка более глубокой.

Уже упоминалось, что наиболее употребительна запись от борта к центру. При желании вести запись в обратном направлении на станке необходимо поставить валик 11 и гребенку 13 с обратной нарезкой.

На рис. 105 не показан (снятый для ясности остальных деталей) адаптер для прослушивания с воска; этот адаптер виден на общем рис. 103 слева от микроскопа. Адаптер облегчен противовесом. Спускание адаптера на диск достигается, как и у рекордера, поворотом книзу специального рычажка (на заднем плане рис. 103).

Предусматриваются особые меры для устранения передачи каких бы то ни было толчков резцу. Так, сам станок устанавливается на войлочных прокладках (31 на рис. 104). Между мотором и вертикальным валиком введена эластичная передача. Все движущиеся части хорошо сбалансированы. Под планшайбой имеется механический пружинный фильтр, не допускающий передачи вибрации от шестеренок и т. д. С этой же целью мотор устанавливается часто на другой подставке, отдельной от станка.

Очень большое значение имеет стабильность хода планшайбы<sup>40а</sup>. При нестабильности частоты сети для устранения непостоянства хода синхронных моторов записывающих станков применяют специальные устройства (Pendel-Umformer), настроенные механически на определенную частоту и воздействующие на сеть мотора, питаемого постоянным током.

При вращении планшайбы она не должна также обнаруживать биений по высоте (обычно биение по высоте допускается не более 30  $\mu$ ).

В некоторых станках (например Stirling, Western Electric) предусматривается особое устройство, состоящее из сапфирового шарика (advance ball), катящегося по диску перед резцом, т. е. опережающего запись и разглаживающего предварительно поверхность воска<sup>41</sup>. Однако к подобному приспособлению, по видимому, целесообразно прибегать лишь при мягких восковых сплавах.

<sup>40а</sup> Колебание скорости измеряется как отношение разности между наибольшей и наименьшей скоростью к средней скорости и выражается в процентах („процент флуктуации“). Разработано несколько методов измерения флуктуации — см. K e l l o g g E. W. и M o r g a n A. R., Measurement of speed Fluctuations in Sound Recording and Reproducing Equipment, JASA 1936; 7; 4: 271—80.

<sup>41</sup> F r e d e r i c k H. A., Recent Advances in Wax Recording. BSTJ 1929, 8; 159—72.

## 70. Специальные приемы

Не вдаваясь более в конструктивные детали, остановимся на нескольких особых случаях видоизменений, специально предназначенных для улучшения звучания граммофонной пластинки.

В § 52 уже было показано, что субъективно существенная часть спектра шипения граммофонной пластинки лежит в области высоких частот. Зная это, можно снизить шипение граммофонной пластинки надлежащим подбором частотных характеристик записи и воспроизведения.

Именно, если при записи будут подняты высокие частоты (т. е. если высокие частоты будут записаны относительно сильнее, чем они есть на самом деле), то при проигрывании на воспроизводящем устройстве, имеющем завал высоких частот (т. е. на устройстве, относительно слабее воспроизводящем высокие частоты), такая пластинка покажет пониженное шипение.

Проигрывание обычной пластинки на таком воспроизводящем устройстве означало бы возникновение существенных линейных искажений, так как слабее истинного были бы воспроизведены высокие частоты самого исполнения без всякого уменьшения относительного (к интенсивности высоких частот) уровня шипения. Наличие подъема высоких частот при записи, компенсированного соответственным завалом воспроизводящего устройства, даст правильную передачу высоких частот, но вместе с тем воспроизводящее устройство благодаря своей характеристике, ослабляющей передачу высоких частот, передаст ослабленным самое шипение пластинки.

Все три случая ясны из рис. 106, где они даны схематически. На этом рисунке А изображает каждый раз частотную характеристику воспроизводящего устройства и (пунктиром) аудиограмму шипения пластинки, воспроизводимой на этом устройстве; В изображает частотную характеристику записывающего устройства; С показывает суммарную характеристику записи и воспроизведения и одновременно (пунктиром) результирующую аудиограмму шипения.

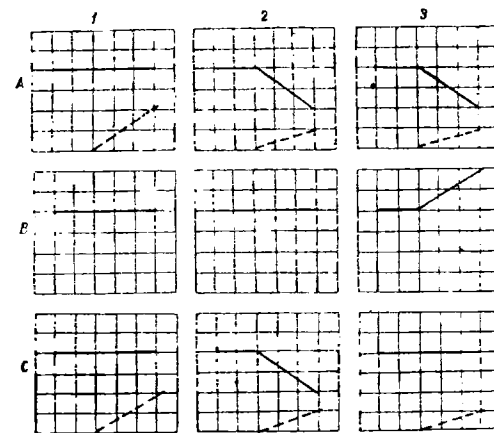


Рис. 106.

Вертикальный столбец 1 соответствует случаю, когда характеристики записи и воспроизведения линейны. Столбец 2 соответствует линейной характеристике записи, завалу высоких частот при воспроизведении. Столбец 3 соответствует подъему высоких частот при записи и завалу их при воспроизведении.

Сравнение случаев 1А и 3С показывает достигнутое снижение шипения.

Этот прием, носящий название срезание шипения, основан на взаимном подборе характеристик записывающего и воспроизводящего устройств и потому наиболее хорошо осуществим при воспроизведении адаптером (а не мембраной). Особенно удобен он в установках специального характера (например для передачи пластинок по радио, в установках для открытых граммофонных концертов), так как там подгонка характеристик может быть осуществлена особенно старательно и индивидуально.

Большой интерес представляет еще один прием улучшения качества записи. Этот прием, как и первый, основан на сочетании эффектов записывающего и воспроизводящего устройств. Во втором приеме, однако, речь идет не о частотной характеристике, а о динамическом диапазоне.

Прием этот позволяет восстановить полный динамический диапазон первичного исполнения. Именно с помощью этого приема в упомянутых выше (§ 39) опытах Стоковского динамический диапазон воспроизведения достигал 80 дБ, что, конечно, в значительной мере способствовало натуральности передачи (нормальная передача по радио или по проводам также обладает неполным динамическим диапазоном, хотя в общем, в меньшей степени, нежели звукозапись; в средних условиях диапазон такой передачи можно оценить в 40 дБ).

Совершенно ясно, что диапазон, сжатый микшированием от руки, может быть принципиально восстановлен при воспроизведении с помощью скажем управляемого от руки же волноуправителя радиолы. Такая «ручная» система применяется иногда при звукозаписи. Например, в звуковых кинотеатрах специальные работники (которых называют иногда микшерами) на основе преподанной им вместе с фильмом инструкции ведут эту регулировку по ходу картины.

Правильное восстановление динамического диапазона осуществимо лишь в том случае, если как сжатие при записи, так и расширение при воспроизведении будет производиться автоматически<sup>41а</sup>. Принцип этой автоматики известен в радиотех-

<sup>41а</sup> Идею особого способа автоматического восстановления диапазона высказали Пирс и Гунт (JASA 1938, 10; 1:27). Они предложили записывать на пластинке управляющий тон (pilot tone), лежащий вне области частот, передаваемых звуковоспроизводящим устройством, во

нике под названием АРГ (автоматическая регулировка громкости) или АВК (Automatic volume control); применяется он в радиотехнике для компенсации фединга дальних станций. Осно-

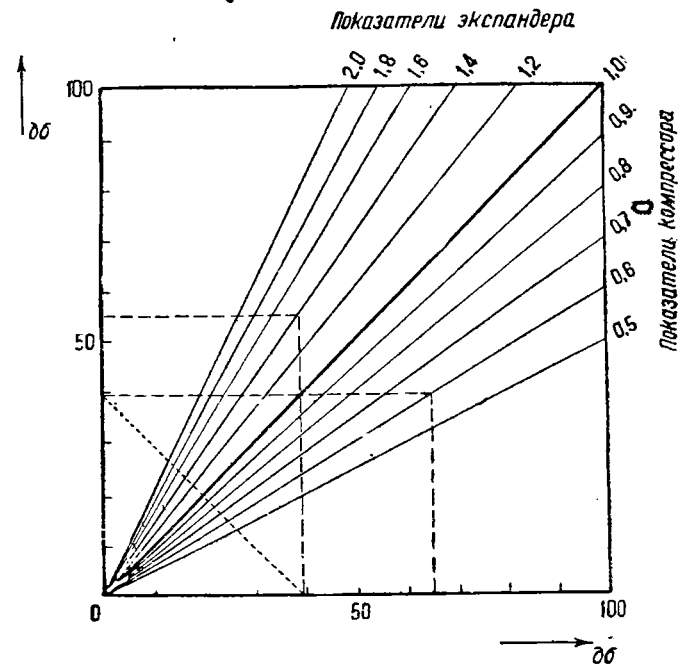


Рис. 107.

вывается эта автоматизация на применении лампы варимю (сокращение от variable  $\mu$ , т. е. переменный коэффициент усиления). Не останавливаясь на радиотехнических схемах<sup>42</sup>, ука-

в области частот, еще передаваемых пластинкой. Этот управляющий тон вырезается затем специальным фильтром и не попадает таким образом на репродуктор, но используется для автоматической регулировки волноуправителя. При воспроизведении подобной пластинки на обычном граммофоне, не чувствительном к частоте управляющего тона, этот управляющий тон не будет использован, но он не принесет и никакого вреда, так как не будет услышан.

Вариантом этой идеи является предложенное теми же авторами использование управляющего тона для поддержания с его помощью такого уровня исполнения, который всегда будет делать шипение незаметным. Никакого экспериментального подтверждения этих идей пока не известно.

<sup>42</sup> См., например, K ü p h m ü l l e r K., Über die Dynamik der selbsttätigen Verstärkerregler. ENT 1928, 11:452.

жем, что для достижения эффекта восстановления начального диапазона (или хотя бы приближающегося к нему), необходимо введение в записывающий тракт специального сжимателя (компрессор), а в воспроизводящий — специального расширителя (экспандер). Способ этот в целом носит название компандорного метода.

Компандорный метод может быть иллюстрирован с помощью рис. 107. Здесь по оси абсцисс показаны уровни, подаваемые на аппаратуру, по оси ординат — уровни, получаемые

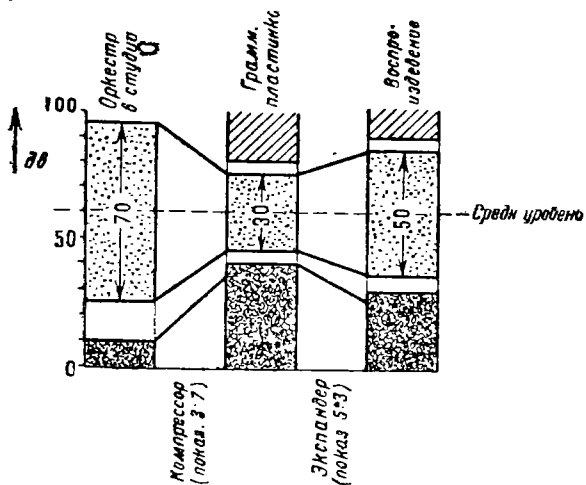


Рис. 108.

произведение показателей компрессора и экспандера равно единице, диапазон оказывается восстановленным полностью.

Действительные регулировочные характеристики не имеют столь правильной формы, как приведенные на рис. 107, однако это вряд ли замечается слушателем.

Совместное действие компрессора и экспандера иллюстрируется рис. 108, называемым иногда <sup>43</sup> диаграммой уровней. Здесь сопровождающий фон показан густой штриховкой, рабочий диапазон выделен точками, зона перегрузки показана косой штриховкой. Из рисунка наглядно видно, насколько исполнение перекрывает шум в студии и фон аппаратуры. Далее видно, как ограничение предельной амплитудой на пластинке сверху и шипением снизу заставляет сузить динами-

ческий диапазон с помощью компрессора. Видно также, что суженный диапазон лежит снизу выше уровня шипения, сверху ниже предельного уровня (при котором наступает соприкосновение соседних канавок). Видно, как для воспроизведения пластинки с улучшенным, против записи, динамическим диапазоном использован экспандер, причем pianissimo исполнения оказалось все же перекрывающим шумовые помехи обычной комнаты, а верхний предел лежит ниже нелинейных искажений репродукторов.

Особым случаем звукозаписи, не предназначенным, правда, как предыдущие специально для улучшения звучания грампластинки, является перепись. Этот случай имеет место, когда, например, какая-либо фирма располагает пластинками другой фирмы, которые она хочет скопировать (копирование возможно лишь в случае отсутствия международной конвенции; в частности СССР не связан подобными конвенциями).

Копирование это может производиться разными приемами. Наиболее старый прием «механическая перепись» — копирование с помощью так называемого дубликатора (duplicator); игла, идущая по первичной записи, вела через передаточное звено резец, прочерчивающий канавку на восковом диске. Восковой диск и пластинка вращались при этом с нормальной скоростью.

Возможен и другой прием — «гальваническая перепись» — пластинка может быть покрыта ПС и копия с нее снята гальванопластически.

Наиболее распространена, однако, «электроакустическая перепись» — пластинка проигрывается адаптером и ток с адаптера подается на усилитель (например через потенциометр 4 на схеме рис. 97).

При последней системе переписи, в отличие от предыдущих, возможно осуществлять то или иное улучшение записи. Так, например, при переписи старых пластинок, записывавшихся еще в заглушенных студиях, очень полезно увеличить реверберацию. Осуществляется это с помощью особого помещения, не вполне удачно называемого комнатой эхо (echo room); ни о каком эхо в настоящем смысле слова здесь речи нет). Для этой цели ток с адаптера, проигрывающего переписываемую пластинку, подается на репродуктор, стоящий в комнате эхо. В той же комнате устанавливается микрофон в таком положении относительно репродуктора, чтобы отраженные звуки падали в более или менее значительной пропорции относительно прямых.

Само собой разумеется, что при переписи может быть также исправлена частотная характеристика. Возможно при переписи и некоторое удаление фона (например, шипения ста-

<sup>43</sup> Сухаревский Ю. М., Современная электроакустика и вещание по проводам, М. 1936. Здесь же см. схемы компрессоров и экспандеров.

рой пластинки, с которой ведется перепись) путем применения электронного реле, подобранного так, что оно срабатывает в паузах, автоматически микшируя эти моменты (р е л е п а у з).

Упомянем об удобстве применения дубликатора для одного-специального типа граммофонных пластинок. Пусть, например, для какого-либо общественного помещения надо записать короткий возглас «выход здесь». Если этот возглас состоит из 4—5 слогов, он умещается за один оборот граммофонной пластинки. Поэтому представляется возможным сделать канавку не спиральной, а кольцевой, что позволяет осуществить непрерывное воспроизведение этого возгласа на электрограммофоне в течение произвольного времени вплоть до износа пластинки.

Сделать такую запись на обычном станке, не приспособивая к нему какого-либо устройства, автоматически поднимающего рекордер точно по прошествии одного оборота, — практически невозможно. Зато чрезвычайно просто произвести такую запись на обычном спиральном ходу, а затем перенести ее медленно и спокойно с помощью дубликатора на кольцевую канавку. С помощью этого приема можно производить также некоторые специальные измерительные записи на кольцевых канавках, надобность в которых может встретиться в лабораторной практике.

Для полноты обзора укажем, что высказывались также своеобразные идеи видоизменения метода записи, не нашедшие практического применения. Так, высказывалась идея промежуточной по характеру глубинно-поперечной записи<sup>44</sup>. Предлагалось устройство для записи с переменным шагом соответственно местной громкости<sup>45</sup>. Предлагались также методы, совершенно меняющие характер записи, например предложено производить запись на нить искусственного волокна путем передачи колебаний рычажной системой на заслонку, изменяющую сечение фильеры, через которую прядильный раствор пропускается в осадительную ванну, так что нить получается с соответствующими утолщениями<sup>46</sup>; воспроизведение предполагалось осуществлять пропусканием этой нити через специальное ушко, связанное с мембраной.

Предлагалось и выжигание резцом (накаленным электрическим током<sup>47</sup>) и наплавление на плоскость струи застывающей жидкости, подаваемой из колеблющегося устья<sup>48</sup>.

Ни одна из этих идей не оказалась практичной.

В заключение главы о записи можно заметить, что лица, знакомящиеся с описываемым производством, обычно обращают внимание на обилие измерительных приборов, переключателей и прочих элементов регулирования в аппаратной и, сравнивая с предыдущим, восковым цехом (а также и с последующими), приходят к заключению, что запись является самым непонятным участком производства. Между тем, в действительности для инженера трудности лежат вовсе не там, где процесс контролируется большим количеством разнообразных приборов, а как раз там, где этот процесс плохо поддается контролю.

<sup>44</sup> Герм. пат. 217700 и 225036 (1909).

<sup>45</sup> Герм. пат. 572527 (1929).

<sup>46</sup> Герм. пат. 236671 (1910).

<sup>47</sup> Например герм. пат. 130616 (1900).

<sup>48</sup> Герм. пат. 223381 (1908), Deutsche Grammophon A. G.

## Глава IX

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАТРИЦ

## 71. Схемы гальванического процесса

В § 56 уже были изложены общие приемы размножения инструмента путем перехода от I оригинала к III оригиналу. На практике переход этот может выполняться в разных технических вариантах. Три из таких вариантов представлены<sup>49</sup> на рис. 109.

В варианте А весь процес изготовления оригиналов идет в меди, но III оригиналы с целью повышения твердости рабочей поверхности и улучшения коррозионной стойкости никелируются и хромируются. Надо сразу заметить, что обе последние операции гальваностегические и как таковые ухудшают точность копии: в рассматриваемом производстве желательно избежать гальваностегических процессов.

В варианте В, после нанесения РС, на II оригинал производится гальванопластическое никелевое отложение (такое отложение, в отличие от гальваностегического никелирования, в производстве называют никелевым очком) и, таким образом, после разделения III оригинал уже сразу имеет никелевую поверхность. Здесь гальваностегической операцией является лишь хромирование.

В этом варианте В никелевое очко имеется не только на III оригинале, но также и на II оригинале. Здесь его назначение не ограничивается повышением твердости поверхности: как увидим ниже, РС, приготовленный на никелевой поверхности, технически совершеннее РС, приготовленного на меди.

Хотя вариант В лучше варианта А, но он еще не является идеальным. Например, дальнейшими против варианта В усовершенствованиями являются: во-первых, введение никелевого очка на I оригинале и, во-вторых, неосуществленное пока отложение хрома по способу хромового очка, т. е. гальванопластически.

<sup>49</sup> Нужно иметь в виду, что рисунки эти схематичны. На изломе воска мы не увидим, например, РС, так как его толщина ниже разрешающей способности самого совершенного микроскопа.

Возможно существование также и промежуточных между А и В вариантов. Таким, например, является вариант Б, в котором I и II оригиналы никелируются, а на III оригинале готовится никелевое очко.

Смысл процесса размножения сводится к тому, что с воскового диска может быть снят лишь один безупречный I оригинал, в то время как с I оригинала уже может быть снято несколько II оригиналов, а с каждого из II оригиналов — целый ряд III оригиналов.

Процесс размножения связан, как мы увидим ниже, с рядом обработок — химических (нанесение РС) и механических (полировка). Многократное повторение этих обработок ухудшает поверхность оригинала, с которого производится снятие копий. Поэтому на предприятиях, соответствующим принятому процессу работы, устанавливают обычно предельное число копий, могущих быть снятыми с оригинала. Установление этой величины определяет уже

возможный тираж записи. Так, если допустимое количество копий (коэффициент размножения) принято, например, десять, то с воска будет снят один I оригинал, с него десять II оригиналов, с них сто III оригиналов. При средней прессовой тиражности каждого III оригинала, например в 1000 пластинок, это обеспечит изготовление 10 000 пластинок с одного воска. На практике коэффициент размножения I и II оригиналов обычно не устанавливается одинаковым, да и общие тиражи различных записей колеблются в очень широких пределах (примерно от 5000 до 500 000 пластинок).

Чем выше стойкость матриц, тем выше прессовая тираж-

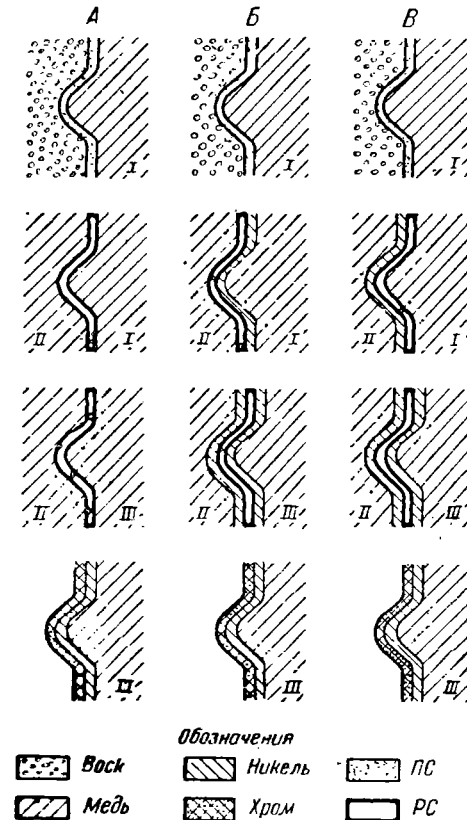


Рис. 109.

ность их и, следовательно, тем меньшая требуется производительность от гальванного цеха. Максимальной прессовой тиражностью матрицы считается 10 000 пластинок<sup>50</sup>, однако она не достигается на практике, хотя, например, Ollard указывает, что с иных матриц удается снять 25—30 тыс. пластинок.

Обычно считают, что средняя тиражность никелированной матрицы равна 700—800 пластинок, а хромированной 2000 пластинок. Указывают, как пример, что фирма Telefunken затратила на 80 000 пластинок 50 матриц<sup>51</sup>.

Насколько жестки условия работы матриц в производстве граммофонных пластинок, видно из сравнения тиражности их с тиражностью полиграфических форм; например, в плоской печати:

медные матрицы	дают	.....	50 — 300	тыс. оттисков
никелированные	"	.....	600 — 1000	" "
хромированные	"	.....	1000 — 1500	" "

В производстве граммофонных пластинок тиражность примерно в тысячу раз ниже.

Когда, по условиям дефектности процесса, средняя прессовая тиражность матриц недостаточно высока (что может быть при грубой массе, неправильном режиме прессования, малостойких матрицах), а вместе с тем требуются очень высокие тиражи, приходится прибегать к увеличению количества матриц.

В этом случае вместо увеличения числа копий предпочтительнее пуск в производство нескольких параллельно записанных дисков; менее удачным средством является удлинение цикла гальванического размножения, например доведением его до V оригинала. Так как использование всех V оригиналов дало бы слишком большое число матриц (например, при взятом выше для примера коэффициенте размножения, равном десяти, это дало бы 10 000 матриц), то на изготовление V оригиналов пускают лишь часть III оригиналов.

Нужно, однако, иметь в виду, что всякое удлинение гальванического цикла по пути удаления от воска приводит к повышению искажений формы; к применению V оригиналов прибегают поэтому лишь в исключительных случаях.

## 1. Проводящий слой

Для того чтобы на воск стало возможным нарастить металл в гальванической ванне, необходимо нанести на воск тонкий слой проводящего материала.

Чем тоньше будет этот слой, тем меньше скажется его вредное влияние на несоответствие негатива позитиву. Чем выше проводимость этого слоя, тем легче и быстрее произойдет «затяжка» его металлом в гальванической ванне.

В качестве проводящего материала применяют графит и металлы, из последних преимущественно серебро и золото.

Слой наносится либо путем опудривания (точнее натирания) предварительно приготовленным очень тонким порошком, либо отложением на воске металла, выделяющегося *in statu nascendi* при химической реакции, либо осаждением на воске частиц металла, распыленных электрическим током.

## 72. Графитирование

Графитирование применяется только при способе механического опудривания.

Графит, применяемый для покрывания воска, должен быть очень мелок и не должен содержать царапающих частиц, например окиси железа. Для удаления железных окислов графит замешивают с водой в тесто и добавляют соляной кислоты. После суточного стояния с кислотой, графит тщательно отмывают во многих водах и сушат. Затем графит измельчают и просеивают через шелковое сито.

Для удаления силикатов рекомендуют последовательную обработку концентрированной серной кислотой и едким натром<sup>52</sup>.

Лучшие результаты дает, однако, применение графита с примесью металлов в виде так называемого графита «серебряного» и «золотого», содержащего тот или другой из этих металлов.

Диспергирование металлов достигается обычно смешением с графитом серебряных или золотых солей, способных разлагаться с выделением соответствующего металла.

Для приготовления серебряного графита на частицах графита осаждают металлическое серебро прокаливанием нитрата.

**Пример приготовления серебряного графита.** К 1 кг очищенного мелкого графита прибавляют раствор 150 г кристаллического азотнокислого серебра ( $\text{AgNO}_3$ ) в 2 л дистиллированной воды, размешивают, высушивают в чашке в сушильном шкафу и прокаливают при красном калении в фарфоровом тигле с крышкой: при этом серебряная соль разлагается и выделяется дисперсное металлическое серебро. По охлаждении графит снова толкут и просеивают через шелковое сито.

Для приготовления золотого графита можно поступать несколько проще, так как галоидные закисные золотые соли легко разлагаются с выделением металлического золота.

<sup>50</sup> Nesper E., Die Schallplatte, Berlin, 1930, стр. 44.

<sup>51</sup> Schallplatten kein Geheimnis mehr, Funk. 1934, 21: 377—9.

<sup>52</sup> Герм. пат. 109333 Langbein'a.

## 73. Бронзирование

**Пример приготовления золотого графита.** 1 кг очищенного мелкого графита хорошо замешивают с раствором 20 г хлористого золота ( $\text{AuCl}_3$ ) в 2 л серного эфира, а затем раскладывают пасту на фарфоровом противне; эфир улетучивается, после чего пасту нагревают в шкафу или подвергают действию солнечных лучей.

Можно также вводить серебряные и золотые соли в массу, предназначенную для обжига на графит.

Самое графитирование производится обычно специальным рабочим; умение его сводится к тому, чтобы, не исцарапав воск, вместе с тем заграфитировать его достаточно равномерно.

Для графитирования были предложены<sup>53</sup> и выпускались<sup>54</sup> специальные машины и о применении их имеются упоминания в описаниях изготовления матриц для граммофонных пластинок<sup>55</sup>; однако эта операция настолько деликатна, что на чисто машинное ее выполнение не полагались. Чаще роль механизма сводилась к вращению щетки (представлявшей длинный и узкий гребешок из мягкого, например куньего волоса) и горизонтального столика, на котором помещался воск (солику придавалось около 300 об/мин). Избыток графита сдувался сжатом воздухом.

Недостатком графита является его значительное удельное сопротивление порядка  $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{см}^2$ , гораздо более высокое, чем у металлов (например у серебра  $1,6 \cdot 10^{-6}$ , у золота  $2,4 \cdot 10^{-6}$ )<sup>56</sup>. Нужно еще иметь в виду, что электропроводность графита тем меньше, чем менее сжат порошок. Наконец, графит плохо смачивается водой.

Не говоря о малой электропроводности графита, нежелательна сама механическая обработка воска, именуемая местом при графитировании.

На том основании, что графит легко оставляет след даже на мягких предметах, утверждают иногда, что он обладает очень малой твердостью ( $< 1$  по Мосу). В действительности, твердость его достаточно высока (3,5 по Мосу), и потому с возможностью царапания воска графитом определенно приходится считаться. Способность графита оставлять черту основывается не на его малой твердости, а лишь на исключительном развитии плоскостей спайности и отсюда большой способности к скольжению этих плоскостей друг по другу.

Натирание металлическим порошком, несмотря на явные преимущества металла перед графитом по электропроводности, не могло вытеснить графитирования по той причине, что металлические порошки очень плохо пристают к воску.

Поэтому из методов бронзирования получил применение лишь двойной процесс, при котором сперва на станке, сходном с графитировочным вращающимся столиком, наносится слой тонкого (просеянного предварительно через сито с отверстием около 60  $\mu$ ) металлического порошка, обычно латунного или бронзового, а часто и просто медного, а затем уже, по реакции замещения, на воск осаждается вместо этого металла — другой, держащийся более прочно в силу своей высокой дисперсности, обусловленной условиями выделения. Обычно этим вторым металлом бывает серебро.

**Пример бронзирования.** Бронзовый порошок взбалтывают с эфиром (или  $\text{CCl}_4$ ) для обезжиривания, натирают им воск, а затем, промыв воск водой, поливают его для улучшения смачиваемости 20%-ным раствором этилового спирта и с помощью кисточки из верблюжьего волоса удаляют воздушные пузырьки. Спирт сливают и наливают свежую порцию — смачивание должно быть на этот раз полным. Слив и эту порцию спирта, тотчас же наливают раствор 6 г азотнокислого серебра и 37,5 г цианистого калия в 1 л дистиллированной воды. Процесс идет быстро, протекание его заметно по изменению окраски поверхности воска. Когда дальнейшего изменения цвета более не происходит, раствор сливают и наливают свежую порцию раствора. Растворы рекомендуются наливать на зеркало (центр) воска и самый воск при этом слегка покачивать, внимательно следя за отсутствием пузырьков в канавках. Слив раствор, промывают тщательно водой. Необходимо следить за тем, чтобы все растворы имели одинаковую (комнатную) температуру. Если состав воска это допускает, желательно, чтобы растворы были несколько тепловатыми; в этом случае и сам воск подогревают приблизительно до 30—35°.

Из приведенного примера видно, что для получения серебра в более дисперсном виде применяются такие серебряные соли, из которых вытеснение серебра происходит замедленно; например в анионе  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$  требуется диссоциация аниона для появления ионов  $\text{Ag}^+$  и потому эта соль как раз и находит применение.

## 74. Химическая металлизация

При химической металлизации металл, выделяемый при восстановлении соли, осаждается на воске.

Например, металлическое серебро выделяется восстанови-

<sup>53</sup> Например герм. пат. 40289.

<sup>54</sup> Например фирма А. Hogenforst, Leipzig.

<sup>55</sup> Kaiser H., Die Schallplattenfabrikation. Gum 1913, 23;

<sup>56</sup> В тонком слое, с которым в ПС всегда приходится иметь дело, удельное сопротивление металлических пленок оказывается повышенным против удельного сопротивления тех же металлов при значительных сечениях. Повидимому, это относится и к графиту; поэтому сами цифры сопротивления будут еще больше, но относительный порядок материалов сохранится.

телями из его солей. В общем случае восстановления солей серебра оно выделяется в виде черного грубодисперсного порошка, но при подходящих условиях восстановления выделяющееся серебро образует зеркальный блестящий слой. На практике выработан ряд рецептов выделения серебра в виде зеркального слоя; некоторые из этих способов, например способ Брешира (Brashear), дают более грубый и толстый осадок, другие же, как способ Бетгера (Böttcher) и Люмьера (Lumière), дают более тонкий осадок<sup>57</sup>. Рецепты выработывались по существу для серебрения стекла, однако и в гальванотехнике давно уже прибегали к этого рода приемам<sup>58</sup>.

Первоначальные методы выполнения восстановления серебряных солей не обеспечивали, однако, необходимой устойчивости процесса. Так, например, рекомендовалось смазывать поверхность 5%-ным раствором  $\text{AgNO}_3$ , давать высохнуть и вновь повторять смазывание два-три раза, а затем подвергать поверхность действию солнечных лучей или газообразного восстановителя (водорода, сероводорода, мышьяковистого водорода и т. д.). Предлагали и применение восстановителя, добавляемого в виде жидкости (например фосфора, растворенного в сероуглероде), однако этот метод для восков не подходит, так как следует избегать присутствия веществ, растворяюще действующих на восковой сплав.

Наибольшее значение получили методы, основанные на применении растворимых в воде восстановителей, как селитроватая соль, сахар, альдегиды, метол, гидрохинон и т. д. Так, например, для серебрения граммофонных восков давно предложен либиховский раствор<sup>59</sup>.

Практически при серебрении прежде всего принимают меры к тщательной очистке поверхности, иногда к охлаждению воска путем выдержки его при низкой температуре<sup>60</sup>, затем перед самым серебрением смешивают вместе раствор серебряной соли и раствор восстановителя и полученным раствором, выделяющим дисперсное металлическое серебро, обливают восковой диск.

В качестве практического примера проведения процесса серебрения приведем способ английской фирмы The Gramophone Co. Ltd.<sup>61</sup>.

**Пример химической металлизации.** Промывают воск в течение 1 мин. спиртом, затем около 2 мин. раствором:

олово двухлористое . . . . . 5 г  
 соляная кислота (уд. вес 1,19) . . . . . 40 мл  
 дистиллированная вода . . . . . 1 л

промыв затем дистиллированной водой, смешивают заранее приготовленные растворы:

A { азотнокислого серебра . 40 г  
 дистиллированной воды . 1 л  
 B { пирогаллола . . . . . 7 г  
 лимонной кислоты . . . . 4 г  
 дистиллированной воды . 1 л

причем раствора А берется 1 ч, а раствора В — 5 ч. После серебрения следует снова промывать дистиллированной водой.

Химическое серебрение представляет очень деликатный процесс. Ангерер<sup>57</sup> пишет по этому поводу: «найденные долгими пробами рецепты часто напоминают алхимические прописи; все же рекомендуется строжайше придерживаться всех мельчайших указаний, так как кажущееся совершенно несущественным отклонение может погубить всю работу».

Чтобы яснее разобраться в процессе мокрого серебрения, позволим себе напомнить вкратце близкий к этому случаю фотографический процесс.

При освещении галоидной соли серебра в освещенных местах образуется так называемое латентное изображение (невидимое, но могущее быть проявленным). Наиболее вероятно считать, что в этом латентном изображении под влиянием света произошло местное восстановление соли с выделением ничтожных количеств металлического серебра.

При последующем действии проявителя, восстанавливающего серебряную соль (содержащуюся, например, на фотопластинке), выделяется металлическое серебро в значительно больших количествах. Это выделенное проявителем серебро отлагается на первоначальных частях изображения, которые играют при этом роль зародышей, подобную роли центров кристаллизации в пересыщенных растворах. Благодаря отложению этого серебра в виде темного слоя, изображение становится видимым.

При следующем затем обычно «фиксировании» происходит растворение и смывание остатка галоидного серебра, благодаря чему проявленное изображение становится стойким.

Представим себе, однако, случай, когда экспонированная пластинка по каким-либо причинам, прежде чем быть проявленной, попала в фиксажную ванну. Такая пластинка примет вид чистого совершенно прозрачного стекла, не имеющего никакого изображения. Однако такая «погибшая» пластинка все же несет на себе латентное изображение в виде частиц металлического серебра, так как металлическое серебро не могло раствориться в фиксажной ванне; то, что мы его не видим, еще не свидетельствует об его отсутствии. Поэтому законен вопрос: нельзя ли превратить это латентное изображение в видимое?

В обычном проявителе безусловно нельзя, так как отсутствуют галоидные серебряные соли, из которых могло бы осесть на зародышах латентного изображения металлическое серебро. Но в специальном составе, содержащем такие соли, — возможно.

<sup>57</sup> Angerer, Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen.

<sup>58</sup> См. книгу анонимного автора К. О. «Гальванизм», изд. 1844 г., ч. 1, стр. 231, где говорится о металлизации жирной поверхности нанесением мокрым путем слоя металлического серебра, выделяемого из раствора восстановителями.

<sup>59</sup> Pfannhauser W., Galvanotechnik 1928 г., стр. 821.

<sup>60</sup> Worms G., La fabrication de disques de phonographe. Le génie civil 1934, 104; 11: 243—7.

<sup>61</sup> По франц. пат. 649820 (1918).



В фотографической практике для этой цели пользуются так называемым серебряным усилителем<sup>62</sup>, приготовляемым из двух растворов:

А	{	азотнокислого серебра 50 г	В	{	метола или пирогаллола 15 г
					лимонной кислоты 10 г
		дистиллированной воды 1 л			дистиллированной воды 1 л

перед употреблением оба раствора сливаются, причем на 1 объем раствора А берется 3—5 объемов раствора В.

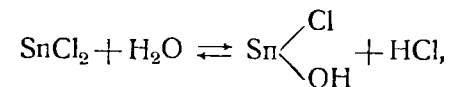
Нельзя не обратить внимания на сходство рецептуры применяемого в фотографии серебряного усилителя с рецептурой приведенного выше химического серебрения (некоторые количественные отличия, конечно, не меняют сути дела). Это сходство указывает на родство процессов.

В фотографии вызывание изображения с помощью серебряного усилителя относят к методу так называемого физического проявления (в отличие от обычного — химического)<sup>63</sup>. В этом случае по существу пирогаллол действует как усилитель; при обычном проявлении пирогаллолом его применяют не в кислой (лимонная кислота), а в щелочной среде, в которой восстанавливающее действие пирогаллола значительно сильнее и сам процесс идет быстрее.

Что же создает при работе с воском первичные зародыши? Здесь можно высказать два предположения. В качестве первого естественно предположить образование этих зародышей за счет действия света в период серебрения. В качестве второго предположения можно допустить восстанавливающее действие соли закисного олова (участвующей в первоначальном растворе приведенного выше примера). Достаточно строгих исследований этого вопроса применительно к воску автору неизвестно<sup>64</sup>.

Роль двуххлористого олова не вполне ясна — обычно приписывают ему значение в отношении предварительной очистки поверхности.

Этот реактив нашел применение прежде всего при серебрении стекла в производстве зеркал и потому высказывалось предположение о взаимодействии  $\text{SnCl}_2$  со стеклом с образованием силиката олова. Однако этот реактив оказывает свое благоприятное действие и при очистке разнообразных нестеклянных поверхностей<sup>65</sup>, и потому больше веса придают предположению, что гидролиз двуххлористого олова



протекающий в разбавленном растворе с образованием хлорокси олова, а затем и коллоидного золя гидрокси олова  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ , ведет к выделению на очищаемой поверхности прочно пристающих частиц гидрогеля двуокиси олова, которые могут, повидимому, служить центрами кристаллизации<sup>66</sup>.

Роль вводимой в приведенный выше рецепт соляной кислоты состоит в смещении равновесия влево для предупреждения преждевременного образования основной оловянной соли, которая получается в силу этого лишь в процессе сильного разбавления при обработке на воске.

Процесс химического или, как говорят, мокрого серебрения может давать очень хороший ПС, но вместе с тем он не обеспечивает от неожиданностей. Так, например, иногда на поверхности зеркала обнаруживаются желтоватые пятна, повидимому,  $\text{Ag}_2\text{O}$  или металлического серебра более грубой дисперсности, хотя и затягивающиеся медью при последующем отложении, но придающие пятнистый вид готовой пластинке.

Весьма возможно, что в процессе серебрения далеко различен состав воска, за счет которого можно вероятно отнести не только эту пятнистость, но и наблюдающееся отличие в серебрении восков разного состава.

Хотя нередко подчеркивается значение смачиваемости воска для успеха серебрения<sup>67</sup>, однако систематическими работами этот вопрос в данной области еще недостаточно освещен. Цели улучшения смачиваемости в приведенном

<sup>62</sup> Macchia O., The action of stannous chloride on silver mirror formation. The Chemical News 1927, 135; 3519: 197—200.

<sup>63</sup> Это объяснение роли оловянных солей оставляет неясным вопрос о том, как протекает процесс образования зеркала на стекле при проявке другими реактивами, например хромовой смесью. См. также Нейман Т. Т. и Москвин Б. Н., Влияние предварительной химической подготовки поверхности стекла на процесс серебрения. Оптико-мех. промышл. 1937, 7; 4: 8—10.

<sup>64</sup> См. например, Worms (сноска 60), стр. 244. Здесь рекомендуется применение чисто физических методов улучшения смачиваемости. Повидимому, таким методом является искусственное осаждение росы на воске.

<sup>62</sup> Энглиш Е., Основы фотографии. Руководство практической и научной фотографии, М.-Л. 1931, стр. 179; также стр. 25—27 и 31. Евдокимов Б. А., Фото-рецептура и фотографический справочник, Л. 1928, стр. 22, рецепт 11. Вальета Э., Химия фотографических процессов, ч. II, М.-Л. 1927, стр. 181. Этот усилитель более пригоден для коллоидных эмульсий (мокрый способ), а не желатиновых (обычных пластинок). Но эта сторона дела для нас не представляет интереса. См. также Лабурт Ю. К., Фото-механические процессы, М.-Л. 1935, стр. 102—105.

<sup>63</sup> O'Neil A. F., More on physical Development, The British Journal of Photography 1934, 31; 3850: 91—2 и предыдущие статьи за 1933 г. в том же журнале.

<sup>64</sup> Напротив, по серебрению стекла количество работ не так уже мало; так, например, в работе „The making of reflecting Surfaces“ (двух обществ: The physical society of London и The Optical society), являющейся монографией по серебрению стекла и изданной в 1920 г., имеется 111 библиографических ссылок (по Ангереру, стр. 19).

выше примере служит обмывка воска спиртом; применение других веществ, способствующих реверсии смачиваемости, затрудняется в значительной мере тем, что вещества эти не должны в отношении компонентов воскового сплава обладать растворяющим действием. Применение спирта оказывается возможным лишь благодаря тому, что растворимость воска практически очень резко падает с понижением температуры.

Прикосновение к лицевой поверхности (во избежание механических повреждений) не допускается, еще начиная с процесса шлифовки. Нужно заметить, что оно недопустимо также и с точки зрения серебрения воска, так как даже прикосновение в процессе *очистки*, как было в некоторых случаях установлено, служило источниками последующих пятен.

Исключительное значение чистоты для успеха процесса серебрения подтвердилось также в работах Американского бюро стандартов, проделавшего большую работу по сопоставлению разных рецептов серебрения<sup>68</sup>.

Интересно, между прочим, отметить, что этими работами не рекомендуется подвергать серебримую поверхность действию воздуха более чем на 2 сек. кряду.

Нередко утверждают, что все серебрильные растворы взрывчатые. Однако<sup>69</sup> склонность к самопроизвольным взрывам наблюдается лишь у составов, исходящих из аммиачного раствора серебра, способных образовывать гремучее серебро ( $\text{Ag}_3\text{N}$ ).

Слой, полученный при химическом серебрении (как, впрочем, и другими путями нанесенные металлические ПС), должен обладать не только адгезией относительно воска, но и когезия его должна быть достаточной. Как раз при столь тонких слоях<sup>70</sup> этому требованию оказывается очень трудно удовлетворить. Это обстоятельство очень существенно. Именно в силу его оказывается, как мы увидим ниже, затруднительным откладывать достаточно надежно никель непосредственно на ПС, так как никелю свойственно создавать сильные натяжения, стремящиеся искривить поверхность и приводящие к деформации слоя. Эта же причина вызывает в некоторых случаях морщинистость («гофр») при затяжке медью. Интересно по этому поводу отметить, что при серебрении

зеркал наблюдается<sup>71</sup>, что поверхность серебра сходит и дуплится не только от разбавленных кислот, но даже от кислотных паров в воздухе.

Наконец, прочность ПС играет большую роль еще в одном отношении: при последующем удалении воска с I оригинала необходимо, чтобы ПС целиком оставался на I оригинале, так как если он остается *частично* (сходит пятнами), то пятна эти будут затем заметны и на пластинке.

Этот случай, если вспомнить, что толщина ПС далеко не достигает микрона, очень показателен в том отношении, что подчеркивает степень деликатности всего процесса в целом.

Описаны также способы химического золочения<sup>72</sup> и меднения<sup>73</sup>, однако о применении их в данной отрасли ничего неизвестно.

### 75. Катодное распыление

Процесс металлизации граммофонных восков методом катодного распыления в вакууме также насчитывает значительную давность. Уже в 1900 г. Эдисону был выдан патент<sup>74</sup> на «способ покрывания фонограмм весьма тонким металлическим покровом, характеризуемый тем, что первичная фонограмма, вращаемая и находящаяся в вакууме, помещается против одного или нескольких металлических электродов, между которыми поддерживается тихий электрический разряд высокого напряжения, так что при этом испаряющийся с электродов металл осаждается на фонограмме».

На рис. 110 представлена конструкция, приведенная при упомянутом патенте Эдисона; на этом рисунке показан случай металлизации не диска, а авалика.

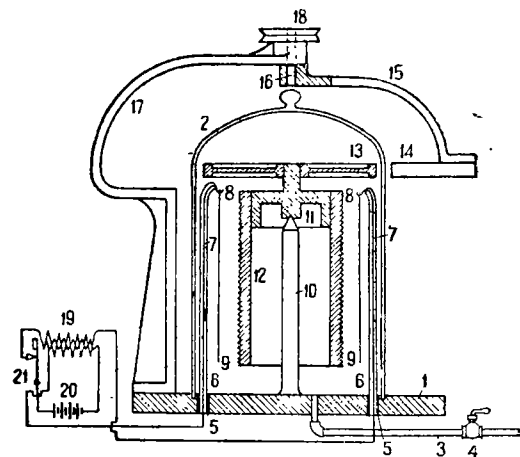


Рис. 110.

<sup>68</sup> Русск. реферат см. Черный И. А., Серебрение оптических поверхностей. Оптико-механ. промышленность, 1932, 2; 11: 16—7.

<sup>69</sup> Baum F., Berthollets Knallsilber und Silberspiegelbildung II. ChZ 1932 53; 36: 354.

<sup>70</sup> Слой, полученный при химическом серебрении, может быть оценен, примерно, в  $10^{-4}$  мм. Толщина эта зависит от многих причин. Например установлена для случая серебрения стекла ее зависимость от содержания ионов хлора в ванне: при 2,5%-ном содержании эта толщина оказалась наибольшей: 0,125 м. Москвин Б. Н. и Виокуров В. М., О серебрении стекла. Оптико-механ. промышленность. 1935, 5; 3 (47): 13.

<sup>71</sup> Baum F. (см. сноску 69) II, ChZ 1929, 53; 38: 374.

<sup>72</sup> Wernicke W., Pogg. Ann. 1868 133, 183.

<sup>73</sup> Fleisch E. A. H., Trans. of the optical Soc. 1924, 25; 229.

<sup>74</sup> Герм. пат. 128505.

На плите 1 находится вакуумная камера 2 в виде колокола. Трубка 3 с краном 4 служит для эвакуирования камеры с помощью непоказанного на рисунке вакуумнасоса. В резиновых втулках 5 проведены две стойки 6 из изоляционного материала, а в них подведены проводники 7, имеющие крючки 8 на концах. На каждом из этих крючков висит по электроду 9 из того материала, которым должен быть покрыт воск (электроды имеют форму проволок, листов и т. п.). Между электродами укреплена стойка 10, несущая сверху вращающуюся часть 11, на которой и висит (благодаря внутренней конусности) фонографский валик 12. Та же вращающаяся часть 11 несет еще анкер 13 подковообразного магнита 14, находящегося вне вакуумной камеры и укрепленного на плече 15, сидящем на оси 16, вращающейся в подшипниках стойки 17 и несущей приводную шайбу 18, через которую и передается движение.

К проводникам 7 ток высокого напряжения подводится от вторичной обмотки большой индукционной катушки 19, первичная обмотка которой находится в цепи источника тока 20 и прерывателя 21.

В этом патенте Эдисон отмечает, что наилучшие результаты получаются с золотой фольгой.

Приведенная схема имеет сейчас историческое значение и представляет лишь лабораторный интерес (например, интересное решение задачи вращения без усложнения аппаратуры лишними уплотнениями).

Промышленные установки имеют обычно дело с металлическими камерами, закрываемыми дверцами с надежным уплотнением. Подобная установка изображена ниже на рис. 111.

Эдисон лишь первым применил способ катодного распыления для металлизации восков; сам процесс катодного распыления был известен еще до него. Впервые это явление было обнаружено в 1852 г.<sup>75</sup>

Однако, несмотря на давность этого процесса, теоретические основы его еще недостаточно разработаны, о чем лучше, нежели что-либо иное, свидетельствует обилие различных теорий, предложенных для объяснения этого процесса.

Уже приведено было в формулировке патента Эдисона одно из подобных объяснений — испарением металла на электродах и осаждением на подставленном теле; такова была действительно точка зрения того времени<sup>76</sup>: предполагалось, что роль электрического тока сводится к достижению

местного перегрева электродов до температур, при которых может происходить испарение металла, и наличие вакуума лишь облегчает это испарение.

Эта точка зрения не вполне утратила значение и в настоящее время, однако теперь местный перегрев объясняется (Hirpel) ударами о поверхность катода положительных ионов газа, обладающих большой кинетической энергией, превращаемой в тепло.

Высказывались также предположения, что окклюдированный газ, уходя с поверхности, механически отрывает частицы металла (A. Berliner) или что удары о поверхность катода положительных ионов создают столь высокие давления, что возникают микровзрывы, разбрасывающие металлические частицы (Bush и Smith). Однако более поздние спектроскопические исследования (Hirpel) и исследования отклонения лучка при распылении в магнитном поле (Baum) установили, что распыляемые частицы металлов являются атомами, а не случайных размеров субмикроскопическими обломками.

Не останавливаясь на таких теориях, которые предполагают образование временных эндотермических летучих химических соединений газа с металлом и даже псевдогаза, как бы коагулирующего затем с образованием коллоидной металлической пыли (Kohlschütter), укажем, что наиболее вероятно, повидимому, предположение Штарка<sup>77</sup>, по которому бомбардирующие катод положительные ионы газа непосредственно выбивают атомы из кристаллической решетки.

Таким образом, роль ионов газа оказывается очень существенной. Ионизация газов происходит под влиянием электрического поля, которое увеличивает скорость движения электронов в газе, пока она не достигнет таких величин, что столкновение с молекулой газа вызовет отрывание электрона. Именно наличие этих электронов, являющихся носителями тока, делает газ электропроводным<sup>77а</sup>.

Поскольку ионизация происходит в этом случае под действием электрического поля, а не каких-либо внешних причин (как, например, фотоэффекта,  $\alpha$ -лучей и т. д.), наступает самоподдерживающийся тлеющий разряд.

Этот разряд сопровождается свечением, которое может быть объяснено тем, что ударяющий электрон, если энергия его достаточно велика, вызывает ионизацию атома, т. е. отрыв внешнего электрона. Возбужденный атом быстро вновь возвращается на более низкий уровень, отдавая при этом полученную от электрона энергию и производя излучение.

<sup>77</sup> Stark J., ZCh 1909, 15; 509

<sup>77а</sup> См. подробнее Капцов Н. А., Физические явления в вакууме и разреженных газах. М.—Л. 1937, Рожанский Д. А., Физика газового разряда. М.—Л. 1937.

<sup>75</sup> Grove W. R., Phil. Trans. 1852, I. Цит. по Fluth H. F., Cathode Sputtering-Commercial Application. BSTJ 1932, II; 2: 283—92.

<sup>76</sup> Hittorf, Wied. Ann. 1884, 21; 126 по Fluth.

Катодное распыление ведется в технических условиях при розоватом свечении; это свечение достаточно интенсивно, чтобы делать покрываемый воск доступным обозрению в течение самого процесса. Для этого можно предусмотреть глазки в металлической камере.

При катодном распылении происходит обычно повышение температуры металлируемого тела (в значительной мере за счет катодных лучей) и потому применяются меры к охлаждению камеры и непосредственно восков. Особенно сильный разогрев происходит в том случае, когда к воску прикасается темное кружково пространство <sup>78</sup>.

Нагревание воска, даже не доводящее его поверхность до размягчения и деформации, нежелательно с точки зрения возможности выделения адсорбированного газа, что вызовет нарушение слоя.

Общий вид технической установки катодного распыления <sup>78a</sup> показан на рис. 111. На переднем плане виден вакуумный насос, а дальше сама камера, закрываемая наглухо привинчивающимися

на струбчинках крышками. В эту камеру одновременно заводится 6 дисков. (В камере помещаются даже крупные кинематографические диски, однако в этом случае лишь 4.)

Рис. 111.

<sup>78</sup> Кейко О. Г., Получение тонких металлических пленок катодным распылением. ЖТФ 1933, 3; 4: 653—6.

<sup>78a</sup> Типа, близкого к применяемым фирмами Lindström, Crystalate Gramophone Co и др. и выпускаемого фирмой La Dispersion Cathodique, Société Anonyme (в Брюсселе). Общий вид установки катодного распыления, применяемой в Доме звукозаписи в Москве, приведен в статье Регирер Е. И., Промышленное производство грампластинок, РФ, 1938, 20: 40—42. 21—2: 54—7.

Диски укрепляются с помощью латунных колец на выдвижных штоках.

В округленных цифрах можно считать, что на разгрузку и заполнение затрачивается 10 мин., еще 10 мин. на создание разрежения и, наконец, до 10 мин. на самое распыление. Таким образом, за полчаса в этой камере металлизуется 6 дисков. Следовательно, при односменной семичасовой работе эта установка дает возможность пропускать 84 диска в день, что практически достаточно для обслуживания крупного предприятия.

Вакуум, применяемый при катодном распылении, достигает 0,01—0,02 мм рт. ст., т. е. 13—25 бар — иначе говоря, он не очень высок (для сравнения укажем, что вакуум радиолампы — величина порядка  $10^{-8}$  мм рт. ст.). Сравнительно низкий вакуум позволяет ограничиться при устройстве камеры простым резиновым уплотнением.

Хотя распылению поддаются самые разнообразные металлы, в промышленности грампластинок имеют применение лишь золото и серебро, причем последнее стало входить в практику лишь приблизительно с 1932 г. (напомним, что электропроводность серебра в полтора раза выше электропроводности золота).

В описанной камере за одно распыление расходуется примерно 1 г серебра — это количество, таким образом, достаточно для опыления 6 дисков диаметром 280 мм. Конечно, не все количество серебра оседает на дисках, а часть составляет потери, но даже если считать, что все это серебро попадет на диски, найдем, что толщина слоя серебра составит (при поверхности 6 дисков в  $3700 \text{ см}^2$  и при плотности серебра  $10,5 \text{ г/см}^3$ ) лишь

$$\frac{1 \cdot 10^7}{3700 \cdot 10,5} = 257 \text{ мк.}$$

В действительности распыленный слой серебра может быть и в 10 раз тоньше. Чтобы дать представление о малости этой величины, напомним, что длина волны красного света  $\sim 0,8 \text{ мк}$ , фиолетового  $\sim 0,3 \text{ мк}$ , т. е. величины большего порядка.

Одним из приемов улавливания не попадающего на диски драгоценного металла является устройство съемной сорочки внутри камеры, принимающей на себя неосевший на воске металл, откуда он и может быть впоследствии регенерирован.

Следует подчеркнуть, что металлизация благородными металлами вовсе не является столь дорогим делом, как это может на первый взгляд показаться; в этом легко убедиться, вспомнив, что 15-копечная серебряная монета весит 2,7 г и содержит 50% серебра, т. е. больше чем нужно для опыления 6 дисков.

Интересно отметить, что энергетический коэффициент полезного действия гальванического отложения значительно выше, чем к. п. д. катодного распыления. Если считать, что сила распыляющего тока составляет лишь 200 ма при напряжении 1500 в и распыление длится 10 мин., то общий расход энергии за это время составит  $0,2 \cdot 1500 \cdot \frac{10}{60} = 50$  вт·ч, в то время как при гальваническом отложении для того же 1 г серебра потребовалось бы 0,248 а·ч при 0,75 в, т. е. лишь 0,186 вт·ч, в 100 раз меньше. Это обстоятельство интересно лишь принципиально, так как легко видеть, что даже это повышенное количество энергии, отнесенное к одному диску, составит лишь незначительную стоимость.

Приведенная здесь цифра силы тока в 200 ма соответствует при этом очень низкой катодной плотности тока, равной (при поверхности катода, равной поверхности воскового диска), примерно,  $200 : 3700 = 0,06$  ма/см<sup>2</sup>. Более употребительна катодная плотность тока порядка 0,1—1,5 ма/см<sup>2</sup>.

Увеличение силы проходящего тока повышает распыляемость, однако прямой пропорциональности здесь отнюдь не наблюдается: количество металла, распыленное единицей прошедшего количества электричества, например, увеличивается в некоторых пределах при увеличении разрежения. *Определенное* соотношение между силой тока, напряжением и давлением диктуется уже условиями самоподдерживающегося разряда.

Для распыления пользуются постоянным током или выпрямленным переменным током.

Расстояние между поверхностью диска и катодом не должно быть слишком мало, так как в этом случае требуется большее время для получения той же толщины слоя.

Иногда воздух в камере распыления заменяют водородом<sup>79</sup>; кроме того, в камеру помещают фосфорный ангидрид для улавливания водяных паров.

Замечено, что полученные катодным распылением слои подвержены «старению» — за двое-трое суток хранения омическое сопротивление может уменьшиться во много раз<sup>80</sup>. Отсюда казалось бы следует, что после катодного распыления целесообразно выдерживать диски некоторый срок перед затяжкой в гальванических ваннах, однако практически электропроводность оказывается достаточной уже сразу после

<sup>79</sup> Hantschek P., Kathodenzerstäubung in der Schallplattenfabrikation KT, 1935, 17; 24:415—6. Здесь описывается установка фирмы Telefunken.

<sup>80</sup> Маслаковец Ю. П., Катодное распыление, Л.-С., 1934, стр. 35. Предполагается, что сущность процесса старения сводится к восстановлению металла из образовавшихся в процессе распыления нестойких соединений с газом, в котором производилось распыление.

распыления, а хранение опыленных дисков ведет к выпоту на поверхность металла восковой пленки, ухудшающей смачиваемость.

Интересно отметить нелинейную зависимость электропроводности от толщины пленки: наблюдается некоторая «критическая толщина пленки», ниже которой электропроводность падает очень резко, становясь практически ничтожной. Эта критическая толщина лежит в среднем при 30 мμ для серебра и при 12 мμ для золота<sup>81</sup>.

## 76. Другие методы

Из рассмотренных способов в настоящее время в крупных предприятиях применяются и бронзирование, и химическая металлизация, и катодное распыление. На практике не чувствуется особенно резкого отличия в звучании пластинок, покрытых ПС по тому или иному из этих способов.

Вряд ли, однако, можно сомневаться в том, что наиболее совершенным способом является катодное распыление. В качестве преимуществ этого способа указывают обычно на особо высокую гладкость (блеск) и плотное приставание слоя, благодаря чему I оригинал можно не полировать и вместе с тем это отсутствие полировки не сказывается на внешнем виде пластинок. Кроме того при этом способе меньше опасность механического повреждения диска (отсутствует обработка щетками и т. п.).

**Эти благоприятные качества отложений катодного распыления связаны, по видимому, с очень тонкой структурой последнего: структура все же остается кристаллической, что доказано по методу Дебая-Шеррера<sup>82</sup>. Установлено также в некоторых случаях губчатое строение отложения<sup>83</sup>.**

Отметим еще другие предлагавшиеся в разное время методы создания ПС.

Таким является, например, метод, не получивший в производстве грамофонных пластинок практического осуществления, но имеющий то сходство с методом катодного распыления, что осуществляется он также в вакууме. Характер процесса при этом иной: низкоплавкий металл раскаляется в тигельке, установленном под покрываемой поверхностью, на которой и появляется осадок сублимирующегося металла<sup>84</sup>. О том, что этот процесс может приводить к обра-

<sup>81</sup> Pogany, AderPh 1916, 49; 531.

<sup>82</sup> Kahler H., PhRev 1921, 18; 210.

<sup>83</sup> Маслаковец Ю., Электрические свойства тонких металлических слоев, получаемых методом катодного распыления. ЖТФ 1931, 1; 5:410—27.

<sup>84</sup> Pohl R. и Pringsheim P., Verh. d. D. phys. Ges. 1912, 14; 506.

зованию гладкого слоя, можно судить хотя бы по радиолам-пам, в которых, как известно, зеркальный налет образуется от конденсации геттера, вводимого для поглощения остатков газа (например магния, распыляемого нагревом до высоких температур токами высокой частоты).

Неоднократно высказывалась, но никогда еще не была удачно реализована идея работы вообще без ПС: решение этой задачи искали в применении такого воскового сплава; который по всей своей массе был бы электропроводным. Механическое введение металлических порошков или графита в восковой сплав<sup>85</sup> ни в какой мере, конечно, способно разрешить эту проблему.

В связи с этим интересно упомянуть, что для фонографских валиков вместо воска применялся<sup>86</sup> и металлический сплав, состоящий из 8 г висмута, 4 г свинца и 3 г олова, однако о гальванопластическом поведении этого сплава ничего неизвестно.

## 2. Гальванический процесс

### а) Основы гальванического процесса

#### 77. Закон Фарадея

Число частиц в граммолекуле любого вещества (так называемая постоянная закона Авогадро) равно, как известно,  $N = 6,06 \cdot 10^{23}$ . К этому числу пришли на основании ряда совершенно различных методов<sup>87</sup>.

Заряд одного электрона определен<sup>88</sup> величиною  $e = 4,77 \cdot 10^{-10}$  электростатических единиц. Так как отношение электромагнитных единиц (таковою является кулон) к электростатическим единицам равно скорости электромагнитных колебаний  $3 \cdot 10^{10}$ , то заряд электрона равен  $4,77 \cdot 10^{-10} \cdot 3 \cdot 10^{10} = 1,59 \cdot 10^{-19}$  кулонам.

Отсюда заряд, соответствующий граммолекуле вещества в состоянии одновалентных ионов, равен:

$$F = N \cdot e = 6,06 \cdot 10^{23} \cdot 1,59 \cdot 10^{-19} = 96\,500 \text{ кулонам.}$$

Этот заряд называется фарадеем<sup>89</sup>, так как Фарадей впервые установил, что количества веществ, выделяемых равными количествами электричества, относятся между собою как эквивалентные веса этих веществ, а общее количество выделенного вещества пропорционально количеству прошедшего электричества.

Самая величина фарадея определена отнюдь не с помощью приведенного выше расчета<sup>90</sup>, а непосредственными измерениями при электролизе. Величина ее — 96 500 кулонов — установлена с точностью 0,01% и дальнейшими измерениями может быть очевидно в последней цифре изменена<sup>91</sup>.

Так как кулон равен ампер-секунде, то фарадей равен  $96\,500 : 3\,600 = 26,8$  ампер-часа. Таким образом, один ампер-час по закону Фарадея выделяет  $1 : 26,8 = 0,0373$  г-экв. любого металла.

Для металлов, имеющих значение в интересующем нас производстве, это количество показано в табл. V.

Таблица V

Выделяемый металл	Ионы	г-экв. (атомн. вес : валентность)	Количество металла, выделяемое 1 ампер-час. (0,0373г-экв.)
Медь . . . . .	Cu <sup>++</sup>	65,57 : 2 = 31,79	1,186 г
Железо . . . . .	Fe <sup>++</sup>	55,84 : 2 = 27,92	1,042 "
Хром . . . . .	Cr <sup>+++</sup>	52,01 : 6 = 8,66	0,326 "
Никель . . . . .	Ni <sup>++</sup>	58,69 : 2 = 29,34	1,094 "
Водород . . . . .	H <sup>+</sup>	1,008 : 1 = 1,008	0,0376 "

#### 78. Уравнение Нернста

Металлическая пластинка, погруженная в раствор своей соли, стремясь раствориться, может посылать в раствор свои ионы. Стремление металла посылать свои ионы в окружающий его раствор называют электролитической упругостью растворения.

<sup>85</sup> Способ Boudreaux, Штокмейер, Руководство по гальваностегии и гальванопластике, 1900, стр. 149.

<sup>86</sup> Joannis A., Phonographe, Статья в La grande encyclopédie 26:743—4. См. также герм. пат. 169935.

<sup>87</sup> См., например, Перрен Ж., Атомы (пер. с фр.), М. 1923. В книге приведено более десятка различных методов измерения  $N$ , дающих согласные результаты.

<sup>88</sup> См., например, Милликэн Р., Электрон, его изолирование, измерение и определение некоторых свойств (пер. с англ.), М. 1924.

<sup>89</sup> Фарада — единица емкости — не должна быть смешиваема с этой величиной. Такая ошибка (фарада вместо фарадея) допущена в книжке Томсон Э. Г., Справочник по никелированию и хромированию М.-Л. 1935 г., стр. 81.

<sup>90</sup> Напротив, пользуясь величиной фарадея, Millican вычислил заряд электрона  $e$ .

<sup>91</sup> В разных источниках приводятся разные величины. Число 96 500 установлено измерениями Bates и Vinal (Bull. Bureau of Standards. 1914, 10; 425). Цит. по Крейтон Г. Ж., Основы электрохимии (пер. с англ.), Л. 1934, стр. 15.

Однако стремление металлической пластинки посылать в раствор свои ионы встречает противодействие со стороны осмотического давления ионов в растворе.

Если обозначить первую величину через  $P$ , а вторую через  $p$ , то можно сказать, что при  $P > p$  будет происходить растворение металлической пластинки, т. е. ионы металла будут уходить в раствор.

Сама пластинка, отдавая в раствор положительные ионы, приобретает отрицательный заряд. Осмотическое давление будет при этом повышаться и процесс этот будет идти до тех пор, пока не будет достигнуто равенство  $P = p$ .

Напротив, при  $P < p$  осмотическое давление ионов металла будет вытеснять их из раствора и таким образом ионы металла будут выделяться на пластинке, сообщая ей положительный заряд своих ионов до тех пор, пока осмотическое давление не упадет настолько, что опять будет достигнуто равенство  $P = p$ .

Эти процессы растворения и выделения металлов лежат в основе гальванотехники. Отличие рассмотренным и практическим случаем электролиза состоит, однако, в применении *внешнего* источника тока, который постоянно отводит электроны от растворяющейся пластинки и подводит их к той, где происходит выделение металла<sup>92</sup>.

В рассмотренном выше примере металлическая пластинка, погруженная в раствор, приобретает некоторый заряд относительно этого раствора. Величина этого заряда (обозначим ее  $e$ ) зависит от величин  $P$  и  $p$ . Аналитическое выражение этой зависимости может быть установлено, если учесть, что работа  $A$  изотермического процесса, каковым здесь является переход от давления  $P$  к давлению  $p$  (или, наоборот, от  $p$  к  $P$ ; это меняет лишь знак, но не абсолютную величину), для одного г-экв. металла равна<sup>93</sup>:

$$A = RT \ln \frac{P}{p}, \quad (45)$$

где  $R$  — газовая постоянная,

$T$  — абсолютная температура.

Эта работа эквивалентна некоторому количеству электрической энергии, в которую в идеальном случае она может быть в обратимом процессе (а металл, погруженный в раствор своей соли, представляет в идеальном случае обратимый электрод) полностью превращена или, обратно, из нее полу-

<sup>92</sup> Заметим во избежание недоразумений, что в электротехнике принято считать *направлением* тока не направление движения отрицательных зарядов (электронов), а противоположное.

<sup>93</sup> Вывод см., например, Изгарышев Н. А., Химическая термодинамика, Л. 1927, стр. 22.

чена. Величина этой электрической энергии определяется законом Фарадея.

Если валентность металла равна  $n$ , то количество переносимого электричества равно  $nF$  кулонов. При напряжении  $e$  вольт, сопровождающем описанный выше процесс, электрическая работа равна  $A = n \cdot F \cdot e$  вольт-кулон или (так как кулон = ампер · секунда) равна  $nFe$  ватт-секунд. Приравнявая это выражение приведенному выше термодинамическому (45), найдем:

$$nFe = RT \ln \frac{P}{p},$$

откуда

$$e = \frac{RT}{nF} \ln \frac{P}{p} \text{ вольт.} \quad (46)$$

Заметим, что при *растворении* металла с выделением в раствор положительных ионов в случае  $P > p$ , о чем мы говорили в примере металлической пластинки, знак при  $e$ , т. е. заряд пластинки, будет отрицателен<sup>94</sup>. Напротив, при  $p > P$  и *выделении* того же металла из раствора он будет положителен.

Выражение (46) известно как уравнение Нернста (Nernst).

Приравнявая оба эквивалентных выражения работы, надо, конечно, заботиться о том, чтобы соблюдена была одинаковая размерность величин. Так как в уравнение уже введены *электрические* единицы, то в тех же единицах должна быть *выражена* и газовая постоянная  $R$ . Она равна, как известно, **1,985 кал**, а так как одна калория соответствует 4,1842 джоуля, **то можно написать**

$$R = 1,985 \cdot 4,1842 = 8,3155 \text{ джоуля.}$$

Переходя к *десятичным логарифмам* и *стоградусной температурной шкале* и *учитывая знак*, можно переписать уравнение Нернста так:

$$e = - \frac{8,3155 \cdot (t + 273)}{n \cdot 96500} \cdot 2,303 \lg \frac{P}{p} = \\ = - 0,0002 \cdot \frac{t + 273}{n} \lg \frac{P}{p} \text{ вольт,} \quad (47)$$

что при 20° дает

$$e = - \frac{0,0058}{n} \lg \frac{P}{p} \text{ вольт.} \quad (47a)$$

Это выражение устанавливает, таким образом, зависимость значения заряда, о котором говорилось выше, от соотношения величин  $P$  и  $p$ .

<sup>94</sup> Обстоятельный вывод всей формулы см., например, Леблан М., Руководство по электрохимии, М. — Л. 1930, стр. 194—213.

Металл . . . . .	Раствор . . . . .	Потенциал . . . . .	Au	+1,5
			Ag	+0,799
			Cu	+0,3448
			As	+0,3
			Bi	+0,226
			Sb	+0,2
			H	0,000
			Pb	-0,1295
			Sn	-0,136
			Ni	-0,22
			Co	-0,29
			Fe	-0,441
			Zn	-0,7581

В практике гальванотехнических работ существенны, однако, не заряды отдельных электродов, а разность зарядов (разность потенциалов) двух электродов. В табл. VI приведены некоторые разности потенциалов для случая, когда в качестве второго электрода взят водород (в виде водородного электрода<sup>95</sup>), а растворы взяты нормальные, т. е. содержащие один грамм-эквивалент соли рассматриваемого катиона в 1 л, при комнатной температуре. Эти потенциалы называются нормальными электролитическими потенциалами и обозначаются  $\epsilon_n$ .

Этот ряд, где элементы расположены в порядке возрастания потенциалов (из него здесь дана лишь выдержка), носит название ряда напряжений.

Нужно помнить, что приведенные выше значения относятся к нормальным растворам. Для растворов других концентраций соответствующий потенциал может быть вычислен, если учесть пропорциональность между осмотическим давлением  $p$  и концентрацией  $c$

$$p = kc \quad (48)$$

(где  $k = \text{const}$  — осмотическое давление ионов нормального раствора), откуда потенциал растворения:

$$e = -\frac{0,058}{n} \lg \frac{P}{kc} = -\frac{0,058}{n} \lg \frac{P}{k} + \frac{0,058}{n} \lg c; \quad (47b)$$

при  $c = 1$  второй член этого уравнения равен нулю и  $e$  имеет постоянную величину, соответствующую нормальному потенциалу  $\epsilon_n$ . На этом основании можно написать

$$e = \epsilon_n + \frac{0,058}{n} \lg c. \quad (49)$$

Из этого условия легко может быть вычислено напряжение  $e$  для всякой другой концентрации.

<sup>95</sup> О водородных электродах см., например, Глестон С., Электрохимия растворов (пер. с англ.), Л. 1936, стр. 279.

Сразу же заметим, основываясь на формуле (49), что влияние изменения концентрации не очень велико. Так, например, в случае изменения концентрации ионов  $\text{Cu}^{++}$  ( $n = 2$ ) в 10 раз потенциал изменяется всего лишь на  $0,058 : 2 = 0,029$  в<sup>96</sup>.

Чем концентрированнее раствор, тем более смещается металл вправо в приведенном ряду напряжений; напротив, чем меньше концентрация ионов в растворе, тем более металла смещается влево и это смещение влево как бы беспредельно, так как при  $c = 0$  получается  $e = \infty$ .

Это относится, конечно, также и к водородному электроду, который мы приняли равным нулю относительно нормального раствора (т. е. нормального раствора кислоты). При понижении концентрации водородных ионов потенциал водорода также будет перемещаться влево, и, например, для случая нейтрального раствора потенциал водородного электрода оказывается равным — 0,415 в, так что он располагается в этом случае возле железа в ряду напряжений.

Напряжение, при котором возможен данный процесс электролиза, т. е. напряжение между электродами, при котором может идти растворение на одном электроде и осаждение на другом, или так называемое напряжение разложения является разностью потенциалов обоих отдельных электродов.

Не следует смешивать напряжение разложения с электродвижущей силой. Иногда полагают, что напряжение разложения равно взятой с обратным знаком электродвижущей силе. Легко видеть неправильность этого: например электродвижущая сила при двух медных пластинках, погруженных в раствор медного купороса, равна нулю, а напряжение разложения отнюдь не равно нулю.

## 79. Электролиз

После знакомства с рядом напряжений можно подробнее рассмотреть процесс электролиза.

Если погрузить в раствор соли какого-либо металла две пластинки из того же металла и создать с помощью внешнего источника тока нужную разность потенциалов между ними, то на пластинке, куда будет подводиться отрицательный заряд (эта пластинка называется катодом), будет осаждаться металл, так как приносимые ионами положительные заряды непрерывно нейтрализуются, а с пластинки, несущей положительный заряд (анод), все время будут уходить в раствор новые ионы.

<sup>96</sup> Эта величина 0,029 в не является вполне точной, так как при точном подсчете должно быть учтено изменение степени диссоциации с разбавлением; отклонение, однако, не будет очень большим.



Если электрод содержит несколько металлов (например в виде примеси к главному металлу), то посылать в раствор свои ионы будут в первую очередь те металлы, которые имеют наименее положительный потенциал, т. е. в порядке слева направо в приведенному ряду напряжений.

Напротив, когда в растворе присутствуют ионы нескольких металлов, то выделяться будут прежде всего ионы, имеющие наименее отрицательные потенциалы, т. е. в порядке справа налево в ряду напряжений.

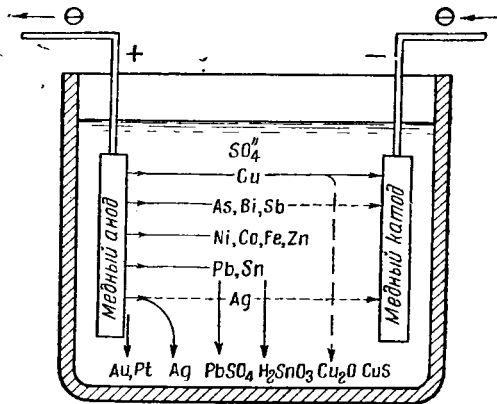


Рис. 112.

Рассмотрим практический пример, имеющий некоторое отношение к интересующему нас производству. Пусть в растворе медного купороса погружены пластины меди, содержащие те примеси, которые обычно сопутствуют меди. При потенциале  $+0,35$  в, достаточном для перехода меди в раствор, перейдут кроме меди в раствор также Zn, Fe, Co, Ni, Pb, Sn, Sb, Bi и As, находящиеся ле-

вее меди в ряду напряжений и требующие менее положительного заряда. Не смогут перейти в раствор находящиеся правее Ag, Au и Pt; когда находящийся по соседству с ними металл окажется растворенным, они потеряют сцепление и осядут на дно в виде шлама (рис. 112, на котором для наглядности показаны схематически все происходящие процессы). Впрочем, при форсированном режиме ванны часть Ag сможет перейти в раствор.

Обратная картина будет наблюдаться у катода. Часть серебра, перешедшая в раствор, легче всего осядет на катоде. При повышенном напряжении смогут, кроме меди, осесть на катоде также имеющие близкий потенциал As, Sb и Bi.

Перешедшие в раствор ионы свинца и олова осядут благодаря образованию нерастворимых солей. Наконец, Ni, Co, Fe и Zn останутся в растворе и будут по мере протекания электролиза накапливаться в нем.

Благодаря всей совокупности приведенных здесь процессов медь на катоде окажется менее загрязненной примесями, нежели медь, которую завешивали на аноде. Таким образом, процесс этот является в то же время процессом очищения меди; он носит название электролитического рафинирования меди.

Медь, которую в гальваных цехах завешивают на анод, так называемая электролитическая медь, и есть медь, очищенная этим способом. Таким образом понятно, какие примеси в ней наиболее вероятны.

В гальванической ванне происходит, конечно в меньшей мере, сходный процесс.

На все побочные процессы (например растворения других, кроме нужной нам меди, металлов) также расходуется ток. Этот ток представляет так называемую фарадную потерю: для выделения определенного количества меди будет на практике израсходовано больше тока, чем то соответствует закону Фарадея<sup>97</sup>.

Отношение количества действительно осажденного металла к тому, которое должно было быть выделено прошедшим количеством тока, выраженное в процентах, называется выходом по току (будем обозначать его  $\psi$ ).

Зная выход по току и пользуясь законом Фарадея, легко подсчитать вес и толщину получаемого отложения. Так, если обозначить число грамм данного металла, выделяемого одним ампер-часом, через  $M$ , силу тока в амперах, приходящегося на единицу поверхности, через  $D_x$  и время отложения в часах через  $t$ , то вес  $P$  отложенного за это время на поверхности в один квадратный дециметр металла в граммах будет равен

$$P = M \cdot D_x \cdot \psi \cdot t. \quad (50)$$

Если принять во внимание плотность металла  $\gamma$ , выражаемую в г/см<sup>3</sup>, легко определить, что толщина металла  $\delta$  в мм, отложенная в этих условиях, равна

$$\delta = \frac{P}{10 \cdot \gamma}. \quad (51)$$

## 80. Поляризация

Необходимо упомянуть о важном отклонении от уравнения Нернста и ряда напряжений. Такое отклонение мы имеем в явлениях поляризации. Под этим термином надо понимать отклонение потенциала от того, который предписывается уравнением Нернста и рядом напряжений.

Это отклонение, очевидно, возможно лишь в том случае, когда возникает некоторая добавочная электродвижущая

<sup>97</sup> Нужно особо подчеркнуть, что эта неточность, понятно, отнюдь не вызвана неточностью закона Фарадея. Напротив, закон Фарадея один из пока очень небольшого числа точных законов природы.

Лучше было бы говорить не фарадная потеря, а фарадеева потеря.

сила<sup>98</sup>, направленная противоположно внешнему току, что и вызывает изменение потенциала. Для возникновения подобного обратного направленного напряжения существует несколько powodов, которые мы сейчас и рассмотрим.

Возле анода, где происходит растворение металла, концентрация ионов металла в растворе оказывается повышенной, а напротив у катода, где металл выделяется, пониженной, так как скорость диффузии и переноса ионов не поспевает за скоростью приобретения и отдачи заряда у электродов. Другими словами, по уравнению Нернста потенциал анода станет еще положительнее, а потенциал катода — отрицательнее против тех значений потенциала, которые соответствуют начальной концентрации ионов металла. Это добавочное напряжение носит название концентрационной поляризации.

Повышение температуры, облегчая диффузию, снижает концентрационную поляризацию; еще лучше этому способствует перемешивание. Напротив, повышение плотности тока несколько облегчает концентрационную поляризацию. Концентрационная поляризация, впрочем, не связана со значительным повышением напряжения: мы видели в § 78 по уравнению Нернста, что изменение концентрации ионов меди в 10 раз меняет напряжение лишь на 0,029 в.

Более существенной является так называемая химическая поляризация. Рассмотрим ее на наиболее важном случае выделения водорода на катоде (водород, как и другие катионы, может выделяться на катоде).

Мы видели, что водород занимает определенное положение в ряду напряжений; к нему применимо то, что говорилось в § 79 о выделении при совместном присутствии нескольких металлов в растворе. Так как в интересующих нас случаях гальванотехнических процессов применяются всегда водные (притом в рассматриваемом производстве лишь кислые) растворы, то водородные ионы присутствуют в них всегда. Поэтому здесь мы имеем по существу дело с присутствием по меньшей мере двух стремящихся выделиться катионов — водорода и нужного металла.

Когда выделяемым металлом является медь, водород не мешает ее выделению, так как мы знаем, что выделение катионов происходит в порядке справа налево в ряду напряжений, а медь находится правее водорода.

Напротив, картина совершенно изменяется, когда требуется выделить, например, никель, хром или железо, которые находятся левее водорода. Согласно сказанному выше, эти металлы

нельзя, казалось бы, выделить из водного раствора, так как при электролизе должен выделяться водород, а не эти металлы. Так оно и было бы в действительности, если бы не явления химической поляризации, выражающееся в том, что водород испытывает затруднения при выделении на некоторых металлах (в том числе как раз на никеле, хrome и железе) и выделяется лишь при напряжении, отличающемся от нормального на некоторую величину водородного перенапряжения. Благодаря этому перенапряжению водород смещается в этих случаях влево в ряду напряжений и когда он окажется смещенным левее соответствующих металлов, выделение их станет возможным.

Для пояснения этого перенапряжения предлагались различные теории, физические и химические.

Предполагалось, что процесс выделения газа может встречать затруднения благодаря недостатку адсорбционных свойств металла и что вместе с тем выделяющийся газ должен пройти через стадию адсорбции его металлом, так что накапливающийся газ создает концентрационную электродвижущую силу (Нернст); что повышение напряжения необходимо для преодоления электронами сопротивления газовой прослойки, образующейся на поверхности электрода (Габер); что выделение газов создает на электродах емкостные явления, причем каждый электрод служит одной обкладкой конденсатора, а вторые обкладки этих двух конденсаторов — на границе с раствором — имеют один потенциал, и скачок потенциалов у каждого из этих «конденсаторов», роль которых играет двойной электрический слой, и есть поляризационное напряжение (Колли); что газы образуют оксиды на аноде и гидриды на катоде, имеющие высокий потенциал, который и составляет причину перенапряжения, причем отличия в скорости отдельных процессов характеризуют поведение отдельных металлов (Ньюбери); что разные металлы оказывают различное каталитическое действие на реакцию агрегации в молекулы одноатомного водорода, являющуюся второй стадией его выделения (Тафель) или что такой замедленной стадией является разряд ионов у электрода (Фольмер)<sup>99</sup>. Общепринятой теории до сего времени еще нет.

Таким образом, перенапряжение водорода на таких металлах, как никель, хром и железо, не может считаться нежелательным явлением, поскольку при его отсутствии невозможно

<sup>99</sup> См. Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее техническое применение, Л. 1930, гл. VII. Теория перенапряжения. Хвольсон О. Д., Курс физики, 1923, т. IV, стр. 581—8. Крейтон Г. Ж., Основы электрохимии (пер. с англ.), Л. 1934, стр. 219—21. Glasstone S., The Electrochemistry of Solutions, N. Y. 1930.

<sup>98</sup> Нужно отметить, что название «электродвижущая сила» является вообще неудачным, так как электродвижущая сила отнюдь не является силой в физическом смысле — она представляет собою напряжение.

было бы электролитическое выделение этих металлов из водного раствора.

Не следует думать, что перенапряжение — специфическое свойство газов. *Перенапряжением своего рода обладают также металлы.* Железо, никель и хром выделяются с таким перенапряжением.

Для объяснения этой катодной поляризации металлов также предложены теории, например одна, по которой процесс дегидратации может значительно отставать по своей скорости от практически мгновенных электронных процессов (Ле-Блан), вторая, по которой в металле может быть нарушено и лишь медленно (благодаря присутствию отрицательных катализаторов, например, водорода) восстанавливаемо внутреннее равновесие строения (Смитс), и др.

Благодаря этой поляризации металлы также смещаются влево в ряду напряжений.

Явления поляризации станут нагляднее при рассмотрении их на примерах.

Пусть две пластинки металла, способного обнаруживать химическую поляризацию, погружены в раствор своих ионов и напряжение, подаваемое на эти

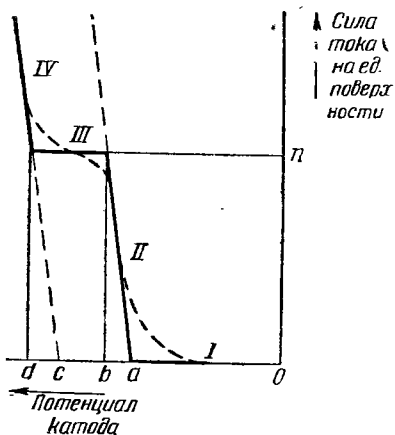


Рис. 113.

электроды, постепенно поднимается (рис. 113; так как мы рассматриваем катодные процессы, мы имеем дело с отрицательными потенциалами, что и выражено направлением оси абсцисс). Сперва повышению напряжения соответствует лишь ничтожный подъем силы тока, который указывает на то, что процесс нормального электролиза еще не установился (участок I кривой). После достижения некоторого напряжения а дальнейший подъем напряжения вызовет явный рост силы тока (участок II), показывающий, что, начиная с напряжения а, идет установившийся процесс электролиза.

Если точка 0 соответствует теоретическому потенциалу разложения, то участок 0а выражает величину перенапряжения выделения данного металла, характеризующую его химическую поляризацию. Прямолинейный характер участка II обусловлен законом Ома, линейно связывающим повышение силы тока и напряжения.

Однако, повысив напряжения до величины b, мы можем найти, что дальнейшее повышение напряжения не увеличи-

вает силы тока. Это выражается участком III: мы дошли до так называемого предельного тока.

Явление предельного тока обусловлено тем, что при значительной силе тока, приходящейся на единицу катодной поверхности, к катоду могут не поспевать подходить в нужном при этой силе тока значительном количестве ионы металла, а все подходящее количество тут же разряжается — это подводимое количество металла определяется условиями диффузии и переноса ионов и постоянство его в свою очередь определяет собою явление предельного тока.

Участок III может, однако, прекратиться при напряжении d, соответствующем пересечению с кривою IV, аналогичной кривою II, но соответствующей выделению не металла, а водорода. Водород не мог выделяться первоначально, так как его перенапряжение при выделении на этом металле выражалось точкой с, отвечающей более высокому напряжению, чем то напряжение а, которое нужно было для выделения металла.

В рассмотренном случае на участке II водород не препятствовал выделению металла, и лишь выше некоторой силы тока л, приходящейся на единицу поверхности катода, выделению металла постоянно сопутствует выделение водорода, снижающее выход по току металла.

На практике снимаемые кривые, так называемые поляризационные кривые, не имеют обычно столь строго прямолинейного характера и, например, для рассмотренного случая имеют вид, показанный на рис. 113 пунктирной кривой.

Возможен, конечно, также обратный случай, когда кривая II соответствует водороду, а кривая IV металлу.

В случае, когда точки а и с очень близки, область предельного тока отсутствует, и при всех силах тока происходит одновременное выделение металла и водорода, соотношения которых определяются ходом кривых А и В (металла и водорода) на рис. 114, причем отношения  $rg$  и  $rq$  выразят соответствующие отношения количеств тока, идущих на каждый из этих процессов, т. е. характеризуют выход по току, о котором говорилось в § 79. При этом возможно (как это показано на рисунке), что с повышением тока на единицу

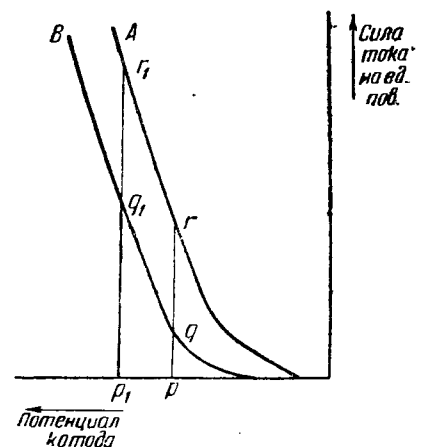


Рис. 114.

поверхности будет возрастать выход тока (отношение  $pr_1$  и  $pr_2$  по сравнению с отношением  $pr$  и  $pq$ ).

Так как химическая поляризация металлов связана с необходимостью повышения напряжения для их выделения, то она ведет к соответствующему возрастанию расхода энергии. С этой точки зрения интересно отметить, что повышение температуры уменьшает эту поляризацию, прибавка органических растворителей (как спирт, ацетон, глицерин), а также коллоидов — повышает ее.

Химическую поляризацию металла на катоде в такой же мере не следует смешивать с перенапряжением водорода, как и химическую поляризацию металла на аноде с перенапряжением кислорода. На перенапряжении кислорода применительно к интересующей нас области можно специально не останавливаться, ограничившись сообщением, что по величине своей оно обычно больше водородного.

Химическая поляризация металла на аноде связана с явлением так называемой пассивности металлов, состоящей в том, что металл ведет себя так, как если бы он находился в ряду напряжений значительно правее, нежели он есть на самом деле. Благодаря пассивности, в частности, металл может значительно менее или даже вовсе не растворяться на аноде и тем самым способствовать процессам поляризации.

Для объяснения пассивности также предложены разные теории, из коих достаточно упомянуть о теории оксидной пленки, защищающей металл от растворения, пленки настолько тонкой, что она микроскопически невидима.

Нужно заметить, что существование подобной пленки поддерживается как раз в условиях анода, где, как известно, среда окислительная. Подобная склонность к пассивированию присуща, например, никелю и проявляется тем сильнее, чем выше сила тока, приходящаяся на единицу поверхности. Образование этой оксидной пленки на никеле может пойти так далеко, что совершенно нарушит электролиз. Это — одна из причин, почему никелевые аноды необходимо время от времени (например раз в смену) вынимать из ванн и подвергать тщательнейшей поверхностной очистке.

Наконец, говоря об явлениях пассивности, нельзя не упомянуть о существовании деполяризаторов — под этим названием имеют в виду химические вещества, препятствующие поляризации.

Прежде всего здесь речь идет о снижении перенапряжения водорода и кислорода путем введения окислителей для первого и восстановителей для второго. Одним из подобных деполяризаторов — окислительным благодаря содержащемуся в нем кислороду — является воздух. Применение воздушной катодной деполяризации довольно распространено в электро-

химии<sup>100</sup>. В гальванотехнике воздух применяется издавна как перемешивающее средство.

Однако воздух может деполяризовать действовать лишь на перенапряжение водорода, в то время как на процесс химической поляризации металла — на перенапряжение металла — концентрация газообразного водорода, а следовательно и деполяризирующее действие кислорода воздуха влияния не оказывает<sup>101</sup>.

## 81. Расход энергии

Есть еще одно основание к тому, чтобы напряжение на клеммах было выше напряжения разложения, о котором говорилось в § 78. Всякий электролит обладает некоторым омическим сопротивлением  $R$ . Прохождение тока  $I$  через электролит сопровождается падением напряжения, равным по закону Ома  $IR$ .

Учтя и это падение напряжения и суммируя все названные падения, можно написать, что общее напряжение, которое необходимо задавать на клеммы, равно:

$$E_{кл} = e_{\kappa} + e_{\alpha} + \pi_{\kappa} + \pi_{\alpha} + IR \quad (52)$$

потенц. выдел. катода	потенц. выдел. анода	катодная поляриза- ция	анодная поляриза- ция	омическое падение напряжения
-----------------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------------

причем под катодной и анодной поляризацией разумеются те величины, которые соответствуют примененным на единицу поверхности силам тока при данных поляризационных кривых (как на рис. 113 и 114).

На рис. 115 показаны одновременно как катодные, так и анодные поляризационные кривые. По этому рисунку видно, как возрастает суммарное напряжение  $E_{кл}$  по мере увеличения силы тока.

Суммарное напряжение, задаваемое на клеммы, имеет существенное значение. Дело в том, что выход по току еще не в полной мере характеризует эффективность использования энергии. Для характеристики последней величины служит коэффициент использования энергии, определяемый равенством:

$$\text{коэффициент использования энергии} = \frac{\text{выход по току}}{\text{теоретическое напряжение разложения}} \times \frac{\text{фактическое напряжение на клеммах}}{\text{фактическое напряжение разложения}} \quad (53)$$

<sup>100</sup> Например в области гальванических элементов — вспомним элементы Féry, Lalande и Leclanché (см. Алманд А., Основы прикладной электрохимии, ч. II, стр. 28, 33, 35, 36).

<sup>101</sup> Глессстон С., Электрохимия растворов (пер. с англ.), 1936, стр. 398.

Это совершенно понятно, так как потребление энергии определяется не только силой тока, но и его напряжением.

Учитывая это, очень существенно добиваться не только высокого выхода по току, но и возможно малого превышения напряжения на клеммах над необходимым теоретически.

Выражение (52) позволяет осветить *распределение* энергии, идущей на электролиз, так как очевидно, что каждое слагаемое, будучи помножено на силу тока  $I$ , дает расход энергии на соответствующий процесс. Мы видим из этого выражения, что при работе с растворимыми анодами (когда  $e_k = -e_a$ )

расходование энергии на основное назначение электролиза — отложение металла на катоде — вообще равно нулю, так как этот процесс компенсируется процессом, происходящим на аноде. Расходование энергии происходит по существу лишь на посторонние потери.

Так, необратимые поляризационные процессы потребляют энергию  $I(\pi_k + \pi_a)$ . При этом происходит превращение электрической энергии в эквивалентное количество химической энергии образованных соединений.

Потеря энергии на сопротивление электролита  $I^2R$  превращается в тепловую энергию.

Прохождение тока может при этом повышать температуру электролита, если количество тепла, отдаваемое током, превышает потери на испарение электролита, теплопередачу в окружающую среду и т. д. Количество тепла  $Q$ , выделяемое током, определяется законом Джоуля-Ленца:

$$Q = 3600 \cdot I^2 R \cdot \tau, \quad (54)$$

где  $A$  — электрический эквивалент тепла,  
 $\tau$  — время протекания тока.

Выражая  $Q$  в малых калориях,  $I$  — в амперах,  $R$  — в омах,  $\tau$  — в часах и принимая для  $A$  значение  $1 \text{ кал} = 4,182$  джоуля, можно написать:

$$Q = 0,86 \cdot I^2 R \tau \text{ ккал.} \quad (54a)$$

Само собой разумеется, что коэффициент использования энергии ванны не выражает еще общего к. п. д. гальванической установки, так как влутит от динамомашинны до клемм ванны

также имеются потери благодаря утечкам, плохим контактам, падению напряжения в линии. Однако, эта сторона дела является уже чисто электротехнической; для уменьшения последних потерь желательно иметь машину в прямом соседстве с ваннами.

В гальваническом процессе часто стремятся ускорить отложение металла. Иметь возможность выделять то же количество металла за меньший промежуток времени означает уменьшить количество единиц оборудования и общую площадь цеха, а равно зависящие от них и накладные расходы. В производстве граммофонных пластинок встречается иногда необходимость срочного выпуска новых записей (например речевых, новых мотивов тонфильма и т. п.), тогда ценно всякое сокращение общей длительности производственного процесса в целом — от записи воска до выпуска пластинки.

Так как по закону Фарадея количество отложенного металла зависит от числа прошедших ампер-часов, то естественно, что уменьшить число часов отложения можно лишь повышением числа ампер протекающего тока: *единственным способом получить то же количество металла за меньший промежуток времени является пропуск через электролит более сильного тока.* Существенно поэтому рассмотреть пути, позволяющие это сделать.

Омическое сопротивление электролита, как и всякого проводника, пропорционально длине пути  $l$ , проходимого током, и удельному сопротивлению  $\rho$  (т. е. сопротивлению единицы объема), *обратно пропорционально сечению  $s$  этого пути:*

$$R = \frac{l \cdot \rho}{s}. \quad (55)$$

Отсюда следует, что для увеличения силы проходящего тока желательно *сближать электроды, увеличивать их сечение и применять электролиты с малым удельным сопротивлением (или, что то же, с большой удельной электропроводностью).*

Вариант увеличения поверхности катода для увеличения количества отложившегося металла не имеет в нашем случае никакого практического значения, так как для нас существенно вовсе не увеличение количества отложенного металла вообще, а лишь количество отложенного металла на поверхности нашего изделия — оригинала, имеющего определенные размеры. Поэтому, говоря точнее, для нас важно повысить не силу тока вообще, а силу тока, приходящуюся на единицу поверхности электрода (т. е. численно силу тока ванны, деленную на площадь рабочей поверхности электрода), называемую *плотностью тока*. Соответственно поверхности анода и катода говорят об анодной и катодной плотности тока (их обозначают  $D_A$  и  $D_K$ ). В дальнейшем, где не будет специально

оговорено, имеется в виду *катодная* плотность тока; выражать плотность тока будем в амперах на квадратный дециметр<sup>102</sup>.

О трудностях, связанных с вариантом сближения электродов, будет сказано ниже. Ниже будут приведены в конкретных случаях и указания об увеличении электропроводности электролита. В общем виде достаточно указать, что повышение температуры, увеличивающее скорость движения ионов, также повышает электропроводность.

В определенной конструкции, размеры которой и расстояния установлены, а электролит задан (и следовательно задана его электропроводность), увеличение плотности тока возможно *лишь путем повышения напряжения на клеммах ванны*, иначе говоря, путем уменьшения коэффициента использования энергии.

Это уменьшение коэффициента использования энергии растёт обычно ещё быстрее роста плотности тока, так как с повышением плотности тока обычно возрастают фарадные потери и в силу этого уменьшается выход по току.

Поэтому в тех случаях, когда скорость процесса как таковая не имеет существенного значения и ускорения процесса добиваются лишь из экономических соображений, следует прокаликулировать оптимум этого ускорения<sup>103</sup>.

## 82. Концентрация водородных ионов

Из сказанного выше видно существенное значение концентрации водородных ионов при совместном выделении металла и водорода. Обычным химическим анализом концентрация водородных ионов не устанавливается — этим путем выясняется лишь общее количество кислоты, присутствующей в растворе, которое ещё не определяет содержания в растворе водородных ионов, так как последнее зависит от условий диссоциации этой кислоты.

В чистой воде диссоциирована лишь незначительная часть молекул. Например, при 22° из 997,8 г (1 л) воды диссоциировано лишь  $18 \cdot 10^{-7}$  г, которые дают, следовательно,  $10^{-7}$  грамм-ионов водорода<sup>104</sup>.

Для удобства принято, говоря о концентрации водородных

ионов, выражать её численно отрицательным логарифмом этой концентрации. Эта условная величина обозначается рН или рН и называется водородным показателем (в смысле показательной функции: на это и указывает буква р, сокращение от Potenz — степень). Пользуясь этим обозначением, скажем, что для чистой воды при 22° рН = 7.

Другими словами, рН = 7 соответствует нейтральному раствору. При повышении кислотности концентрация водородных ионов повышается и, следовательно, рН уменьшается. Таким образом, рН < 7 соответствует кислым растворам, рН > 7 щелочным. Интервал рН, примерно, 4—6,9 соответствует слабокислой реакции.

Имеется целый ряд химических веществ, цвет которых в кислом растворе отличается от цвета их в щелочном растворе. Наиболее резко изменяющие при этом свой цвет вещества находят применение в аналитической практике под названием индикаторов. Переход цвета у каждого из этих индикаторов происходит в определенной области перемены окраски, ограниченной определенными значениями рН. Так, например, лакмус имеет красный цвет до рН ≤ 6, после чего начинает<sup>105</sup> переходить через фиолетовый в синий и имеет синий цвет на границе перехода в красный при рН ≈ 7.

В практике старых мастеров-гальванеров очень распространено пользование индикаторами (в частности, пропитанными раствором индикатора и высушенными бумажками) для установления **правильной кислотности в ваннах**. Согласно сказанному выше, этот метод действительно позволяет более или менее правильно установить **необходимую концентрацию водородных ионов**. Однако, в современном предприятии этот метод **вытеснен более точным так называемым потенциометрическим и методом<sup>106</sup> определения концентрации водородных ионов, сущность которого, как показывает само название его, состоит в измерении потенциала** водорода относительно раствора с данной концентрацией водородных ионов, из которого уже по уравнению Нернста нетрудно определить концентрацию водородных ионов<sup>107</sup>. Таким образом, по самой своей природе этот способ носит электрохимический характер.

<sup>102</sup> Иногда силу тока относят к объёму электролита и говорят в этом случае о концентрации тока. Этот фактор существенен тогда, когда имеют дело с какой-либо реакцией, идущей не по соседству лишь с электродами, но во всем объёме электролита.

<sup>103</sup> Впрочем, как показано будет ниже (§ 84), необходимость в ускорении процесса оказывается естественно вытекающей из потребности в улучшении строения отложения, если для последнего требуется повышение плотности тока.

<sup>104</sup> Подробнее см., например, Мисловицер Е., Определение концентрации водородных ионов в жидкостях (пер. с нем.), Л. 1932.

<sup>105</sup> Приведенные цифры могут изменяться в зависимости от степени чистоты лакмуса; даны были цифры, относящиеся к чистому лакмусу. См. Тредвелл Ф. и Голл В., Курс аналитической химии (пер. с англ.), т. II, М. 1935, стр. 42.

<sup>106</sup> Здесь не упоминается о колориметрическом методе определения рН, так как он менее удобен для контроля ванн, в значительной мере, благодаря окрашенности электролита.

<sup>107</sup> Так как иногда затрудняются в переводе концентрации водородных ионов в величину рН и обратно, приведем пример прямого и обрат-

В химии различают кислоты *сильные* (к числу которых принадлежит, например, серная кислота) от кислот *слабых* (например борной) — сущность отличия состоит в том, что первые кислоты более диссоциированы<sup>108</sup>. Поэтому в 1 л раствора, содержащего один грамм-эквивалент серной кислоты, концентрация водородных ионов окажется значительно выше (а число рН меньше), чем в 1 л раствора, содержащим один грамм-эквивалент борной кислоты.

Применяемое при гальванотехническом осаждении никеля довольно высокое рН могло бы, таким образом, быть достигнуто как малой прибавкой *сильной* кислоты, так и более значительной добавкой *слабой* кислоты. Однако при более высокой концентрации изменение на одинаковую часть моля означает меньшее относительное изменение концентрации и отсюда более устойчивое рН.

Когда, кроме того, наряду со слабой кислотой присутствует *соль* того же аниона, возникает еще и так называемое *буферное* действие, благодаря которому разбавление или другие поводы к изменению концентрации оказывают значительно уменьшенное действие на изменение рН.

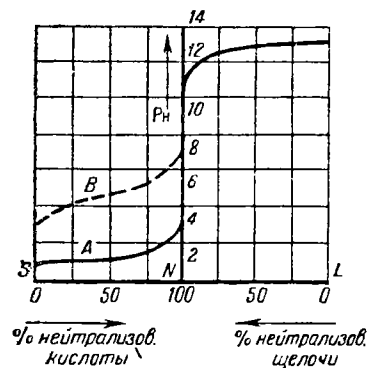


Рис. 116.

Сказанное может быть яснее всего иллюстрировано с помощью графика. На рис. 116 по оси ординат отложены величины рН, а по абсциссам указано соотношение количеств кислоты и основания. При этом левее точки *N* имеется избыток свободной кислоты, а правее точки *N* — избыток свободной щелочи: точка *N* соответствует эквинормальному соотношению кислоты и щелочи. Кривая *A* относится к случаю соляной кислоты и едкого натра, кривая *B* относится к случаю уксусной кислоты и едкого натра. В обоих случаях точки

ного расчета. Например, концентрация водородных ионов, которую обозначают часто  $[H^+]$ , равна  $5 \cdot 10^{-7}$ , тогда  $pH = -\lg [H^+] = -\lg (5 \cdot 10^{-7}) = -\lg 5 + 7 = -0,7 + 7 = 6,3$ . Обратный случай: например  $pH = 4,7$ , тогда  $[H^+] = \text{num } \lg (-pH) = \text{num } \lg (-4,7) = \text{num } \lg (0,3 - 5) = \frac{\text{num } \lg 0,3}{\text{num } \lg 5} = \frac{2}{10^5} = 2 \cdot 10^{-5}$ .

<sup>108</sup> По новейшей теории (Дебай) имеет место полная диссоциация сильных электролитов при любых концентрациях; она лишь кажется неполной благодаря электростатическим взаимодействиям. Современное изложение электростатической теории растворов см. Фалькенгаген Г., Электролиты (пер. с нем.), Л. 1935.

*S* и *L* соответствуют децинормальному раствору свободной кислоты или щелочи.

Таким образом, сопоставление кривых *A* и *B* позволяет судить о сравнительном поведении сильной и слабой кислоты. Из рис. 116 мы видим, что при одном и том же рН слабая кислота терпит значительно большее присутствие щелочи, нежели сильная. Так, например, при  $pH = 5$  возможно, чтобы уксусная кислота была нейтрализована менее, чем на 70%, в то время как соляная кислота, нейтрализованная на 99,9%, уже обнаруживает  $pH = 4$ .

Прикатодный слой электролита благодаря выделению водородных ионов всегда имеет несколько большую концентрацию гидроксильных ионов, т. е. более щелочную реакцию, нежели весь электролит в своей массе. С другой стороны, ясно, что именно реакция прикатодного слоя имеет влияние на процесс отложения. Поэтому буферное действие электролита очень желательно в тех случаях, когда процесс хорошо протекает лишь в ограниченных пределах рН. Это имеет, например, место при никелевом отложении, и потому слабые кислоты являются обычной составной частью никелевого электролита.

### 83. Строение металла

Для того чтобы сделать строение металла видимым, готовят так называемый шлиф. Для этого шлифовкой и полировкой доводят металл до зеркального блеска, так что поверхность его оказывается микроскопически гладкой. Подействовав затем на эту поверхность подходящим химическим реактивом, *протравливают* эту поверхность, т. е. в очень незначительной степени вызывают поверхностное растворение<sup>109</sup>. При рассмотрении *затем* такой травленной металлической поверхности под микроскопом при отраженном свете можно видеть структуру металла.

Подобное, так называемое металлографическое исследование оказывает существенную помощь при изучении процессов отложения металла.

На рис. 117 представлена микрофотография шлифа литой меди (травленной нашатырным спиртом с перекисью водорода) при увеличении в 50 раз<sup>110</sup>. На рисунке видна сетка из тонких линий. Эти тонкие линии представляют собой границы, на которых встретились росшие в отдельности зародыши кристаллов.

<sup>109</sup> Подробности см., например, Кащенко Г. А., Практические занятия по металлографии, Л.—М. 1935.

<sup>110</sup> Здесь, как и везде в дальнейшем, увеличение всегда дается линейное. Увеличение по площади равно квадрату линейного, т. е., например, в данном случае 2500 раз.

Граница не представляет собой, таким образом, граней, присутствующих свободно растущему кристаллу, и потому ограниченная этими линиями часть металла, в отличие от кристалла, называется кристаллитом. На этой границе скопляются неизоморфные с металлом примеси — так называемое межкристаллитное вещество. Чем чище металл, тем тоньше эти линии, но даже металлы, считающиеся в химическом смысле чистыми, всегда имеют это межкристаллитное вещество <sup>111</sup>.

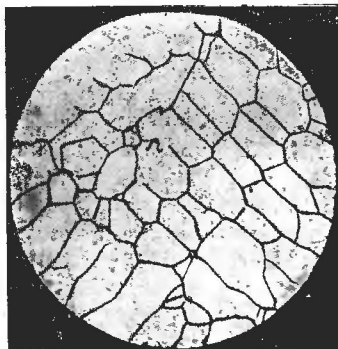


Рис. 117.

С теми вопросами строения металлургических осадков, которые изучаются металлографией, трактуемой лишь проблемы «грубого» строения, не должно быть смешиваемо внутреннее строение тех первичных элементов, различная агломерация которых создает отличия во внешнем строении. Эта внутренняя структура характеризуется пространственной решеткой,

указывающей способ взаимного расположения отдельных атомов металла. На рис. 118 показаны два типа таких расположений. Тип I свойственен из интересующих нас металлов меди, никелю, серебру, золоту. Эту решетку называют кубической с центрированными гранями, так как атомы находятся в каждой вершине куба и в центре каждой грани, так что каждый атом оказывается в окружении двенадцати соседних атомов, находящихся на равных от него расстояниях (в расположении ромбического додекаэдра). Тип II из интересующих нас металлов свойственен хрому, иногда никелю. Для него характерна решетка кубическая, пространственно центрированная, так как атомы находятся в каждой вершине куба и в центре куба; каждый атом оказывается здесь окруженным восемью соседними атомами, также находящимися от него на равных расстояниях (но в расположении куба).

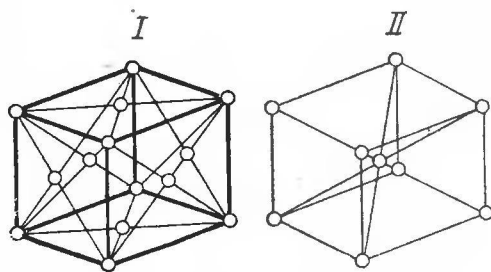


Рис. 118.

Вид этих решеток устанавливается рентгенографическими исследованиями, которые позволяют выяснить не только вид пространственной решетки, но и расстояния между атомами. При указанных формах решетки все расстояния будут геометрически определены, если будет задан размер ребра куба, который и считается параметром решетки. Этот параметр различен для разных металлов; он равен, например, 2,88 Å для хрома, 3,52 Å для никеля, 3,6 Å для меди, 4,07 Å для золота, 4,08 Å для серебра <sup>112</sup>.

Наряду с металлографическим рентгенографическое исследование начинает получать применение и в области гальванотехники.

Ценность металлографического исследования определяется тем, что оно не только позволяет иметь суждение о механических свойствах металла, но и дает некоторое представление о ходе самого процесса отложения металла.

При гальванических работах недостаточно отложить металл — необходимо, чтобы отложенный металл обладал определенными желательными свойствами. Отложившийся металл может быть гладким и блестящим, но может быть также и шероховатым, тусклым или даже губчатым, может и вовсе осыпаться порошком. При большинстве гальванических работ (а в рассматриваемом производстве — всегда) требуется получить отложения гладкие, блестящие, плотные и равномерные.

Металлографические наблюдения как раз и указывают на то, что, как правило, металл тем тверже, плотнее и более блестящий с поверхности, чем мельче его кристаллическая структура. Таким образом, здесь счастливое совпадение производственных требований плотности и блеска с требованием возможно более мелкой зернистости, которое можно было бы сформулировать, исходя из соображений минимального шипения.

Предстоит, таким образом, выяснить, каковы те условия гальванического отложения, при которых возможно получение отложения нужной нам структуры.

#### 84. Кристаллизация металла на катоде

Процесс отложения металла на катоде можно рассматривать как процесс кристаллизации. Этот процесс может считаться протекающим в виде двух последовательных стадий: сперва — возникновения центров кристаллизации, «зародышей», затем — роста кристаллов на этих зародышах.

Оба эти процесса могут протекать с большим или меньшим

<sup>111</sup> См. Тамман Г., Металлография (пер. с нем.), Л. 1931.

<sup>112</sup> Нейбургер М., Рентгенография металлов и сплавов, Л. 1932.



преобладанием того или другого из них — это будет сказываться на результатах процесса: чем больше будет преобладать первый процесс над вторым, тем мельче получится кристаллическая структура металла, поэтому нужно содействовать именно первому процессу.

Такой эффект достигается, например, введением в состав электролита коллоидных веществ (как желатин, казеин, альбумин, декстрин и т. д.). Вещества эти, как обнаружено, например, для случая добавки желатина в медные ванны<sup>113</sup>, расходуются в процессе электролиза, отлагаясь вместе с металлом. Очевидно эти вещества переносятся к катоду в результате электрофореза и располагаются между кристаллитами, препятствуя этим их росту, что и приводит к более мелкой структуре<sup>114</sup>.

Избыток подобных веществ, быть может по причине нарушения целостности металла, делает металл хрупким, не выносящим изгиба. Впрочем, нужно заметить, что ошибочно полагать, будто межкристаллитное вещество всегда менее прочно, чем сам металл; напротив, обычно<sup>111</sup> межкристаллитное вещество прочнее вещества кристаллита, так как излом идет по телу самих кристаллитов. Поскольку, таким образом, граница кристаллитов прочнее самих кристаллитов, очевидно, что увеличение количества таких границ приведет к общему возрастанию прочности металла в целом. И действительно, мелкокристаллический металл всегда прочнее.

Органические вещества, имеющие дипольную молекулу и относящиеся к группе так называемых капиллярно-активных веществ, также оказывают благоприятное действие на структуру.

Можно предположить, что эти вещества адсорбируются на поверхности зародышей, препятствуя этим их росту. Введение подобного рода веществ (высших спиртов и фенолов, сульфированных углеводородов и т. д.), которым полярная группа придает, кстати, во многих случаях и растворимость, оказывается иногда весьма полезным.

Полезность этих и других добавочных агентов найдена,

<sup>113</sup> Grube G. и Reuss V., Die metallographische Untersuchung des elektrolytisch abgeschiedenen Glanzkupfers. Z. Echl. 1921, 27; 3—4: 45—52.

<sup>114</sup> Интересно в связи с этим отметить, что в кислой среде желатин диссоциирует, причем собственно желатиновое ядро оказывается в катионе. См. Наумов В., Коллоидная химия. Л. 1932, стр. 445. Можно посмотреть на вопрос и с иной стороны. Желатин является защитным коллоидом; уже присутствие небольших количеств его очень сильно повышает у металлических коллоидов порог свертывания (а при переходе от ионного к кристаллическому состоянию металл минует коллоидные размеры частиц). Таким путем может осуществляться воздействие на кристаллизацию.

впрочем, эмпирически, и дать исчерпывающее объяснение их действия пока затруднительно<sup>114а</sup>.

Интересно лишь отметить связанное с их применением поведение катодной поляризации. В пояснение этого наблюдения надо сказать, что положение металла в ряду напряжений меняется в зависимости от его кристаллической структуры. Так, один и тот же металл, например медь, состоя из более мелких кристаллов, оказывается смещенным влево в ряду напряжений по сравнению с тем же металлом, состоящим из более крупных кристаллов. Другими словами, образование мелких кристаллов требует более высокого катодного потенциала и повышение этого потенциала за счет катодной поляризации как раз и ведет, таким образом, к более мелкому отложению.

*Преимущественному протеканию процесса образования новых зародышей над процессом роста уже образовавшихся зародышей можно содействовать также усилением подвода разряжающихся ионов путем повышения концентрации раствора и путем повышения плотности тока.*

И действительно, если при малой плотности тока и мало концентрированном растворе получается крупнозернистое отложение, то при повышении плотности тока и концентрации раствора отложение обычно становится мелкозернистым.

Однако при чрезмерном повышении плотности тока может оказаться затруднительным поддерживать у катода необходимую концентрацию ионов металла и в этом случае получится порошкообразный, осыпающийся осадок металла. При очень больших плотностях тока диффузия и перенос ионов оказываются слишком медленными и не успевают за процессом выделения металла, так что для того, чтобы концентрация не падала, оказывается необходимым применять энергичное перемешивание электролита.

Говоря о перемешивании, полезно напомнить, что в отношении ускоренных процессов отложения гальванотехника имеет попутчика в другой области — в электроанализе, т. е. в количественном химическом анализе, основанном на применении электролиза. В этой области имеют применение и воздушное и механическое перемешивание (и даже введение коллоидных добавок). Особенное применение находит механическое перемешивание методом вращения электродов, которым придают при этом сотни и даже тысячи оборотов в минуту. Вопрос о влиянии вращения электродов на скорость отложе-

<sup>114а</sup> Намечаются лишь некоторые предварительные обобщения. Так, указывают, что наибольшее действие оказывают коллоиды, имеющие низкое золотое число. Jacques P., L'adsorption de certains colloïdes par les surfaces métalliques et son influence sur la structure des dépôts électrolytiques. CR 1935, 500; 3: 226—7 и его статьи там же 1933, 196; 921. 1932, 195; 952. 194; 456.

ния разработан в области электроанализа также и теоретически<sup>115</sup>.

По теоретическим взглядам возле всякого растворяющегося вещества (т. е. в данном случае на аноде) образуется некоторый очень тонкий слой насыщенного раствора, из которого происходит диффузия в окружающую среду. Толщину этого тонкого, как его называют, диффузионного слоя, можно связать аналитической зависимостью со скоростью процесса растворения металла, причем оказывается, что скорость реакции возрастает с уменьшением толщины диффузионного слоя. Уменьшение толщины диффузионного слоя достигается как раз увеличением интенсивности вращения.

В процессе выделения (т. е. на катоде) наблюдаются аналогичные явления. Что касается количественного влияния быстроты перемешивания, то усиление перемешивания до тех пор оказывает ускоряющее действие, пока скорость обновления жидкости не станет равной скорости реакции выделения металла.

Нельзя не отметить одного специфического случая роста кристаллов, при котором нарушается самый характер наращивания: вместо постепенного утолщения осадок в ваннах начинает расти в отдельных местах в виде веток, напоминающих сучковатое дерево. Микроструктура этих дендритов обычно обнаруживает много беспорядочных мелких кристалликов. Интересно, что дендриты, раз начав, продолжают расти все более и более быстро, так как они являются наиболее близкими к аноду точками.

Само собой разумеется, что рост этих дендритов представляет прямую потерю тока, иногда немалую, так как отложение этого металла бесполезно.

Впрочем, дендриты начинают расти и успевают вырасти лишь при достаточно длительном процессе. Поэтому дендриты — недостаток *изнанки* оригинала, а не *лицевой*, рабочей части его. Но *изнанка* оригинала также должна быть совершенно гладкой, так как *изъяны изнанки* (шишки, язвыны) при прессовании пластинки обнаружатся на *лицевой* стороне. Однако главное внимание должно быть обращено на отложение *лицевой* стороны, т. е. на самый первоначальный период отложения. Именно недостатки первого начального слоя металла могут быть причиной повышенного шипения и т. п. неприятных акустических последствий.

Первоначальный слой металла обычно отлагают при *пониженной* плотности тока, главным образом из опасения повре-

<sup>115</sup> Сокращенное изложение теории ускоренного наращивания Nernst'a и Wagner'a, относящейся еще к 1904 г., приведено в книге Финшер А. и Шлейхер А., Электроанализ (методы ускоренного электроанализа) (пер. с нем.), Л. 1931, стр. 54.

дить РС. Этот первоначальный период или так называемую *затяжку* избегают вести при высоких плотностях тока и поэтому повышение плотности тока производят обычно ступенями. Выбор этих ступеней довольно произволен; самое введение многих ступеней повышения тока не всегда достаточно обосновано, а вместе с тем оно осложняет обслуживание ванн; более одной-двух ступеней устанавливать поэтому не следует.

Еще меньшие плотности тока применяют обычно при наращивании первоначального слоя I оригинала, так как через тонкий РС опасно пропускать очень сильный ток. Казалось бы, что этому противоречит тот факт, что в тонких слоях **металлы** выдерживают значительно более высокие плотности **тока**, нежели в толстых слоях. Например<sup>116</sup>, полоска платины **толщиной**  $10^{-6}$  см выдерживает, не перегорая на воздухе без **какого-либо** специального охлаждения, ток до 0,5 а, что соответствует **плотности** 5000 а/мм<sup>2</sup>, примерно в тысячу раз превышающей **обычную** плотность для реостатного провода. В жидкости охлаждение должно быть еще лучше. Однако, само собой разумеется, что при гальванопластических отложениях не только допустимый для реостатов нагрев, но даже весьма малый — неуместен.

Уже тонкий металлический листок, будучи нагретым, коробится; при этом коробление наступает при тем более низкой температуре, чем тоньше металлический листок. Происходит это коробление за счет стягивающих сил на поверхности металла. Например, стягивающие силы на поверхности *листового* серебра значительно больше поверхностного натяжения жидкостей<sup>111</sup>. Надо полагать, что в тонких пленках РС они особенно велики. В § 74 уже упоминалось о том, что когезия РС **относительно** **воска** может быть сравнительно мала и благодаря этому **стягивающие** силы при чрезмерной плотности тока легко вызывают **гофр** в первых слоях отложения.

## 85. Пористость

На пористости отложенного металла надо остановиться особо, так как явление это принадлежит к числу неприятных. Термин «пористость» нередко приходится применять в производстве граммафонных пластинок и потому следует выяснить его содержание.

Всякое суждение о пористости условно, так как если тело пористо, это означает, что оно не полностью занимает тот объем, который ограничивается приписываемой этому телу наружной поверхностью; однако отсутствие сплошности,

<sup>116</sup> Маслаковец Ю. П., Катодное распыление, Л.—М. 1934, стр. 50.

обусловленное атомным строением вещества, подведет при таком определении все вещества под понятие пористых. В пределах интересующей нас области ограничимся знакомством с теми порами, которые являются крупными (относительно атомных размеров) местным незаполнением пространства рассматриваемым материалом.

Можно различать<sup>117</sup> следующие типы пор, представленных схематически на рис. 119: I — сырообразные поры, характеризующиеся замкнутостью и недоступностью извне, II — слепые, имеющие лишь односторонний выход наружу, III — сквозные, имеющие не менее двух далеко отстоящих выходов, IV — губкообразные, при которых сквозные поры соединены между собой так, что образуют общую систему, и V — пылеобразные, когда в теле образуются все-сторонне окруженные порами участки (по виду схемы IV и V могут мало отличаться, но дело в том, что при схеме V участки окружены порами все-сторонне не только в плоскости сечения рисунка, но и в пространстве).

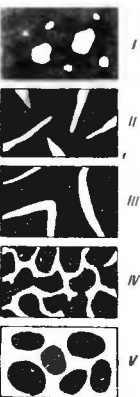


Рис. 119.

В металлическом отложении могут существовать сырообразные, слепые и губкообразные поры. Все они в той или иной мере вредны; о вредности пор будет сказано в соответствующих местах ниже.

Причиной существования пор в отложенном металле может служить то выделение водорода наряду с металлом в процессе электролиза, о котором говорилось выше. Надо заметить, что металл способен иногда поглощать и удерживать немалые количества водорода, образуя при этом твердый раствор. Наличие водорода в металле может создавать в этом металле значительные механические напряжения, которые приводят к тому, что нарощенный металл отслаивается.

## 86. Распределение металла

Выше говорилось о том влиянии, которое оказывает плотность тока на строение отложения.

Плотность тока мы определяли как силу тока, приходящуюся на единицу поверхности, и для вычисления ее делили всю силу тока на размер всей рабочей поверхности. Такой путь вычисления предполагает наличие полной равномерности в распределении тока по поверхности — это может, однако,

не отвечать действительности, и тогда вычисленная таким путем плотность тока представит лишь среднюю плотность тока.

В то же время отложение определяется местной плотностью тока на данном участке. Различие в местной плотности тока, конечно, приводит к неоднородности отложения металла на отдельных участках как по количеству этого отложения, так и по его строению.

Причина неравномерной плотности тока на отдельных участках лежит в пути прохождения тока через электролит. По аналогии с магнитным полем, создаваемым полюсами магнитов, говорят в этом случае о силовых линиях.

Полезно познакомиться еще с некоторыми терминами.

Первичное распределение тока (величина  $P$  — primary) характеризуется отношением расстояния  $l_a$  между анодом и наиболее далекой точкой катода к расстоянию  $l_b$  между анодом и наиболее близкой точкой катода:

$$P = \frac{l_a}{l_b}. \quad (56)$$

Вторичное распределение тока (величина  $S$  — secondary) характеризуется отношением плотности тока  $D_b$  на ближнем участке катода к плотности тока  $D_a$  на дальнем участке катода

$$S = \frac{D_b}{D_a}. \quad (57)$$

Для сопоставления вторичного распределения тока с первичным воспользуемся формулой (52), дающей общее напряжение на клеммах ванны. Отдельные слагаемые этого выражения могут быть собраны в три группы:

$$E_{кл} = \underbrace{(e_k + \pi_k)}_{\substack{\text{потенциал} \\ \text{катода}}} + \underbrace{IR}_{\substack{\text{падение} \\ \text{напряжения} \\ \text{в электролите}}} + \underbrace{(e_a + \pi_a)}_{\substack{\text{потенциал} \\ \text{анола}}} = E + IR + E' \quad (52a)$$

Говоря о распределении тока, не следует более принимать постоянным потенциал катода в любой его точке; поэтому, например, для точки катода, находящейся на более близком от анода расстоянии  $l_b$ , мы напишем:

$$E_{кл} = E_b + I_b R_b + E', \quad (58)$$

а для точки, находящейся на более далеком от анода расстоянии  $l_a$ , напишем:

$$E_{кл} = E_a + I_a R_a + E'. \quad (58a)$$

Совместным решением этих двух выражений можно определить  $J_{\sigma}$ :

$$I_{\sigma} = \frac{I_{\partial} R_{\partial} - E_{\sigma} + E_{\partial}}{R_{\sigma}}. \quad (59)$$

Но отличие между  $R_{\sigma}$  и  $R_{\partial}$  определяется расстояниями

$$R_{\sigma} = \frac{l_{\sigma}}{l_{\partial}} R_{\partial}.$$

Подставляя отсюда значение для  $R_{\sigma}$  и учитывая, что при одинаковой поверхности ближнего и дальнего участка отношение плотностей тока, т. е. вторичное распределение тока, равно отношению сил тока, напишем:

$$S = \frac{D_{\sigma}}{D_{\partial}} = \frac{I_{\sigma}}{I_{\partial}} = \frac{I_{\partial} R_{\partial} - E_{\sigma} + E_{\partial}}{I_{\partial} R_{\partial}} \cdot \frac{l_{\partial}}{l_{\sigma}} = \left(1 - \frac{E_{\sigma} - E_{\partial}}{I_{\partial} R_{\partial}}\right) \cdot \frac{l_{\partial}}{l_{\sigma}} \quad (60)$$

Рассматривая это выражение, мы видим, что оно дает искомую связь между вторичным и первичным распределением тока.

Так как распределение тока (первичное и вторичное) тем равномернее, чем ближе величины  $P$  и  $S$  к единице, то из последнего выражения очевидно, что *вторичное распределение тока всегда равномернее первичного*, так как величина  $E - E$  всегда положительна.

Распределение металла (величина  $M$  — metal) характеризуется отношением веса металла  $G_{\sigma}$ , отложившегося на единице поверхности ближнего участка катода, к весу металла  $G_{\partial}$ , отложившегося на единице поверхности дальнего участка:

$$M = \frac{G_{\sigma}}{G_{\partial}} = \frac{D_{\sigma}}{D_{\partial}} \cdot \frac{\psi_{\sigma}}{\psi_{\partial}} = S \cdot \frac{\psi_{\sigma}}{\psi_{\partial}}, \quad (61)$$

где  $\psi_{\sigma}$  и  $\psi_{\partial}$  — соответствующие выходы к току.

При  $\psi_{\sigma} = \psi_{\partial}$  распределение металла соответствует вторичному распределению тока.

Рассеивающая способность (величина  $T$  — throw power), являющаяся, как и предыдущая, относительной величиной, характеризуется недостающей до 100% величиной — для отношения распределения металла  $M$  к первичному распределению тока  $P$ :

$$T = \left(1 - \frac{M}{P}\right) 100 = \left(1 - \frac{S}{P} \cdot \frac{\psi_{\sigma}}{\psi_{\partial}}\right) 100. \quad (62)$$

Подставляя сюда значения для  $S$  и  $P$ , найдем:

$$T = \left(1 - \frac{D_{\sigma}}{D_{\partial}} \cdot \frac{\psi_{\sigma}}{\psi_{\partial}} \cdot \frac{l_{\sigma}}{l_{\partial}}\right) 100 = \left[1 - \left(1 - \frac{E_{\sigma} - E_{\partial}}{I_{\partial} R_{\partial}}\right) \frac{\psi_{\sigma}}{\psi_{\partial}}\right] \cdot 100. \quad (63)$$

При  $\psi_{\sigma} = \psi_{\partial}$  последнее выражение упрощается:

$$T = \left(\frac{E_{\sigma} - E_{\partial}}{I_{\partial} R_{\partial}}\right) 100. \quad (63a)$$

Приведем пример. Пусть ближняя точка катода отстоит на расстоянии 5 см, дальняя на расстоянии 10 см<sup>118</sup>. Пусть привес катодов равен  $G_{\sigma} = 0,54$  г и  $G_{\partial} = 0,20$  г, откуда

$$T = \left(1 - \frac{G_{\sigma}}{G_{\partial}} \cdot \frac{l_{\sigma}}{l_{\partial}}\right) = \left(1 - \frac{0,54}{0,20} \cdot \frac{5}{10}\right) \cdot 100 = -35\%.$$

Отрицательная рассеивающая способность означает, что распределение металла менее равномерно, чем первичное распределение тока. Такое явление имеет место, когда с повышением плотности тока возрастает и выход по току. В самом деле, в этом случае на ближних частях, на которых концентрация линий выше, другими словами, выше плотность тока, количество отложенного металла окажется больше не только в силу увеличенной плотности тока, но и благодаря повышению выхода по току при повышенной плотности тока.

По формуле (63) совершенно очевидно, что в случае, когда величине  $D_{\sigma} > D_{\partial}$  отвечает и  $\psi_{\sigma} > \psi_{\partial}$ , уменьшение рассеивающей способности особенно заметно.

Коэффициент  $\frac{E_{\sigma} - E_{\partial}}{I_{\partial}}$ , от которого, как это видно из выражений (63) и (63a), зависит рассеивающая способность, должен быть по возможности велик, для того чтобы эта рассеивающая способность была большой. Но этот коэффициент выражает изменение потенциала на единицу силы тока. Последнее изменение характеризуется поляризационными кривыми, о которых говорилось в § 80. Таким образом стремление к высокой рассеивающей способности осуществляется тем лучше, чем более наклонна поляризационная кривая, а в практических условиях поляризационные кривые не имеют столь прямолинейного характера, как на рис. 113—115, напротив, наблюдается повышение поляризации с возрастанием плотности тока, особенно в ваннах с сильно выраженной поляризацией.

Таким образом катодная поляризация оказывается желательной как с точки зрения получения мелкокристаллического отложения, так и для получения хорошей рассеивающей способности.

<sup>118</sup> Обычно при измерении берут два соединенных проводником вне ванны плоских катода, находящихся на постоянном друг от друга расстоянии, и меняют лишь положения анода между ними. Например, при расстоянии между катодами в 15 см в данном случае анод отстоит от одного на 5 см, от другого на 10 см — это положение типично для хромовых ванн.

Кроме рассеивающей способности говорят еще о кроющей способности — более наглядно характеризующей способность металла откладываться на разных участках изделия, резко профилированного. Так как в производстве граммофонных пластинок не имеют дела с такими изделиями, здесь достаточно ограничиться указанием на то, что кроющая способность измеряется по методу изогнутого катода, одна плоскость которого параллельна аноду, а другая перпендикулярна к первой. При проведении опыта замечают места, на которых вовсе не отложился металл, и представляют результат в виде проекций этого углового катода, на которых штрихуют зону отложения металла.

Таким образом, термины «рассеивающая способность» и «кроющая способность» не идентичны; однако с увеличением рассеивающей способности улучшается и кроющая способность<sup>119</sup>. При первой характерна толщина осадка в отдельных местах, при второй — наличие или отсутствие осадка.

На обращенных к аноду выпуклостях и остриях катода средоточие линий особенно велико, на впадинах, напротив, мало.

Поскольку форма катода в производстве граммофонных пластинок приближается к плоскости, не создается, к счастью, условий для больших отличий в плотности тока на отдельных участках.

Основное отличие в плотности тока, с которым здесь приходится считаться, — это отличие между плотностью тока в центре катода и у его краев; по мере приближения к последним плотность тока повышается. Это может вызывать утолщение отложения и ухудшение его строения, поэтому иногда, как увидим ниже, с явлением этим приходится бороться.

Перемешивание не изменяет распределения силовых линий.

Перераспределения силовых линий можно добиться применением экранирования. Рис. 120 поясняет влияние экрана. Здесь показаны схематически два случая электролиза: без экрана (А) и с экраном (В). В обоих случаях слева расположен анод, справа катод. Сравнение расположения силовых линий в случаях А и В наглядно демонстрирует боль-

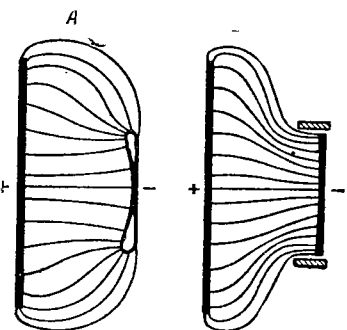


Рис. 120.

шую равномерность их распределения в случае В. Соответственно этой большей равномерности становится более правильным и распределение металла на катоде: во втором случае у краев катода не наблюдается столь заметного скопления металла, как это было в первом случае. Экраном может служить всякий непроводник, например резина, эбонит, стекло, пропарафиненная бумага и т. п.

Закончив на этом рассмотрение основ гальванического процесса, мы видим, что, задаваясь целью получить отложение нужного нам строения, мы вынуждены считаться с многими факторами.

Границы условий, влияющих на строение отложения, при которых возможно получение отложения хорошего строения, называются рабочим интервалом ванны. Чем уже этот рабочий интервал, тем более точное требуется соблюдение всех условий, тем капризнее процесс. Поэтому требование широкого рабочего интервала — еще одно существенное требование, которое необходимо принимать во внимание при конкретном выборе режимов.

### б) Медное отложение

В производстве граммофонных пластинок медное наращивание имеет наибольшее значение и потому заслуживает наиболее обстоятельного рассмотрения.

Выше мы видели, как много отдельных факторов приходится учитывать при выборе режима. Ниже мы убедимся в наличии многообразной зависимости между отдельными факторами. Некоторые зависимости мы рассмотрим на примере подбора режима для медного отложения.

### 87. Электролит

Из простых медных солей в гальванотехнике находит наибольшее применение сернокислая соль  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Во избежание быстрого обеднения прикатодного слоя ионами меди целесообразно брать концентрацию медной соли тем выше, чем выше применяемая плотность тока.

Предел концентрации медной соли определяется ее растворимостью. На практике неудобно работать с насыщенными растворами, так как в этом случае электролит находится на границе кристаллизации. В частности, на аноде, где прежде всего происходит повышение концентрации медной соли, выкристаллизовывание купороса приведет к образованию солевой корки, плохо проводящей ток в твердом виде. Чаще всего концентрацию медного купороса держат в пределах 200—250 г/л.

<sup>119</sup> Для дальнейшего знакомства с вопросом рассеивающей и кроющей способностей отсылаем к книге Лайвер В. И. и Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, М. — Л., 1936.

Анодный процесс растворения меди осложняется одной особенностью. Медь может давать ионы двух валентностей — одновалентные закисные  $\text{Cu}^+$  (купроиноны) и двухвалентные окисные  $\text{Cu}^{2+}$  (куприиноны). Нормальный потенциал меди относительно ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , как мы видели в § 78, равен +0,3448 в. Промер потенциала относительно ионов  $\text{Cu}^+$  дает величину +0,52 в.

Так как потенциал относительно ионов  $\text{Cu}^+$  лежит в ряду напряжений правее потенциала относительно ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , а как мы знаем, растворение идет в порядке слева направо в ряду напряжений, то следует ожидать растворения меди с образованием  $\text{Cu}^+$ -ионов.

Однако  $\text{Cu}^+$ -ионы и  $\text{Cu}^{2+}$ -ионы связаны между собой, кроме того, еще обратимой химической реакцией:



благодаря которой наличие  $\text{Cu}^{2+}$ -ионов в соседстве с металлической медью тотчас же приводит к возникновению  $\text{Cu}^+$ -ионов. Соотношение между количеством ионов  $\text{Cu}^+$  и  $\text{Cu}^{2+}$  определяется так называемой константой равновесия<sup>120</sup> этой реакции, которая, согласно закону действующих масс, равна в данном случае:

$$K = \frac{c_{\text{Cu}^+}^2}{c_{\text{Cu}^{2+}}}. \quad (65)$$

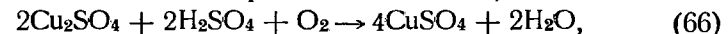
Эта константа не зависима от концентраций, но зависит от температуры. Опыт показывает, что при комнатной температуре имеет место значение  $K = 0,5 \cdot 10^{-4}$ . Пользуясь этой величиной, легко найдем, что, например, для раствора, содержащего 200 г/л медного купороса (что отвечает 1,6 молярному или 0,8 нормальному раствору), образуются  $\text{Cu}^+$ -ионы в концентрации  $\sqrt{0,8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4}}$  молей или около 0,006 г/л.

С повышением температуры равновесие смещается вправо, т. е. концентрация  $\text{Cu}^+$ -ионов увеличивается и константа возрастает.

Из сказанного следует, что присутствие определенного количества  $\text{Cu}^+$ -ионов в растворе неизбежно. Все, что будет уводить эти ионы из раствора, будет содействовать протеканию тех реакций, которые способствуют их образованию. В частности, вместо разряда меди по реакции  $\text{Cu}^{2+} + 2\ominus \rightarrow \text{Cu}$  будет в мере, нужной для пополнения ионов  $\text{Cu}^+$ , идти разряд  $\text{Cu}^{2+} + \ominus \rightarrow \text{Cu}^+$ , т. е. разряд без выделения металлической меди, который приводит к снижению выхода по току.

<sup>120</sup> О константе равновесия см. в курсе физической химии, например, Уокер Д., Введение в физическую химию (пер. с англ.), 1922 стр. 227.

Другими словами, все реакции, уводящие ионы  $\text{Cu}^+$  из раствора, нежелательны. Такой реакцией является, в частности:



т. е. окисление  $\text{Cu}^+$ -ионов кислородом воздуха.

Кстати, реакция (66) приводит одновременно и к понижению содержания кислоты, так как кислота также при этом расходуется. Напротив, общее содержание меди в растворе возрастает, так как по рассмотренной только что реакции  $\text{Cu}^{2+} + \ominus \rightarrow \text{Cu}^+$  в некоторой мере происходит прохождение тока (и следовательно анодное растворение) без выделения металла на катоде.

Для устранения этих нежелательных явлений в практике рафинировки меди избегают применять воздушное перемешивание, часто практиковавшееся в более старых производствах<sup>121</sup>. В медной гальванопластике, однако, с уменьшением выхода по току меньше считаются, и продувание воздуха с целью перемешивания применяют очень часто<sup>122</sup>.

Ионы закисной меди могут выводиться из раствора еще и реакцией гидролиза, ведущей к выделению осадка закиси меди:



Из уравнения (67) видно, что этой реакции легко избежать введением в состав электролита серной кислоты, что на практике всегда и делается.

Роль серной кислоты не сводится, однако, к одному лишь предотвращению гидролиза. Основное значение серной кислоты состоит в повышении электропроводности.

Влияние серной кислоты на электропроводность видно из рис. 121. На графиках для температур 25, 40 и 55° по абсциссам отложены концентрации серной кислоты, по ординатам — концентрации медного купороса; кривые представляют линии равной электропроводности (цифры при кривых представляют<sup>123</sup> значения электропроводности в мо).

Таким образом с повышением содержания  $\text{H}_2\text{SO}_4$  электропроводность всегда возрастает. Всегда возрастает она также с повышением температуры. Более сложна зависимость электропроводности от содержания медного купороса, а именно:

<sup>121</sup> Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее техническое применение. Л. 1930, стр. 210.

<sup>122</sup> Баймаков Ю. В., Электролитическое осаждение металлов, Л. 1925, стр. 89.

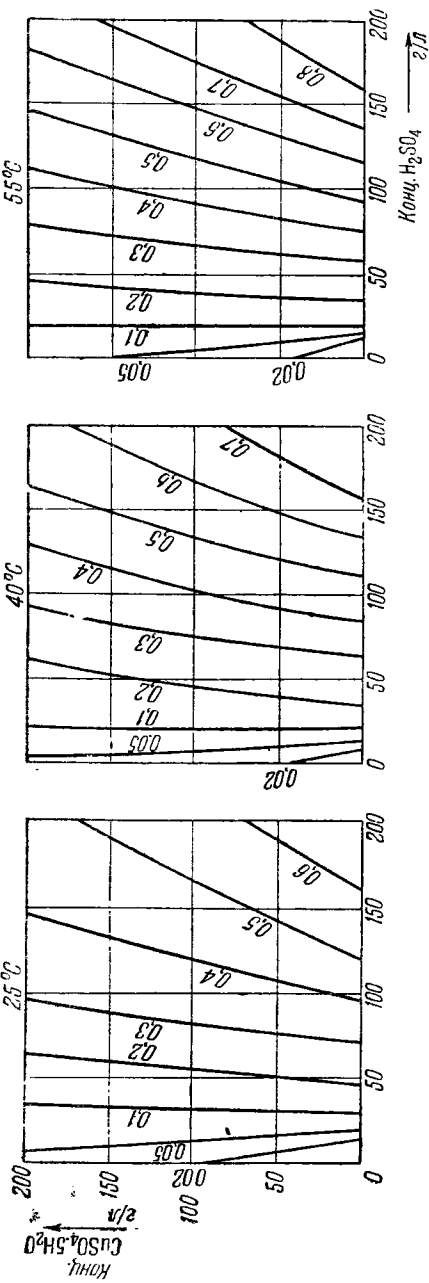
<sup>123</sup> По данным Kern и Chang, TAEChS, 1922, 41; 181. Другие исследования электропроводности смесей серной кислоты и сернокислой меди публиковались в тех же TAEChS; см. Thompson и Hamilton, 1910, 17; 291. Richardson и Taylor, 1911, 20, 179; Blum 1919, 36; 213. Fink и Philipi, 1926, 50; 267. Kouse и Aubel, 1927, 52; 189. Skowronsky и Reinoso, 1927, 52; 209.

при низком содержании серной кислоты электропроводность **возрастает** с увеличением концентрации медного купороса; при некотором большем содержании серной кислоты изменение концентрации медного купороса не оказывает влияния на электропроводность<sup>124</sup> и, наконец, при еще более высоком содержании серной кислоты электропроводность **уменьшается** с увеличением концентрации медного купороса.

Приходится, однако, считаться и с отрицательными следствиями присутствия серной кислоты в ванне. Благодаря действию одноименного аниона, серная кислота понижает растворимость медного купороса, снижая этим концентрацию ионов меди в растворе. Влияние присутствия серной кислоты на растворимость сернокислой меди иллюстрируется<sup>124а</sup> рис. 122, относящимся к температуре 25°.

Избыточное количество

Рис. 121.



<sup>124</sup> Так, например, при 40° и содержании H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> приблизительно 20 г/л электропроводность имеет значение 0,1 Ω независимо от того, равно ли содержание медного купороса 200 г/л или 100 г/л; эта же величина сохраняется и при полном отсутствии медного купороса.

<sup>124а</sup> По Goodwin H. M. и Horsch W. G., Electrical Conductivity and other properties of saturated Solutions of Copper Sulfate in the Presence of Sulphuric Acid. Chemical Metallurgical Engineering 1919, 21; 4: 181—2.

серной кислоты влияет также и на строение отложения, придавая ему хрупкость<sup>125</sup>.

Быть может первыми существенными работами по установлению зависимости между составом электролита и металлографическим строением медного отложения были работы Гюбля в 1886 г.<sup>126</sup>, который экспериментировал с меняющимся содержанием медного купороса при 2% серной кислоты и при меняющихся плотностях тока, с перемешиванием путем вдувания воздуха; он получал безкоризненное по мелкокристалличности и отсутствию хрупкости отложение при 20% медного купороса и  $D_k = 4$  а/дм<sup>2</sup>.

Обстоятельны посвященные этому же вопросу более поздние работы Сивертса и Випельмана<sup>127</sup>. Они установили, что типичным направлением роста кристаллов является направление силовых линий и что по мере утолщения слоя обычно наблюдается постепенный переход ко все более грубым структурам. Для улучшения отложения они рекомендовали все факторы, могущие сделать более равномерным распределение концентраций у катода, как, например, энергичное перемешивание, нагревание и т. п.

Влияние органических добавок к электролиту, о которых упоминалось в § 84, также не осталось неисследованным. Еще Гюбль (1886) заметил, что присутствие желатина (в рассматриваемых нами кислых медных ваннах) придает отложению блеск. Это влияние приписали электроосмосу<sup>128</sup>; при этом замечено было, что присутствие желатина склонно придавать отложению полосатость (ванна «строгает» говорят практики)

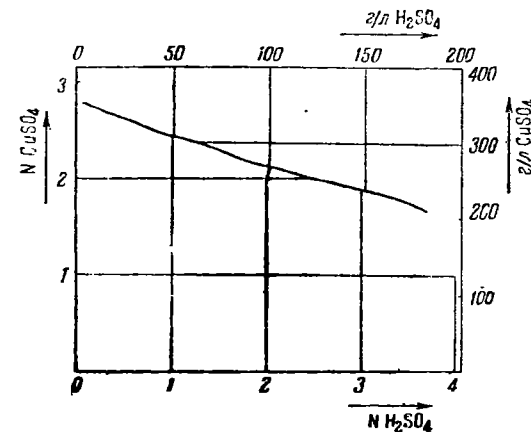


Рис. 122.

<sup>125</sup> Pfanhauser W., Die elektrolytischen Metallniederschläge, стр. 741 Берлин 1928.

<sup>126</sup> von Hübl, Mitt. d. K. u. K. militärgeogr. Inst., 1886, 6: 51. Этой работы автору достать не удалось; вкратце эту работу приводит Pfanhauser I. с. стр. 746.

<sup>127</sup> Sieverts A. и Wippelmann W., Struktur des elektrolytisch abgeschiedenen Kupfers, Zsch 1915, 91: 1—2: 1—45.

<sup>128</sup> Müller E. и Bahntie P., Zsch 1936, 12; 317.

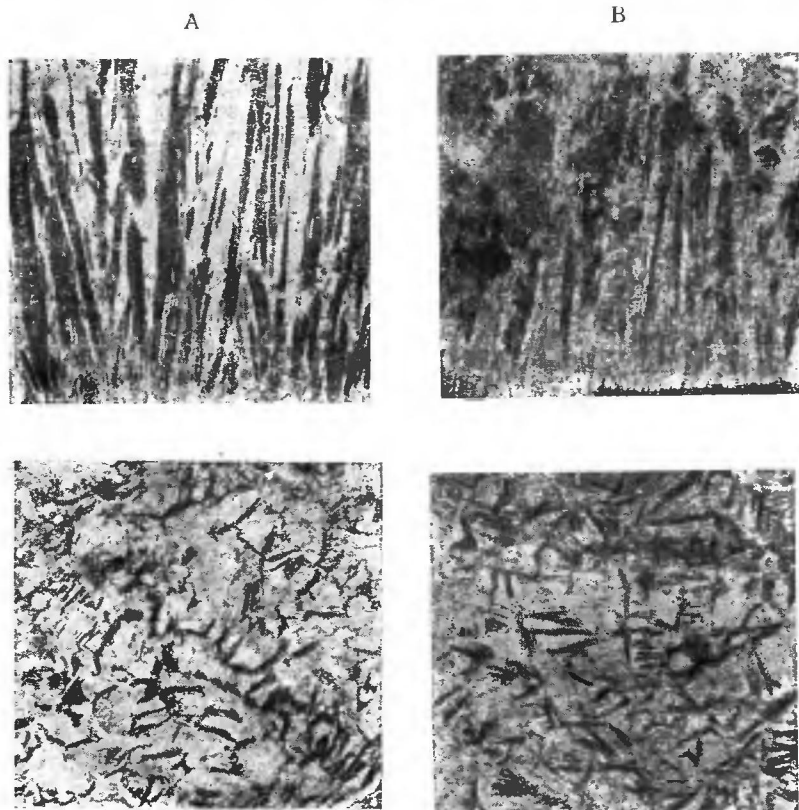


Рис 123 I.

и что при наличии перемешивания полосы располагаются соответственно пути движения жидкости.

Для объяснения этого явления Грубе и Ройс предположили<sup>129</sup>, что процесс отложения идет в две стадии: сперва образуется пленка дисперсной системы медь-желатин, в которой желатин держит разряженную диспергированную медь, — эта пленка гибкая, поддается движению электролита и располагается соответственно местному потоку; второй стадией является соединение меди в более крупные частицы и прочное отложение меди и желатина отдельными пластинами — эта вторая стадия происходит так быстро, что форма, принятая пленкой, остается закрепленной. Такое слоистое строение и

<sup>129</sup> Grube G. и Reuss V., Die metallographische Untersuchung des elektrolytisch abgeschiedenen Glanzkupfers. ZCh 1921, 27; 3—4:45—52 и Grube G. (Nachtrag) ZCh 1921, 27; 3—4:53—4.

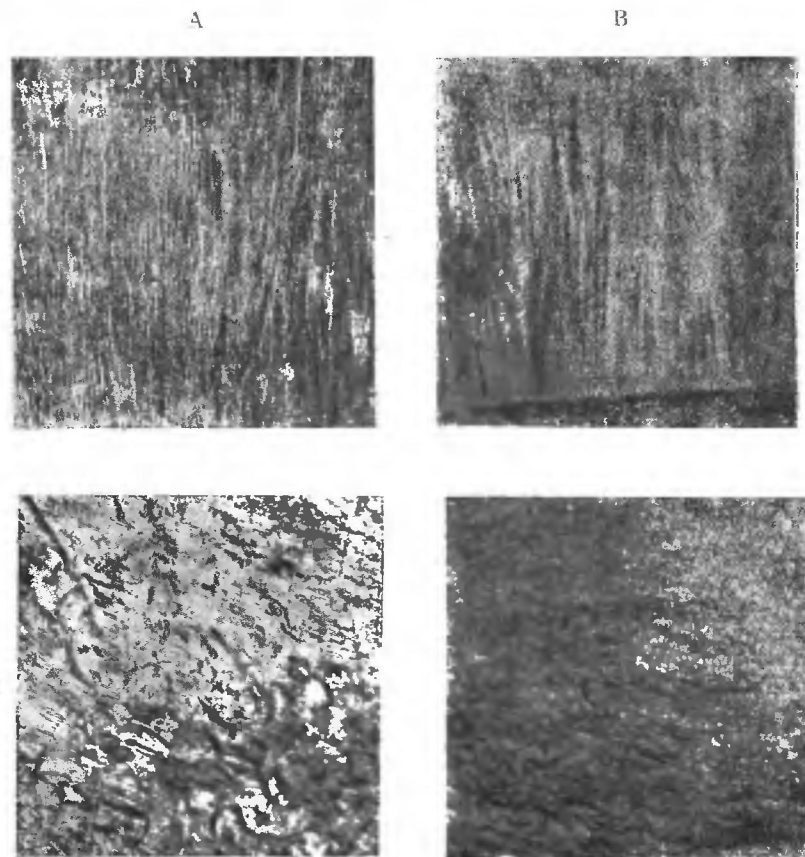


Рис 123 II

полагают причиной хрупкости отложения. Нужно, впрочем, заметить, что слоистое строение не является единственным здесь встречающимся; наблюдалось, например<sup>127</sup>, сетевидное строение<sup>130</sup>.

Другие наблюдения показали, что электролитическая медь состоит из кристаллических нитей, утолщенных в виде палочки со стороны, обращенной от катода, причем плоскости скольжения в этих кристаллических нитях образуют с направлением их роста угол в  $70^\circ$ , что приводит к повышению величины предела упругости в несколько раз<sup>131</sup>.

Ни один металл не склонен в такой мере образовывать на-

<sup>130</sup> Обзор, правда устарелый, металлографии электролитической меди, см. Schwartz, Intern. Z. Metallogr. 1915, 7:124.

<sup>131</sup> Faust O, ZanCh, 1912, 78; 208, Credner F., ZphCh 1913, 82; 457. Цит. по Тамман (см. сноску 111), стр. 156.



росты и шишки. как медь. Для устранения образования шишек и дендритов с одновременным повышением твердости отложенной меди выпущено устройство<sup>132</sup>, в котором при вращении катода происходит одновременно разглаживание оригиналов агатовыми роликами.

Для наглядности приводим несколько микрофотографий<sup>133</sup>, демонстрирующих влияние некоторых факторов на структуру.

На рис. 123, I и II изображено 8 микрофотографий. Верхний ряд представляет шлифы плоскости нормальной к поверхности оригинала при увеличении в 300 раз (направление силовых линий при этом вертикально, рост шел снизу вверх). Нижний ряд — шлифы поперечные относительно силовых линий, сделанные примерно на расстоянии около 50  $\mu$  от наружной поверхности, т. е. в практическом выполнении шлифа — поверхностные (к сожалению, со стороны изнанки). Поперечные шлифы даны при увеличении в 1200 раз.

При этом микрофотографии рис. 123, I относятся к ванне, содержащей медного купороса 300 г/л и серной кислоты 30 г/л при температуре 45° и воздушном перемешивании с подачей воздуха в количестве 5 л/мин на 1 см горизонтальной проекции катода, а микрофотографии рис. 123, II к таким же условиям, но при присутствии в электролите еще нафталинсульфо-кислоты в концентрации 0,3 г/л. При этом столбцы IA и IIА относятся к  $D_k = 10$  а/дм<sup>2</sup>, а столбцы IB и IIВ к  $D_k = 30$  а/дм<sup>2</sup>.

Из рассмотрения микрофотографий видно ясно, что (IA, верх) с увеличением толщины слоя при отсутствии добавки происходит уширение кристаллитов (соответствующее переходу к более крупнокристаллической структуре), а при большей плотности тока также и (IB, верх) коренное изменение структуры, выражающееся в возникновении «ступенчатых» кристаллитов. Соответствующие поперечные микрофотографии обнаруживают наличие большего местного размельчения, большей разделенности металла при повышении плотности тока.

Напротив, присутствие в том же режиме добавки обеспечивает сохранение строения по мере утолщения отложения: ни уширение кристаллитов (IIА, верх), ни возникновение ступенчатости (IIВ, верх) не наблюдаются. Сравнение поперечных микрофотографий как между собой (IIА и IIВ), так и с предыдущими (IA и IB) показывает к тому же большую общую измельченность структуры как следствие наличия этой добавки, прогрессирующую с ростом плотности тока.

<sup>132</sup> Герм. пат. 265979 (1913 г.) фирма Langbein-Pfanhauser Werke A. G.  
<sup>133</sup> За предоставление этих микрофотографий автор признателен проф. Д. В. Степанову, которым совместно с инж. И. П. Лященко была проведена (в б. Лаборатории технической электрохимии Института им. Карпова) ценная работа по изучению режимов медного отложения, оставшаяся, к сожалению, неопубликованной.

Совершенно естественно, таким образом, что добавка нафталинсульфо-кислоты оказывает благоприятное влияние<sup>134</sup>.

Другие добавки по-иному влияют на структуру. Для примера приведем<sup>135</sup> микрофотографию продольного шлифа для такой же, как в случае I, ванны, но с добавкой тиомочевины вместо нафталинсульфо-кислоты (рис. 123, III). Микрофотография показывает изменение структуры — кристаллиты растут перпендикулярно к силовым линиям и наблюдается резко слоистая структура. Отложение оказывается хрупким. Таким образом эта добавка нежелательна.

Аналогично нафталинсульфо-кислоте, однако, более активно действует антраценсульфо-кислота, получаемая при сульфировании антрацена. Действующим началом здесь являются, по видимому, 1,8- и 1,5-ди-сульфо-кислоты антрацена<sup>134а</sup>.

На строение отложения влияет также присутствие в растворе посторонних катионов, попадающих в электролит как примесь к солям и анодам. Не все эти примеси оказывают одинаковое действие. Например, присутствие следов мышьяка считается иногда полезным<sup>135а</sup>, хотя в большинстве случаев его тщательно избегают. Вредно также присутствие сурьмы —

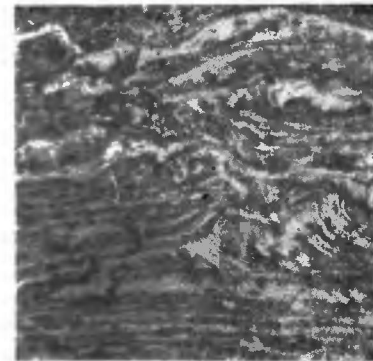


Рис. 123, III.

<sup>134</sup> Почему введение сульфокислот ароматических углеводородов в гальванические ванны и было запатентовано еще в 1901 г. (герм. пат. 132228).

<sup>134а</sup> См. Регирер Е. И. и Метлин Г. А. Антраценсульфо-кислота, как добавка к электролиту медных ванн. Отчет Гос. Союз. Лабор. звукозаписи за 1936 г. Эта работа показала, между прочим, что сульфокислоты карбазола, образующиеся при сульфировании технического антрацена (в котором карбазол содержится в значительных количествах), оказывают вредное влияние на строение медного отложения, вызывая шишковатость и игольчатость. Вместе с тем, присутствие карбазола смягчает условия сульфирования антрацена и позволяет проводить сульфирование глубже без сильного осмоления.

Представляет интерес продолжение этой работы применительно к отдельным сульфокислотам нафталина и, особенно, изучение этих добавок с точки зрения взглядов Беркенгейма, делающего отличие между «нормальными» и «ненормальными» сульфогруппами (изложение этих взглядов см. в прекрасной книге Орлов Н. Н., Успехи в области красителей и полупродуктов. X.—К. 1936 г., стр. 158, а также Беркенгейм А. М. и Ченова М. Г., Электронная теория в химии моносольнопроизводных нафталина. Журн. Общ. Химии, 1933, 3; 8: 933—46).

<sup>135</sup> См. Баймаков Ю. В., Электролитическое осаждение металлов, стр. 106 и 108.

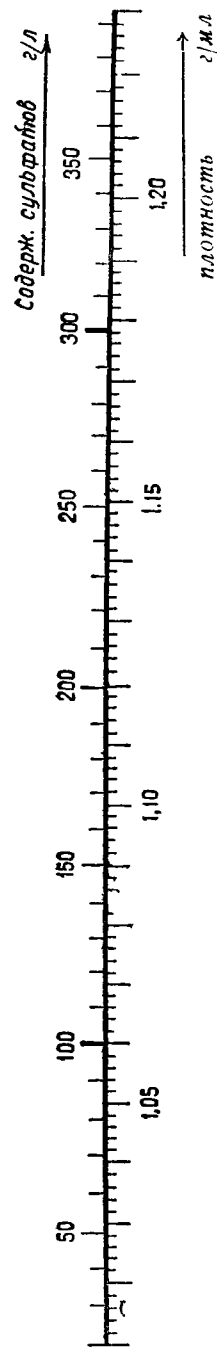


Рис. 124.

в § 79 было показано, что примеси мышьяка и сурьмы могут выделиться на катоде вместе с медью<sup>135а</sup>.

Нельзя считать безвредными те примеси, которые не способны отлагаться на катоде, так как их присутствие может приводить к снижению выхода тока. Так, например, ионы двухвалентного железа могут на аноде окисляться по уравнению  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + \ominus$ , а ионы  $Fe^{3+}$  на катоде вновь восстанавливаться в ионы  $Fe^{2+}$ , так как эти реакции протекают при низком потенциале. Высокое содержание железа может сказываться даже на строении — отложение становится игольчатым. Поэтому к анодам и солям предъявляются строгие требования чистоты, а в случае попадания в ванну загрязнений — стараются их удалить, либо заменяют свежим весь электролит. Так, например, удаление железа из ванны практикуется путем добавки к электролиту перекиси водорода с последующей фильтрацией.

Самое приготовление электролита представляет несложную операцию. Например, медный купорос загружают в шерстяной мешок и опускают этот мешок в чан с водой; растворение происходит медленно. К раствору купороса добавляют серную кислоту и устанавливают по анализу на точный состав.

Интересно отметить, что быстрое приближенное суждение о составе возможно на основании измерения плотности электролита; это объясняется тем, что благодаря случайному совпадению плотность однозначно определяет содержание сульфатов в ванне вне зависимости от соотношений серной кислоты и медного купороса<sup>136</sup>.

<sup>135а</sup> О влиянии примесей см. Archbutt S. L. и Phytherch W. F., Effect of impurities in copper. Лондон 1937.

<sup>136</sup> Holler H. D. и Petter E. L., Bur. of Stand. 275, Цит. по Blum W. и Hogaboom G., Principles of Electroplating and Electroforming. NJ 1924, стр. 219.

Так, например, при плотности 1,12 г/мл суммарное содержание серной кислоты и медного купороса равно 200 г/л независимо от того, содержится ли в 1 л раствора 150 г купороса и 50 г кислоты, либо 180 г купороса и 20 г кислоты и т. д. Отсюда следует, с одной стороны, что плотность раствора может оставаться неизменной, в то время как состав ванны будет изменяться, с другой стороны, зная содержание лишь одного компонента (например серной кислоты) и плотность, можно судить и о содержании второго.

Соотношение между плотностью (при 25°) и содержанием обоих сульфатов сведено в простейшую номограмму на рис. 124.

Способ введения добавочных агентов не всегда одинаков. Неполлярные коллоидные вещества обычно вводятся небольшими порциями прямо в ванну и ванна сразу же вслед за этим может давать нужную структуру. Напротив, явно дипольные органические вещества проявляют свое действие лишь по истечении некоторого, иногда достаточно длительного времени работы ванны (в период этой, как говорят, «проработки» приходится работать впустую, так как строение отложения часто неудовлетворительно — наросты, шероховатости и т. п. обычно сопутствуют этой «переходной структуре»).

Зато действие коллоидов прекращается очень быстро и потому их приходится добавлять очень часто (например ежедневно), в то время как ванна с полярными добавками дает хорошую структуру часто значительное время (например месяцы).

Очень интересно отметить, что проработка ванны в присутствии полярных веществ связана бывает даже с отчетливым изменением цвета электролита<sup>137</sup>, что указывает на образование каких-то новых соединений.

Возможность образования новых соединений подтверждается также тем, что добавка фенола, вначале не оказывающая почти никакого действия, ведет себя по истечении некоторого времени так же, как добавка фенолсульфо-кислоты<sup>113</sup>, в которую при этом, по видимому, фенол переходит. Фенолсульфо-кислота является одной из хороших добавок, дающей твердые (например 100 по Бринелю при шарике 2 мм и нагрузке 20 кг) и гладкие отложения<sup>138</sup>. К тому же, достоинством фенолсульфо-кислоты в ряду других добавок является возможность количественного определения ее содержания в ваннах, так как ее можно титровать бромом.

В § 84 уже отмечалось, что избыток коллоида делает металл хрупким, вследствие чего введение коллоида должно

<sup>137</sup> Salauze I., Traité de galvanoplastie, Париж, 1935, стр. 418.

<sup>138</sup> Hothersall, MetI 1930, 10. 1931, 27. Journ. Electroplaters Depositors Tech. Soc. 1931, 6; 95. Ollard E. A., The Nickel Bulletin 1936, 6:123.

быть точно нормировано<sup>139</sup>. В производственной практике при недостаточной аккуратности коллоиды могут быть введены и случайно. Например, при очистке токопроводящих ший или других металлических частей над самой ванной легко ввести в ванну вместе с частицами абразивного материала из наждачной шкурки и желатин или казеин, которыми эти частицы были склеены. Для удаления этих примесей из ванны прибегают обычно к их коагуляции с помощью танина, хлористого олова или других осадителей и к последующей фильтрации.

### 88. Режим

В практике гальванотехнической работы при избранном составе электролита имеют возможность подбирать следующие основные факторы: 1) напряжение, подаваемое на клеммы, 2) тип анодов, 3) расстояние между анодами и катодами, 4) температуру, 5) характер перемешивания и фильтрации.

Напряжение, подаваемое на клеммы, определяя собой, как сказано было выше, плотность тока, является очень существенным фактором.

Гальванические цеха получают ток от специальных низковольтных динамомашин, способных обычно давать напряжение в 6 или 12 в; чаще всего работают при 6 в. Существующее напряжение машины, таким образом, согласно сказанному в § 81, ограничивает предельную возможную плотность тока, дальнейшее увеличение которой осуществимо лишь преимущественно за счет уменьшения сопротивления в ванне.

Аноды отвечают по составу электролитически рафинированной меди, получение которой рассматривалось в § 79.

Кроме непосредственно вынутых из рафинировочной ванны листов меди, так называемой катодной меди, применяют также переплавленную медь, например из бракованных или отработавших оригиналов. Нужно поэтому различать литую, прокатанную и отожженную медь.

Литая и отожженная медь имеет более крупнокристаллическую структуру, нежели прокатанная медь, в которой при прокатке происходит раздробление кристаллитов. Чем мельче структура анода, тем медленнее происходит его растворение<sup>140</sup>.

<sup>139</sup> Например, введение желатина рекомендуется в количестве 10 мг/л. Hull R. O. и Blum W., Bur. of Stand., Journal of Research, 1930, 767

<sup>140</sup> Это вполне соответствует указанию § 84 относительно того, что металл тем более смещается влево в ряду напряжений, чем мельче его кристаллическая структура. И действительно, уже в 1909 г. Неуп нашел, что твердые медные проволоки растворяются медленнее мягких; еще раньше Дэви установил, что кусок мягкой меди оказывается положительным относительно куска той же меди, подвергнутого прокатке. См. Тамман (сноска 111), стр. 158 и 160.

Вследствие затрудненного растворения анода протекают побочные процессы, так как процесс немаловажен без равенства общего количества проходящих на аноде и на катоде электронов. Протекание побочных процессов имеет своим следствием то, что на аноде не переходит в раствор такое количество ионов меди, которое соответствует выделившемуся на катоде, — раствор беднеет медными ионами.

Для устойчивой работы ванны поэтому очень существенно, чтобы аноды подавали столько же ионов металла, сколько их выделяется на катоде; поэтому не безразлично, завешивают ли в ванну литые или катаные аноды, — предпочтительны те, скорость растворения которых соответствует скорости отложения на катоде и которые поэтому не приводят к изменениям в составе ванны<sup>141</sup>.

На практике этого выравнивания скоростей добиваются обычно выбором надлежащего соотношения катодной и анодной плотности тока, иначе говоря, выбором размера анодов при заданных размерах катодов. Так как размеры анодов зависят также от конструктивных данных ванны и не безразличны с точки зрения распределения силовых линий, то приходится иногда прибегать для достижения уравнивания скоростей к одновременному завешиванию в чередуемом порядке литых анодов наряду с прокатанными, сообразуясь с тем, что прокатанные аноды вызывают понижение концентрации медного купороса, а литые — повышение ее.

Неприятной особенностью литых анодов является содержание в них закиси меди.

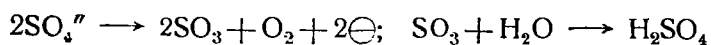
Скорость растворения на аноде катодной меди, взятой как таковая, зависит, конечно, от режима, в котором она отлагалась, т. е. от ее структуры; на практике обычно скорость ее растворения лежит между скоростями для литой и прокатанной меди.

В анодных процессах лежит одна из причин возможного изменения состава электролита в процессе электролиза. Анод, трудно растворимый, является приближением к аноду, вовсе не растворимому.

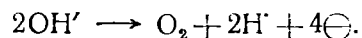
Если производить электролиз с анодом из другого, чем отлагающийся, металла и притом такого, который в данном режиме не способен переходить в раствор, то процесс отложения также будет протекать, однако в этом случае раствор будет быстро истощаться ионами металла. Анодным процес-

<sup>141</sup> Строго говоря, аноды должны давать несколько больше, чем выделяется на катоде, чтобы компенсировать унос электролита с выгружаемыми из ванны оригиналами, компенсировать недостаточный выход тока и т. д.

сом, делающим возможным процесс прохождения электричества, может быть, например, такой:



или верней непосредственно:



Другими словами, наряду с понижением содержания ионов меди будет возрастать кислотность электролита.

Подобного рода изменения и наблюдаются обычно в ваннах с недостаточно отрегулированным на устойчивость режимом. О других влияниях на изменение состава уже упоминалось (понижение кислотности за счет окисления закисной меди, понижение содержания меди за счет переходящих в раствор с зарядом примесей других металлов и т. п.). Упомянем здесь еще о том, что переход в раствор свинца вызывает уход из раствора аниона  $\text{SO}_4''$ , так как свинец оседает в виде сульфата.

Изменения состава электролита обнаруживаются анализом и исправляются путем корректировки, например разбавлением водой, добавлением медного купороса и т. д.

Расстояние между анодами и катодами раз установленное остается неизменным. Увеличение этого расстояния связано с повышением сопротивления, но улучшением распределения силовых линий. Уменьшение его нецелесообразно из-за конструктивных соображений, например удобство перемешивания, опасность закорачивания дендритами, опасность повреждения изделий при загрузке и выгрузке. Практически устанавливают обычно расстояние в 10—15 см.

Температуру иногда повышают с целью увеличения растворимости медного купороса. Благодаря этому возрастает концентрация ионов меди и становится возможной работа с большей плотностью тока. Но с повышением температуры возрастает значение приведенной в § 87 константы равновесия между ионами закисной и окисной меди, что увеличивает содержание  $\text{Cu}'$ -ионов.

Мы видели также, что повышение температуры связано с возрастанием электропроводности. Поэтому в ваннах, специально предназначенных для быстрого процесса, часто применяется более высокая температура (порядка 40—45°). Однако для обычных ванн избегают чрезмерного повышения температуры. Практически наиболее удобно работать при так называемой *равновесной* температуре, т. е. температуре, которая отвечает установившемуся тепловому режиму, когда количество тепла, теряемое в среду, равно количеству тепла, выделяемому проходящим током.

Утверждают, что наилучших результатов в смысле надежности всего процесса можно достичь, проводя все вспомогательные операции — приготовление РС и т. д. — при той же температуре, которая господствует в ваннах, и на этом основании рекомендуют поддерживать термостатно температуру самого помещения. Если эта термостатно поддерживаемая температура даже сравнительно невысока (например 25—27°), поддержание ее обходится достаточно дорого и условия работы в помещении оказываются негигиеническими; при всем этом работающие ванны, являющиеся сами по себе одним из нагревательных элементов, неизбежно имеют несколько более высокую, чем остальные предметы помещения, температуру.

Понятно, что о повышении температуры в ваннах снятия I оригинала, ввиду опасности размягчения воска и усиления его реакционной способности, речи быть при существующих восковых сплавах не может.

Перемешивание электролита необходимо потому, что, как мы видели, имеется ряд поводов к изменению состава, не говоря уже о разбиравшейся в § 84 необходимости усилить подвод к катоду ионов разряжающегося металла, так как диффузия и перенос ионов не успевают при высоких плотностях тока за процессом выделения металла.

Чтобы дать представление о медленности диффузии, укажем<sup>142</sup>, что для сернокислой меди коэффициент диффузии при 18° равен  $44,79 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{сек}$ . Влияние переноса еще меньше, особенно ввиду того, что наряду с медными ионами присутствуют быстро передвигающиеся ионы  $\text{H}'$  из серной кислоты.

Нужно еще заметить, что в ванне без перемешивания нагрев от тока привел бы к поднятию более теплых слоев на поверхность и так как теплый слой имеет большую электропроводность, в верхних слоях наблюдалась бы большая плотность тока и, следовательно, отличие в толщине и строении отложения.

О технике самого перемешивания речь будет идти ниже (§ 95).

Фильтрация электролита тесно связана с вопросом о перемешивании, так как удаление шлама тем более необходимо, чем интенсивнее перемешивание, поскольку перемешивание препятствует нормальному оседанию шлама. Частицы шлама, прилипшие к катоду и заросшие в нем, нарушают однородность строения отложения. Они крайне неже-

<sup>142</sup> По Wiedeboorg'у; цитирую по Фишер А. и Шлейхер А., Электроанализ (пер. с нем.). Л. 1931, стр. 70. См. также Landolt-Börnstein, I, стр. 247, табл. 68.

лательны еще и потому, что облегчают образование шишек и наростов на отложении.

Для защиты электролита от шлама есть кроме фильтрации и другое средство — олевание анодов в матерчатые рубашки-мешки, в которых задерживается весь шлам. При получении I оригинала, т. е. наиболее ответственного из всех гальванических отложений, особенно рекомендуется прибегать к этому средству; оно гарантирует, однако, больше от первичного шлама (Au, Pt, Ag, CuS), нежели от вторичного (PbSO<sub>4</sub>, β-H<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>).

Следует, впрочем, заметить, что материал рубашки ни в какой мере не должен затруднять прохождение сквозь него электролита. В противном случае вблизи анода происходит повышение концентрации Cu<sup>++</sup>-ионов, что сдвигает вправо в ряду напряжений потенциал перехода меди в ионы Cu<sup>++</sup> и тем приближает его к потенциалу Cu<sup>+</sup>. Благодаря этому усиливается образование Cu<sup>+</sup>-ионов (Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); однако Cu<sup>+</sup>-ионы и Cu<sup>++</sup>-ионы связаны равновесной реакцией (64) и в растворе не может поэтому существовать больше Cu<sup>+</sup>-ионов, чем определяется равновесием. Поэтому процесс течет в сторону  $2\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{++} + \text{Cu} \downarrow$  до достижения равновесия. Таким образом происходит выделение металлической меди, оседающей в виде порошка в шлам.

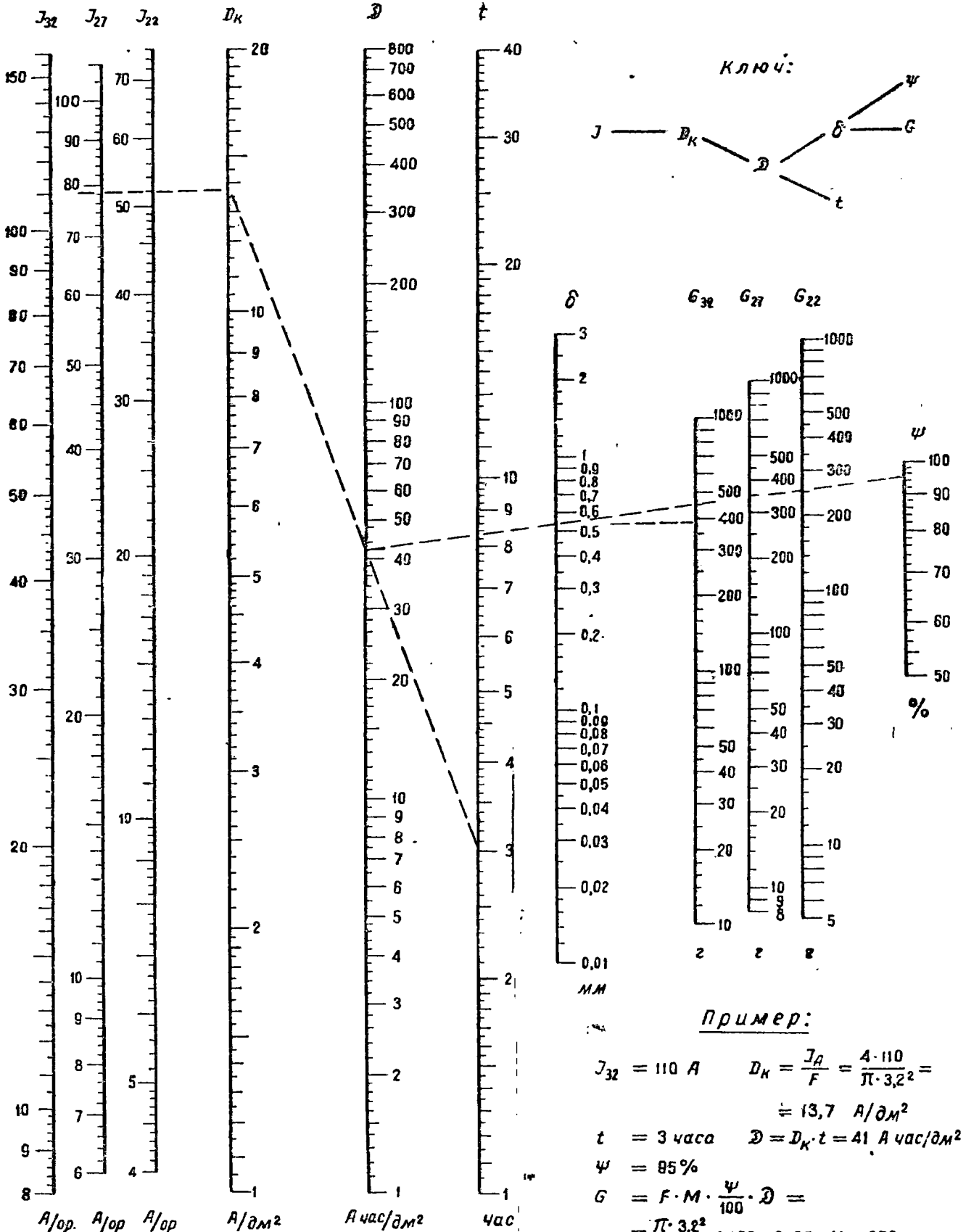
Подобные явления происходят, например, если для рубашки применена пергаментная бумага, которая недостаточно легко допускает свободное движение электролита. С другой стороны, конечно, материал должен все же быть достаточно плотным, чтобы задержать шлам. Практически применимы шелковые, шерстяные (начесанные), асбестовые и т. п. ткани.

Меры по освобождению электролита от взвешенных примесей не могут, конечно, освободить его от растворенных примесей, находящихся и накапливающихся в электролите. Нужно принять за правило, что всякий электролит должен в определенные промежутки времени (например один раз в год) целиком заменяться свежим. Очистка электролита от загрязнений не оказывается рентабельной; обычно ограничиваются тем, что его выпаривают, затем перекристаллизовывают выпавший медный купорос, который в дальнейшем вновь используется.

#### Примеры состава и режима медных ванн

Состав:	Ванна медленная	Ванна быстрая
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O . . . . .	220 г	200 г
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	30 г	100 г
Вода . . . . .	1 л	1 л

# Медное отложение



## Режим:

Температура . . . . .	25°	45°
Вращение катода . . .	3 об/мин	180 об/мин
$D_k$ . . . . .	2,5 а/дм <sup>2</sup>	20 а/дм <sup>2</sup>
Циркуляция . . . . .	отсутствует	1 обмен в час
Фильтрация . . . . .	раз в 5 суток	непрерывно
Тип ванны . . . . .	Рис. 136, В	Рис. 136, D

В обоих приведенных примерах воздушное перемешивание отсутствует: в первом — ввиду низкой плотности тока оно не нужно и могло бы принести лишь вред от взмучивания шлама, накапливающегося за время между фильтрациями, во втором случае катод не полностью погружен в электролит, так что омывается воздухом при каждом обороте и увлекает воздух в электролит. При медном наращивании на воск содержание кислоты полезно еще уменьшить, например, до 15 г/л, во избежание воздействия на содержащиеся в восковом сплаве мыла.

Толщина и вес медного отложения. Полезно запомнить, что плотность тока в 1 а/дм<sup>2</sup> при выходе тока 100% дает в течение часа толщину медного отложения 13,3 м. Если ванна работает без дендритов, то закон Фарадея, с учетом выхода по току, вполне определяет вес медного отложения. Принимая плотность электролитической меди равной 8,9 г/см<sup>3</sup>, по приведенным в § 79 формулам (50) и (51) на основе данных табл. V можно подсчитать при заданных размерах оригиналов вес и толщину отложения.

Для избежания всяких численных расчетов для обычных размеров оригиналов диаметром в 22 см, 27 см и 32 см на рис. 125 приведена составленная автором номограмма.

## в) Никелевое отложение

## 89. Электролит

Из никелевых солей имеют применение: двойная аммонийно-никелевая соль  $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , кристаллический серноокислый никель  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и кристаллический хлористый никель  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Менее всех растворима двойная соль, значительно растворим серноокислый никель и более всего хлористый. Вместе с тем содержание никеля в двойной соли наименьшее (14,86%), в серноокислой большее (20,9%) и в хлористой наибольшее (24,63%).

Отсюда казалось бы, что выгоднее всего работать с хлористым никелем, как позволяющим создать наибольшую концентрацию металла в растворе. Однако из раствора хлористого никеля осадки получаются хрупкими.

Согласно ряду напряжений нормальный потенциал никеля равен 0,22 в при нормальном потенциале водорода, принятом за нуль. Поэтому выделения никеля можно было бы ожидать лишь после достижения предельного тока по отношению

к водородным ионам. Однако водород, выделяясь на никелевой поверхности, обнаруживает перенапряжение. Это перенапряжение зависит от плотности тока и от температуры. При  $25^\circ$  оно для  $143 D_k = 0,1 \text{ а/дм}^2$  равно  $0,563 \text{ в}$ , для  $D_k = 1 \text{ а/дм}^2 = 0,747 \text{ в}$ , для  $D_k = 10 \text{ а/дм}^2 = 1,048 \text{ в}$ . С повышением температуры оно уменьшается.

Этим перенапряжением создавались бы предпочтительные условия для выделения никеля по сравнению с водородом. Однако никель сам также обладает перенапряжением, сдвигающим его также влево в ряду напряжений. Перенапряжение никеля при  $15^\circ$  равно  $0,33 \text{ в}$ , а так как его потенциал по ряду напряжений составляет  $-0,22 \text{ в}$ , то потенциал выделения никеля лежит при  $-0,57 \text{ в}$  и также возрастает с повышением плотности тока, т. е. лежит в той же области, что и потенциал водорода.

К приведенным цифрам перенапряжений не следует относиться с большой строгостью, так как значения перенапряжения не могут еще считаться точно установленными и нередко вызывают споры. Важно было лишь пояснить самое явление перенапряжений и подчеркнуть близость потенциалов. Как следствие этой близости будет происходить одновременное выделение никеля и водорода (такой случай представлен был выше на рис. 114).

Чтобы уменьшить выделение водорода, необходимо потенциал водорода сместить влево. Мы уже знаем, по уравнению Нернста, что для смещения потенциала водорода влево необходимо применять возможно низкую концентрацию ионов водорода. Концентрация ионов водорода не равна, однако, нулю не только в нейтральном, но даже в щелочном растворе, благодаря диссоциации самой воды:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Между тем применение щелочного раствора не допустимо, так как при достаточной концентрации гидроксильных ионов (практически уже при  $\text{pH} > 6,5$ ) ионы никеля уводятся в виде гидроксида  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  в осадок.

Таким образом для правильного протекания процесса наращивания никеля имеет особое значение соблюдение определенной концентрации водородных ионов.

Чаще всего применяют ванны, имеющие слабо кислую реакцию<sup>144</sup>. Реакция эта создается введением в электролит борной, лимонной, уксусной, щавелевой, винной или другой

слабой кислоты, обеспечивающей буферное действие (см. § 82).

На рис. 126 показаны несколько кривых буферного действия, относящихся к никелевым электролитам. Здесь кривая 1 относится к  $1 \text{ N}$  раствору сернокислого никеля, кривая 2 к тому же раствору, но с добавкой  $0,5 \text{ M}$  борной кислоты и кривая 3 к раствору, отличающемуся от предыдущего тем, что он содержит еще  $0,2 \text{ N}$  фтористый натрий. Рисунок наглядно показывает увеличение буферного действия от этих добавок, в особенности от последней.

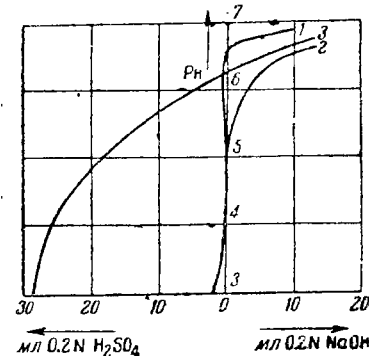


Рис. 126.

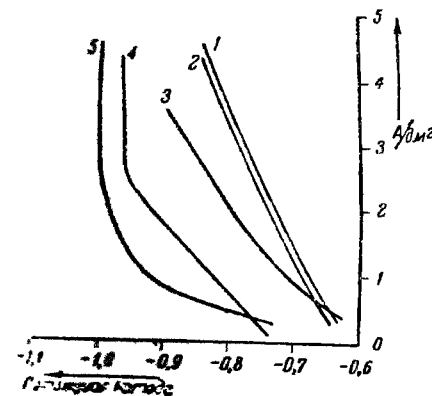


Рис. 127.

Эти добавки влияют не только на буферное действие, но и на катодную поляризацию. На рис. 127 показаны поляризационные кривые, где 1 относится к ванне, содержащей  $1 \text{ N}$  раствор сернокислого никеля,  $0,3 \text{ M}$  борной кислоты и  $0,25 \text{ N}$  нашатыря, а остальные кривые к этому же раствору, но с добавками, а именно 2 — с добавкой  $1 \text{ N}$  уксуснокислого натрия, 3 — с добавкой  $1 \text{ N}$  сернокислого натрия, 4 — с добавкой  $1 \text{ N}$  виннокислого натрия и 5 — с добавкой  $1 \text{ N}$  лимоннокислого натрия. Из рисунка видно, что при добавке лимоннокислых солей достигается наибольшая катодная поляризация. Наблюдение относится<sup>145</sup> к обычной температуре ( $23^\circ$ );  $\text{pH} = 5,5-5,8$ .

Наличие слабых кислот в электролите не способно, однако, в такой мере повысить электропроводность, как это делает серная кислота в медном электролите. Поэтому для повышения электропроводности приходится прибегать к добавке хорошо проводящих нейтральных солей. Такою солью в никелевом электролите служит чаще всего сернокислый натрий  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>145</sup> Thompson, TAEChS 1923, 44; 347.

<sup>143</sup> Крейтон Г. Ж., Основы электрохимии, Л. 1934, стр. 212.

<sup>144</sup> В последнее время, впрочем, замечается тенденция к работе в более кислых никелевых ваннах. Дело в том, что энергично выделяющийся водород хорошо перемешивает прикатодный слой, в котором pH обычно выше, особенно при больших плотностях, благодаря чему в прикатодном слое создается, по видимому, как раз подходящая величина pH.



К коллоидным и т. п. добавкам в никелевых ваннах обычно прибегать не приходится, да и не следует, так как и без них хорошо удается получать необходимую структуру, а никелевый электролит очень чувствителен ко всяким органическим примесям — отложение легко становится хрупким.

Впрочем, высказывают очень интересный взгляд, по которому в никелевых ваннах роль коллоидной добавки может играть гель  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , образующийся в прикатодном слое в процессе самого электролиза<sup>146</sup>.

Образование этой соли наиболее вероятно при работе с высоким рН; в соответствии с этим стоит то наблюдение, что твердость никелевого отложения возрастает очень резко при переходе от рН=5 к рН=6 и выше. Само собой разумеется, что в рассматриваемом производстве желательнее получение возможно более твердого никеля.

Влияние на строение отложения оказывают также введением в электролит солей других металлов, способных отлагаться совместно с никелем. Так, например, вводят сернокислый магний  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , хлористый кадмий  $\text{CdCl}_2$ , сернокислый кадмий  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Магний, выделяющийся, очевидно, в силу катафореза коллоидных частиц, улучшая строение осадка, делает его в то же время более мягким; применение магниевых солей, легко гидролизующихся, не рекомендуется в ваннах с высоким рН. Кадмий, выделяющийся при высоких плотностях тока, делает отложение более блестящим; он может вводиться не только в виде солей, но и путем подвески на анодах палочек металлического кадмия.

В никелевых ваннах мы встречаемся еще с одним видом добавок, которых мы не имели в медных ваннах, — это депассивирующие добавки, влияющие на растворение анодов.

Надобность в этих добавках возникает ввиду того, что никель принадлежит к числу легко пассивирующихся металлов. Депассивирующим действием обладают ионы галоидов — хлора, фтора. Повидимому, их действие основывается на том, что они препятствуют приводящему к пассивности выделению кислорода на анодах<sup>147</sup>, разряжаясь вместо него и стимулируют реакцию  $\text{Ni} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ .

Напротив, при недостаточной концентрации ионов хлора будет протекать процесс  $\text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Ni}^{3+} + \ominus$  и образующийся трехвалентный никель, гидролизуясь, будет осаждал на анодах черно-коричневый осадок  $\text{Ni}(\text{OH})_3$  или  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ .

<sup>146</sup> Billiter J., Prinzipien der Galvanotechnik, Вена 1934, стр. 179 и др.  
<sup>147</sup> За детальным разбором влияния хлоридов в никелевых ваннах можно отослать к статьям Georgi K., Über das anodische Verhalten des Nickels, ZCh 1932, 28; 8:681—8. 9:714—31.

Однако в ваннах с хлоридами (по причинам, которые не могут еще считаться установленными, но возможно связаны с влиянием на коллоидную гидроокись никеля) никелевое отложение получает более крупнокристаллическую и хрупкую структуру; фторидам этот недостаток присущ в меньшей степени. Галоидные ионы вводятся поэтому обычно в ограниченном количестве.

Галоидные ионы вводятся либо в виде упомянутого выше хлористого никеля, либо в виде  $\text{NaCl}$  (или, лучше,  $\text{NaF}$ ), либо  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Замечено, что аммонийные соли способствуют повышению твердости осадка в значительной степени.

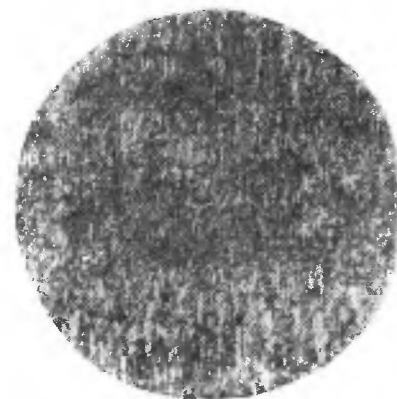


Рис. 128.

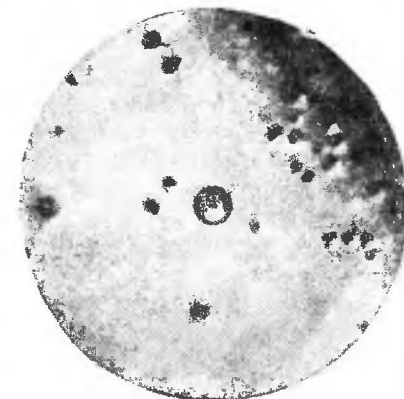


Рис. 128-а.

Никелевое отложение, как правило, обнаруживает весьма мелкое строение, часто волокнистого характера (см., например, рис. 128). Никелевое отложение очень чувствительно к перерывам в токе. На приведенном рисунке эти перерывы обнаруживаются полосами. Когда перерывы становятся очень длительными, это может создать непрочность в сцеплении последующих слоев с начальными. Известно, например, что приставания нового никеля на старом без специальных обработок иногда достигнуть вовсе не удается.

Следует отметить некоторые особенности строения никелевых отложений: пористость, склонность к отслаиванию и язвенность.

Все эти особенности структуры тесно связываются с сопутствующим осаждению никеля выделением водорода. Отложение никеля всегда сопровождается выделением водорода даже в тех условиях, когда подбором малой кислотности и значительной концентрации никеля этот процесс доводится до минимума. Водород оказывается даже включенным в самое

отложение: содержание водорода может в десяток раз превышать объем самого никеля.

Пористость никеля ухудшает его свойства как антикоррозионного покрытия, нежелательна она и благодаря искажению формы поверхности (рис. 128 а). Получить никель, вполне лишенный пор, в обычных условиях до сих пор еще не удавалось. Поры эти являются по строению сквозными<sup>148</sup>, по размерам они обычно невелики.

Отслаивание никеля затрудняет его получение в толстых слоях, так как поверхность никеля начинает лупиться листочками или даже сворачиваться в трубочку. Отслаивание это должно быть поставлено в прямую связь с наблюдаемыми в отложении натяжениями, стремящимися обычно изогнуть никель так, чтобы он принял вогнутую по отношению к аноду форму (впрочем, в сильно кислом растворе эта вогнутость может оказаться обратной).

Для объяснения этих натяжений предполагают отличия в удельном объеме обычного никеля и никеля, содержащего водород в первоначальной промежуточной стадии (лабильной формы, водородного комплекса и т. п.). Изменением объема в процессе перехода в стабильную форму и объясняют натяжения.

Родственные никелю металлы железной группы обладают такими же свойствами. Железо проявляет еще больше, чем никель, эту склонность к отслаиванию. Поэтому примесь железа в ванне, приводящая к отложению железа вместе с никелем, усиливает эту способность никеля к отслаиванию и является вредной. Такое же действие оказывает и кобальт.

Выделение водорода не является единственной причиной натяжений — к этому же приводит включение в осадок основных никелевых солей<sup>149</sup>.

Язвенность отложения или, как говорят, питтинг (pitting) представляет собой на вид мелкие отличающиеся оттенком точки на поверхности отложения. Эти точки являются ямками — следами державшихся на отложении пузырьков газа. Газ этот может быть не только водородом, но и выделяющимся из электролита при нагреве растворенным воздухом и даже перенесенным механически с анода кислородом и образовавшимся там (от окисления содержавшегося в аноде углерода) CO и CO<sub>2</sub>. В канавках оригиналов эти пузырьки особенно легко застревают и нарастают.

Для борьбы с выделением водорода или с прилипанием его к поверхности катода предлагалось применение ряда мер.

Так, например, вводят катодные деполяризаторы-окислители (перекись водорода, перманганат, азотнокислые соли и т. д.), сдвигающие влево потенциал водорода. Эти окислители ухудшают рассеивающую способность и ведут к пассивированию анодов. Рекомендуется также наложение на постоянный ток переменного<sup>150</sup>. Чаще всего на практике прибегают к повышению температуры электролита и встряхиванию катодов или покачиванию их. Радикальной, но производственно неудобной мерой является работа при температуре кипения электролита: так, при температуре около 120° газовых пузырьков в осадке вовсе не обнаруживается<sup>151</sup>.

Необходимо отметить, что требование повышения твердости отлагающегося никеля стоит в известном противоречии с приведенными выше соображениями о необходимости свести выделение водорода к минимуму, так как твердость возрастает с количеством одновременно выделяющегося водорода: ванны с высоким рН дают мягкий никель. Напротив, чрезмерное и длительное выделение водорода придает отложению темный цвет и может даже сделать его порошкообразным.

Повышение твердости никелевого отложения происходит также при одновременном отложении кобальта, когда он присутствует в виде примеси.

Из других примесей, играющих существенную роль в никелевых ваннах, надо упомянуть медь и цинк.

Цинк, присутствуя в электролите, придает отложению серость, приводит к образованию пятен и полос, делает отложение хрупким. Допускать содержание цинка в растворе выше 0,05% не рекомендуется.

Медь, находясь в ряду напряжений правее никеля, выделяется на катоде раньше никеля и придает ему темный буроватый оттенок. Если в электролите присутствуют медные соли, то при перерыве в работе ванны медь отложится розовым слоем на аноде в результате прямого вытеснения ее никелем; при получении толстых осадков никеля считают недопустимым<sup>152</sup> содержание меди выше 0,02%.

Для удаления меди из электролита пользуются так называемой «проработкой» током: на катод завешивают при этом какие-либо ненужные, например, бракованные оригиналы и производят электролиз, применяя уменьшенную плотность тока.

Напротив, применяя повышенную против нормальной плотность тока, можно удалить примесь железа, правда, потеряв в этом случае в катодном отложении часть никеля. Лучше

<sup>148</sup> Изгарышев Н. А. и Биркман С. С. ZCh 1925, 31; 180.

<sup>151</sup> Blum W. и Kasper Ch., The Structure and Properties of Nickel deposited at high Current Densities, Met 1935, 46: 18: 489—91.

<sup>152</sup> Thompson и Thomas, TAEChS 1922, 42; 79.

<sup>149</sup> Thomas C. T. и Blum W., The protective Value of Nickel Plating, TAEChS 1927, 51;

<sup>148</sup> Förster F. и Krüger F., ZCh 1927, 33; 10: 1406.

удалять железо добавкой перекиси водорода. Содержание железа в электролите не рекомендуется допускать выше 1%, особенно при работе с высоким рН, так как образование гидроокиси его способствует увеличению пористости осадков.

## 90. Режим

Плотность тока в никелевых ваннах может быть достигнута очень большой. Так, например, в цитированной выше работе Блюма и Каспера<sup>151</sup>, работавших при температуре кипения, достигалась плотность до 45 а/дм<sup>2</sup>. В практических условиях, однако, работают со значительно более низкими плотностями, обычно 0,5—1 а/дм<sup>2</sup> и редко<sup>153</sup> выше 5 а/дм<sup>2</sup>.

Выход тока с повышением плотности тока возрастает.

Сохранение кислотности ванн, столь важное в никелевых ваннах, достигается тем совершеннее, чем ниже концентрация тока, поэтому размеры ванн не должны быть слишком малыми.

Аноды никелевые подобно медным бывают литые или вальцованные и непосредственно электролитические. Вальцованные никелевые аноды растворяются, как и следовало ожидать, медленнее литых и приводят поэтому к повышению кислотности и обеднению раствора никелем. При литых наблюдается обратная картина.

Практически поэтому еще в большей мере, чем в медных ваннах, здесь рекомендуется завеска тех и других анодов одновременно и правильный подбор поверхности анодов. Например, рекомендуют<sup>154</sup> придавать вальцованным анодам в 3—4 раза большую поверхность против литых, однако цифры эти в зависимости от процента наклепа могут изменяться и потому подбор этой величины — дело практики.

Правильным будет такое соотношение, когда не только на анодах будет растворяться то же количество никеля, которое выделяется на катоде, но и, кроме того, на аноде будет выделяться количество кислорода, соответствующее количеству выделяющегося на катоде водорода. В этом случае количество кислоты, соответствующей выделению кислорода, будет нейтрализовано количеством щелочи, освободившейся при разряде водорода, и состав раствора будет меньше всего изменяться.

Практически поэтому в подогретых ваннах, когда растворение и без того ускорено, и при повышенных плотностях тока, когда ванны склонны, благодаря большему выделению водорода, становиться щелочными, более приемлемы вальцо-

<sup>153</sup> См., впрочем, Ballay M. M., *Nickelage et chromage. Progrès et situation actuelle. Revue du Nickel* 1935, 6; 4:211—2, где говорится о прекрасном отложении при 10 а/дм<sup>2</sup>.

<sup>154</sup> Pfannhauser (см. сноску 125), стр. 369.

# Никелевое отложение

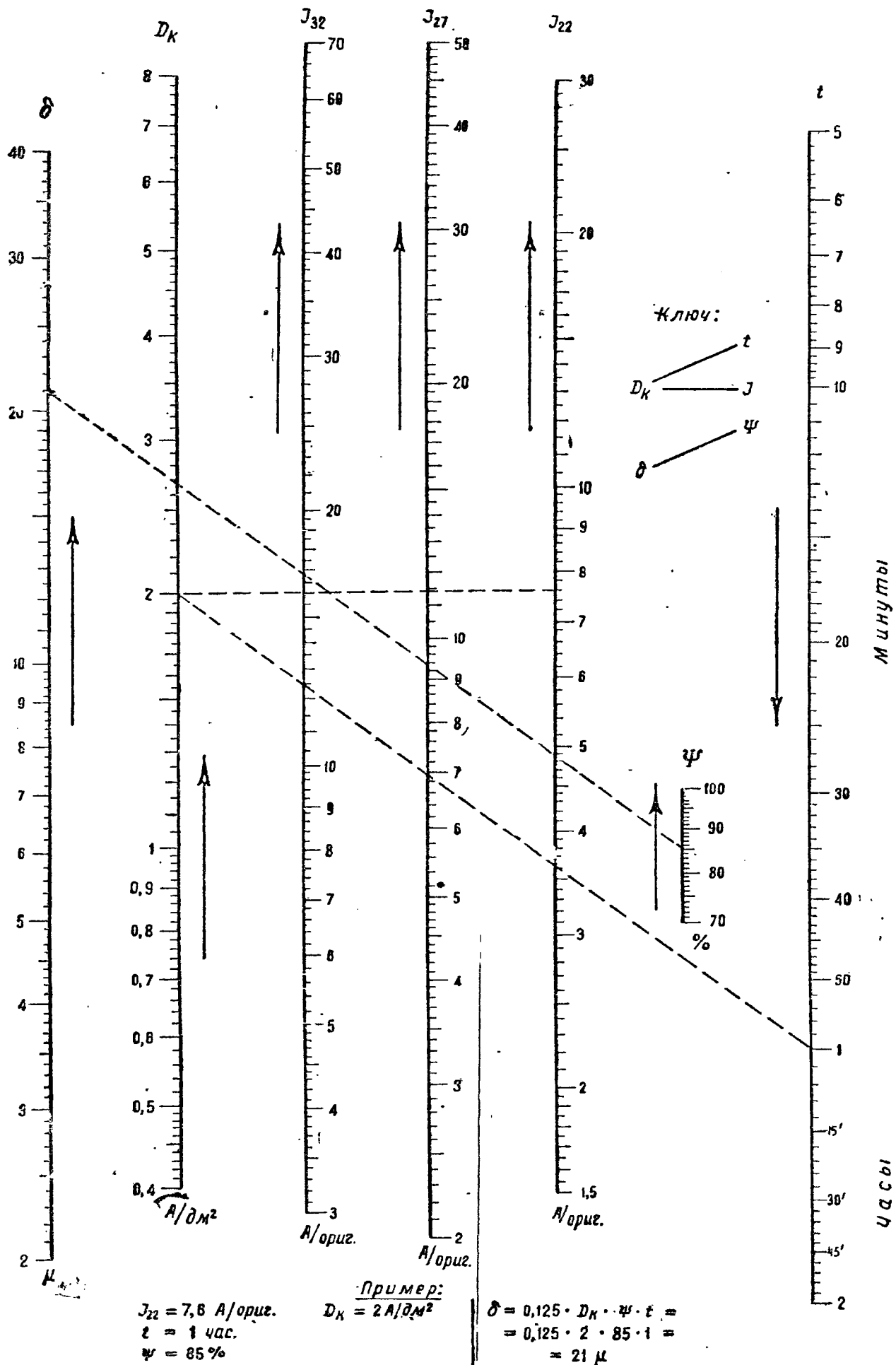


Рис. 129.

ванные аноды; напротив, в остальных ваннах удобнее литые.

Выделение кислорода *in statu nascendi* на анодах, как сказано было, способствует покрыванию их черной перекисью, поэтому приходится очищать эти аноды время от времени с помощью щеток с тонкими стальными прутьями, вынимая их для этого из ванны.

Заключение анодов в мешки, упоминавшееся при меди, уместно и при никелевых анодах.

Необходимо упомянуть еще и о так называемых *деполяризованных* анодах, получивших за границей значительное распространение<sup>155</sup>. Эти аноды изготавлиются путем добавления к расплавленному никелю расплавленной окиси никеля. Такой анод обладает значительной, но равномерной растворимостью и высоким анодным выходом тока (около 95%), необычным для других никелевых анодов.

Температура в никелевых ваннах поддерживается чаще всего комнатная, хотя выше уже упоминалось, что работа при повышенной температуре позволяет уменьшить пористость отложения. Электропроводность раствора также возрастает с температурой.

Перемешивание никелевых ванн продуванием воздуха способствует мелкокристаллическому отложению<sup>156</sup>.

#### Пример состава и режима никелевой ванны

##### Состав:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	55 г
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	18,5 г
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . . . . .	10 г
$\text{H}_3\text{BO}_3$ . . . . .	2,4 г
Воды . . . . .	1 л

##### Режим:

pH . . . . .	5,0—5,5
Температура . . . . .	25°
$D_k$ . . . . .	0,5 а/дм <sup>2</sup>
Тип ванны . . . . .	Рис. 136, В

Вместо сульфатов магния и аммония может быть взята их двойная соль  $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Фильтрация ванны ведется периодически. Корректировка кислотности — серной кислотой. Движение катода способствует удалению пузырьков.

Толщина и вес никелевого отложения легко могут быть определены с помощью номограммы автора, представленной на рис. 129. Номограмма построена на основе формул (50), (51) и табл. V, причем для электролитического никеля принята плотность 8,8 г/см<sup>2</sup>.

<sup>155</sup> Barattini A., Anodi di nickel. L'industria Meccanica 1935, 1:9—12, 2:107—8.

<sup>156</sup> Pfannhauser, (см. сноску 125), стр. 384.

Для быстрых подсчетов в уме полезно запомнить, что при выходе тока в 90% и плотности тока  $1 \text{ а/дм}^2$  за час наращивается  $12 \text{ м}$ .

В заключение отметим, что работа с никелевым очком от никелирования в смысле отложения не отличается. Однако, при никелевом очке слой никеля делают обычно более толстым и потому в ванне предъявляется требование более устойчивой работы, так как при увеличении толщины возрастает опасность отслаивания никеля.

## 2) Хромовое отложение

### 91. Электролит

В отличие от осаждения меди и никеля при осаждении хрома применяются соли, в которых хром находится не в катионе, а в анионе. Именно: хром вводится при хромировании в виде хромового ангидрида  $\text{CrO}_3$ , являющегося ангидридом неизвестной в свободном состоянии хромовой кислоты  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ , дающей анион  $\text{CrO}_4^{2-}$ , в котором хром шестивалентен.

Хром возможно отлагать и из солей, в которых он находится в катионе. Впервые (в 1854 г.) Бунзеном хром был осажден именно из такой соли (из  $\text{CrCl}_2$ ). Однако подобный электролит имеет чрезвычайно узкий рабочий интервал и потому ведет себя очень непостоянно, чувствителен к малейшим изменениям pH (прикатодное образование основных солей, отлагающихся с хромом, делает его хрупким), требует отделения катодного пространства от анодного пористой диафрагмой и т. д.

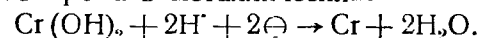
Хромирование вошло в широкую практику лишь в третьем десятилетии текущего столетия, после того как найдены были практические условия надежной устойчивой работы с шестивалентным хромом, который восстанавливается до металлического выделяющимся на катоде водородом.

Одним из таких условий оказалась необходимость введения в электролит кроме хромового ангидрида еще и серной кислоты, так как из чистой хромовой кислоты выделение хрома оказалось не только затруднительным, но и просто невозможным.

Раствор хромового ангидрида обладает сам по себе очень высокой электропроводностью и прибавка к нему серной кислоты лишь очень незначительно эту электропроводность повышает. Так, раствор, содержащий  $250 \text{ г/л}$ , имеет удельное сопротивление  $0,192 \text{ }\Omega/\text{мл}$ , а тот же раствор с содержанием  $2,5 \text{ г/л}$  серной кислоты (обычный состав) имеет удельное сопротивление  $0,162 \text{ }\Omega/\text{мл}$ . Таким образом для объяснения происходящего при введении серной кислоты процесса требуются какие-то иные соображения.

Процесс этот не может считаться выясненным и ныне; из теорий, предложенных для его объяснения, существенны две.

По одной теории (Liebreich) процесс перехода шестивалентного иона  $\text{Cr}^{6+}$  к нейтральному Cr протекает через последовательные стадии с промежуточным образованием трехвалентного окисного  $\text{Cr}^{3+}$  и двухвалентного закисного  $\text{Cr}^{2+}$ . При этом необходима значительная концентрация водородных ионов для восстановления образовавшихся окисных солей низковалентного хрома в металлический:



Роль этого источника водородных ионов и выполняет серная кислота.

По другой теории (Müller) этот восстановительный процесс перехода  $\text{Cr}^{VI}$  в Cr не проходит через стадию промежуточного восстановления и идет практически непосредственно. Ионы присутствуют по этой теории лишь в самой незначительной концентрации, так как они образуют нерастворимую основную хромовокислую окись хрома  $\text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_4$  или  $(\text{OH})_2\text{Cr} - \text{CrO}_4 - \text{Cr}(\text{OH})_2$ , которая отлагается на катоде, образуя диафрагму, пропускающую лишь ионы водорода (как наименьшие по размерам), не допуская таким образом разряд хрома. Для того чтобы разряд хрома стал возможен, необходимо разрыхлить эту диафрагму, что и выполняется<sup>157</sup> ионами  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Существенным оказывается не абсолютное содержание сульфат-иона, а отношение содержания хромового ангидрида к содержанию сульфат-иона<sup>158</sup>. Установлено, что высокому выходу тока наиболее благоприятствует случай, когда величина этого отношения лежит между 100 и 200, причем к верхнему пределу следует приближаться тем более, чем сложнее профилировано покрываемое изделие.

Подобно серной кислоте действуют и другие кислоты, например фосфорная. Серную, а не иную кислоту, вводят потому, что она, во-первых, обычно и без того сопутствует хромовому ангидриду, во-вторых, легко контролируется в ваннах.

Вместо серной кислоты иногда рекомендуют применение плавиковой кислоты, которая имеет по сравнению с серной следующие преимущества: выход по току меньше зависит от

<sup>157</sup> На дальнейших подробностях останавливаться здесь не будем. Изложение их см. Лайнер В. И., Хромирование металлов, М.-Л. 1932; Лаппи Н. Д. и Гольц Л. Н., Электролитическое хромирование, Л. 1933; Pfannhauser W., Verchromungs-Technik, Leipzig 1931.

<sup>158</sup> Например, при содержании  $\text{CrO}_3$   $250 \text{ г/л}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $2,5 \text{ г/л}$  это отношение равно  $\sim 100$ ; иногда говорят об отношении молярности хромового ангидрида к нормальности серной кислоты; в этом случае отношение получается в два раза меньше; так, в приведенном примере  $(250:100) : (2,5:49) \approx 50$ .

температуры и от концентрации  $\text{CrO}_3$ , для получения блестящих отложений можно работать не только при высоких, но и при низких температурах без существенного сужения диапазона концентрации  $F'$  (диапазон рабочей концентрации  $F'$  шире диапазона рабочей концентрации  $\text{SO}_4$  при том же выходе по току). Рассеивающая способность  $F'$  при равной с  $\text{SO}_4$  концентрации гораздо больше<sup>159</sup>. Однако ванны с плавиковой кислотой пока еще не получили широкого промышленного распространения.

Что касается содержания самого хромового ангидрида, здесь наиболее принята концентрация 250 г/л.

Ванны с более высоким содержанием  $\text{CrO}_3$  имеют более высокую электропроводность и потому позволяют при том же напряжении работать при более высоких плотностях тока. Зато они обладают меньшим выходом по току.

В ряде рецептов вводят в состав электролита также сернокислую соль трехвалентного хрома  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ . Впрочем, даже если трехвалентный хром не вводится специально, он все равно присутствует в ванне: не говоря уже о том, что примесь трехвалентного хрома вполне возможна в продажном хромовом ангидриде, трехвалентный хром образуется при катодном восстановительном процессе.

Однако слишком высокое содержание трехвалентного хрома (примерно более 10%) считается вредным, так как оно вызывает образование темных осадков и повышает сопротивление раствора. Для удаления избытка  $\text{Cr}^{+++}$  завешивают большую поверхность свинцовых анодов, с тем чтобы на них произошло окисление трехвалентного хрома, и дают ванне работать при ненужных катодах несколько часов.

Что касается влияния других примесей, то особый интерес представляет влияние железа, так как с этим связан вопрос о возможности применения железных ванн и железных анодов.

Хромовая кислота, правда, действует на железо пассивирующе, но все же со временем содержание железа в ванне нарастает.

Железо уменьшает электропроводность раствора, сужает рабочий интервал, и потому содержание его в ванне нежелательно. Удаление железа из ванны затруднительно, так что при накоплении в ванне железа выше 25 г/л электролит рекомендуют выбрасывать.

Содержание азотной кислоты особенно вредно. Уже 1% азотной кислоты в хромовом ангидриде делает невозможной практическую работу. В присутствии значительного количе-

ства  $\text{HNO}_3$  осаждение хрома возможно лишь при очень высокой плотности тока.

В общем же хромовый электролит менее чувствителен к примесям иных металлов, чем другие электролиты.

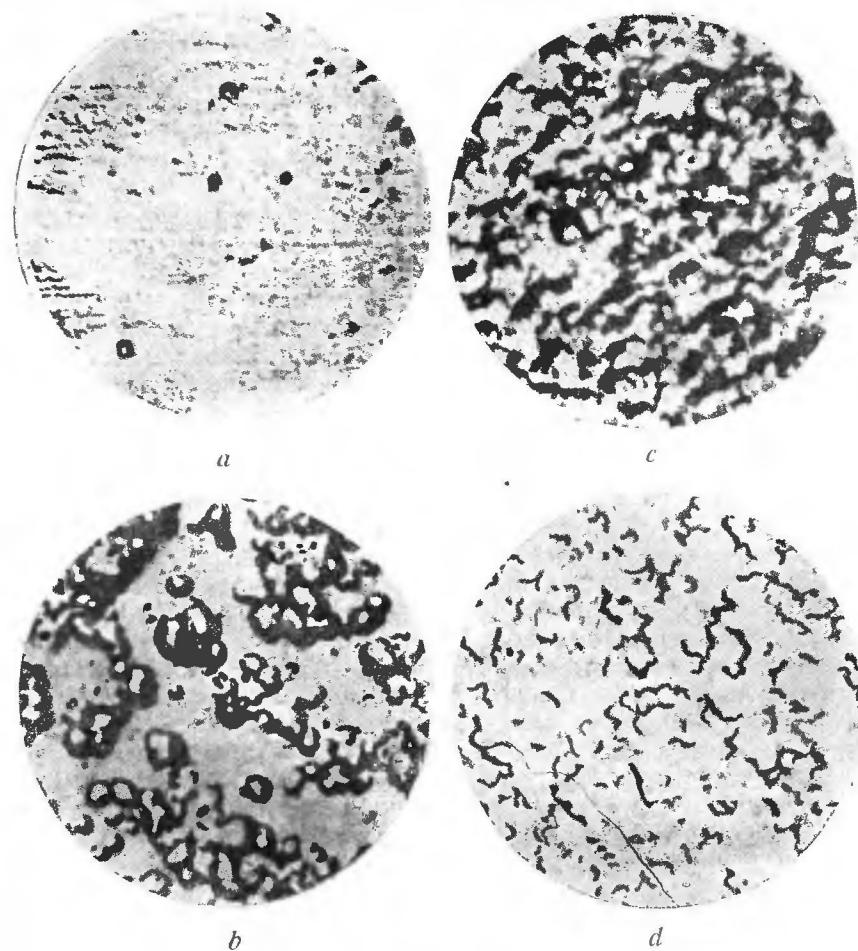


Рис. 130.

По внешнему виду хромовое отложение бывает блестящим, матовым и молочным. Какой вид отложения уместен в рассматриваемом производстве — легко решить с помощью рис. 130. Здесь показана<sup>160</sup> поверхность отложения при увеличении

<sup>160</sup> Portevin A. и Symboliste M., *Emploi du microscope dans l'étude et le contrôle des revêtements électrolytiques*, *Revue de Métallurgie* 1933, 30; 8: 323—48.

<sup>159</sup> Müller E. и Rossow O., *ZCh* 1932, 38; 883. Müller E. и Drechsel, *ZCh* 1934, 40; 10: 707—13.

в 1400 раз для каждого из указанных видов: *a* относится к блестящему, *b* к молочному, *c* к матовому виду. Из рисунка ясно, что на поверхности хрома могут образовываться бугорки (поперечником в несколько микрон). Эти бугорки присутствуют в ничтожном числе уже на блестящей поверхности. Когда они занимают всю поверхность — она приобретает матовый вид (наглядная демонстрация связи между шероховатостью и диффузным рассеиванием). Когда бугорки и блестящий хром чередуются между собой на поверхности — наложение обоих эффектов придает отложению хрома как бы молочный вид.

На рис. 130, *d* представлен вид хрома, имевшего первоначально матовую поверхность, но доведенного до блеска путем полировки.

После всего сказанного становится совершенно очевидным, что в рассматриваемом производстве допустимо лишь блестящее хромовое отложение, блеск которого достигается при этом отнюдь не за счет полировки, а присущ отложению сразу после выгрузки из ванны.

Твердость хрома, измеренная методом царапания, очень велика. Раньше твердость хрома, как и твердость никеля, часто связывали с поглощенным водородом. Однако ныне установлено, что эта твердость сохраняется и после удаления поглощенного водорода<sup>161</sup>. Таким образом твердость зависит от особой структуры отложившегося металла, на которую одновременное выделение водорода может, по видимому, косвенно влиять. К сожалению, особенно твердые образцы хромового отложения оказываются часто покрытыми сеткой тонких (но не особенно мелких) трещин.

## 92. Режим

Аноды в хромовых ваннах применяются нерастворимые: это вызвано рядом причин. Не говоря уже о затруднительности механической обработки хрома, необходимой для придания анодам определенной формы, хромовые аноды не приме-

няются еще и потому, что они при растворении обогащают ванну ионами хрома низкой валентности и, к тому же, повышают общую концентрацию хрома в растворе, так как растворяются быстрее, чем происходит осаждение хрома на катоде.

В виде анодов применяют поэтому не хром, а железо (сталь) или свинец. Как железо, так и свинец не вполне нерастворимы в этих условиях. О вредности железа уже говорилось выше. Значительно менее вреден свинец, дающий нерастворимую хромовокислую соль. К тому же перенапряжение кислорода на свинце больше, чем на железе, так что при свинцовых анодах лучше идет анодное окисление низковалентного хрома. Свинец особенно хорош в виде гартбля, содержащего 6—8% сурьмы.

Анодную поверхность рекомендуют иметь размером в 50—65% от катодной.

Аноды следует периодически очищать от хромовокислого свинца стальными щетками.

Плотность тока при хромовом отложении применяется значительно более высокая, нежели при медном и никелевом отложениях. При малых плотностях тока отложения хрома вообще не происходит. Это поясняется рис. 131, где показаны поляризационные кривые для хромового электролита. Ход кривой катодной поляризации воспроизводит случай, разобранный выше на рис. 113. Эта кривая поясняет, почему при низких плотностях тока, до достижения предельного тока относительно водорода, вовсе не происходит отложения хрома. На основе хода этой кривой становится также ясным, что выделение водорода неизбежно должно сопровождать отложение хрома. Наконец, видно, что катодная поляризация в случае хромовых ванн очень незначительна. В соответствии со сказанным в § 86 это ведет к низкой рассеивающей способности.

Невыделение хрома при низких плотностях тока заставляет прийти к выводу, что *постепенное* повышение плотности тока оказывается нецелесообразным<sup>162</sup>. Иногда применяют в первое мгновение после опускания оригинала в хромовую ванну удвоенную плотность тока (подавая удвоенное напряжение) — так называемый «толчок».

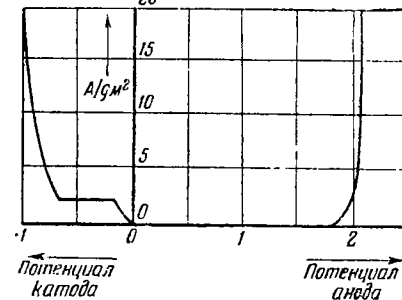


Рис. 131.

<sup>161</sup> Guichard, Clausmann, Billon, Lanthony. Chem. Ind. 1934, 31:472. Оказалось даже, что нагрев хрома до 200° и удаление 30% водорода приводит к повышению твердости хрома, что объясняется переходом гексагональной решетки мягкого хрома в кубическую решетку твердого хрома. Напротив, нагрев выше 575°, сопровождаемый рекристаллизацией, приводит снова к понижению твердости. Макариева С. Р. и Вирюков Н. Д., Über die Härte des elektrolytischen Chroms und über den Einfluss des im Metall gelösten Wasserstoff, ZCh 1935, 41; 8:623—31. 838—42. Нагрев до 130° в течение 15 мин. достаточен для полного перехода гексагональной формы в кубическую. Полагают, что при электролитическом отложении хрома получается кубическая форма с примесью гексагональной (последняя создается при разряде трехвалентных ионов, всегда имеющих в некотором количестве).

<sup>162</sup> Pfanhauser W., Verchromungspraxis und Theorie, ZCh 1931, 37; 12.



Температура в хромовых ваннах исключительно сильно влияет на вид отложения. В отличие от других гальваностегических процессов ее необходимо поддерживать в очень узких пределах (колебание в 2—5°). Дело в том, что влияние плотности тока на строение отложения зависит от применяемой при этом температуры. На рис. 132 представлена зависимость строения отложения от совокупного влияния обоих факторов. При этом *a* относится к случаю, когда осаждение производится на медь, а *b* к случаю, когда осаждение ве-

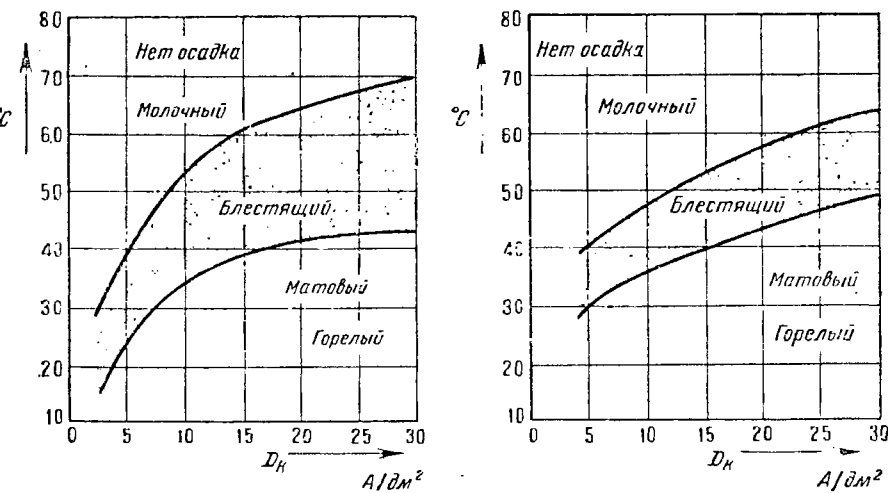


Рис. 132.

дется на никель. На рисунке указан вид получающегося при этом отложения, а зона блестящего отложения ограничена линиями. Конечно, ограничения не могут считаться особенно точными, так как одно строение переходит в другое не резко, а постепенно. Из рисунка видно, что при отложении на никеле рабочий интервал значительно уже, нежели при отложении на меди, и что рабочий интервал расширяется с повышением температуры.

Хромирование по меди, как следует из рис. 132, более легкое, нежели по никелю, в рассматриваемом производстве не допустимо ввиду разъедающего действия хромового электролита на медь (правда, последнее не столь опасно, когда завеска оригиналов в хромовую ванну производится под током).

Плотность тока и температура влияют совместно не только на вид осадка, но и на выход тока. Рис. 133 изображает выход

тока в зависимости от плотности тока и температуры. Рисунок показывает, что выход тока повышается с повышением плотности тока, но сильно падает с повышением температуры.

Повышение выхода тока с возрастанием плотности тока можно было предвидеть из рассмотрения кривой катодной поляризации и сопоставления ее со сказанным относительно рис. 114: выход тока повышается потому, что соотношение между количествами выделяющегося хрома и водорода становится более благоприятным для хрома.

То, что при хромировании с повышением плотности тока возрастает и выход по току, согласно сказанному в § 87, означает, что рассеивающая способность хромовых ванн отрицательна, т. е. что распределение металла менее равномерно, чем первичное распределение тока.

Практически, при хромировании работают чаще всего вблизи 45°, так как более низкие температуры не позволяют применять высокие плотности тока для получения блестящего отложения. Кроме того, с повышением температуры возрастает электропроводность раствора.

Наибольшую стойкость на истирание обнаружил<sup>164</sup> хром, отложенный при 62  $A/dm^2$ .

Перемешивание в хромовых ваннах не применяется.

Вращение катода, правда, позволяет повысить плотность тока, однако оно усложняет работу конструктивно, а между тем весь процесс хромового отложения исчисляется минутами, так что ускорение его себя не оправдывает. Поскольку выделение хрома связано с восстановительным процессом, продува-

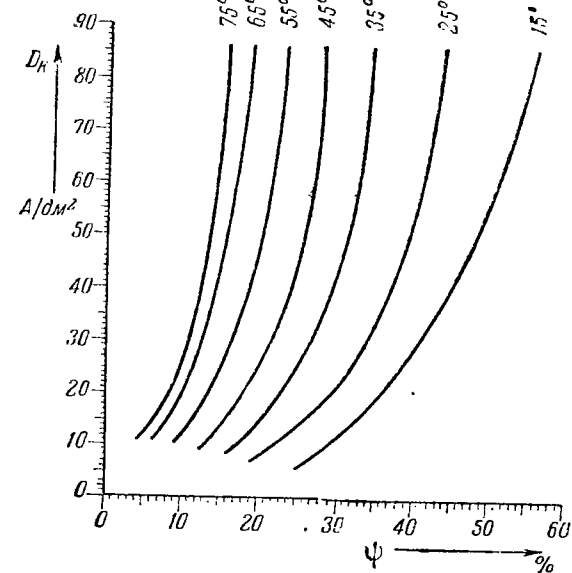


Рис. 133.

<sup>163</sup> Haring H. E. и Barrows W. P., Bur. of Stand. 1927 г., Technolog. Papers № 346.

<sup>164</sup> Piersol R. I., Effect of current density on the hardness of electrodeposited chromium, TAEChS 56; 371.

ние воздуха, конечно, не практикуется. Пфангаузер прямо считает перемешивание в хромовых ваннах нежелательным.

Над хромовыми ваннами обязательно устраивать хороший отсос, так как механически увлекаемый выделяющимися из ванн пузырьками водорода хромовый ангидрид оказывает очень вредное действие на слизистые оболочки носа (уже при концентрации  $0,1 \text{ мг/м}^3$ ).

#### Примеры состава и режима хромовых ванн

Состав:	I	II
$\text{CrO}_3$ . . . . .	250 г	250 г
$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	4,8 г	—
$\text{H}_2\text{SO}_4$ . . . . .	—	2,5 г
Воды . . . . .	1 л	1 л
<b>Режим:</b>		
Температура . . . .	$49^\circ$	$45^\circ$
$D_k$ . . . . .	$18 \text{ а'дм}^2$	$20 \text{ а'дм}^2$

Толщина отложения хрома удобно находится по номограмме автора, представленной на рис. 134. Эта номограмма рассчитана только на температуру  $45^\circ$ ; выход тока для этой температуры взят из рис. 133.

### д) Оборудование гальванического процесса

#### 93. Ванны

Сосуды, в которых производится процесс электролиза для отложения меди и никеля, бывают деревянные, стеклянные, эбонитовые и железные.

Деревянные сосуды для защиты дерева от электролита покрываются изнутри листовым свинцом; свинец, в свою очередь, чтобы избежать в ванне перераспределения силовых линий, покрывается восковым сплавом (например пчелиного воска 80 вес. ч., канифоли 15 вес. ч., варен. масла 5 вес. ч.) на толщину 5—8 мм.

Железные сосуды обычно гуммируют, лакируя металл специальным каучуковым лаком<sup>165</sup>, или используя отрицательный заряд латекса и осаждая его путем катафореза<sup>166</sup>, или же оклеивая стенки листовой резиной и вулканизируя ее на сосуде.

Для хромового отложения применяются ванны железные, без всякого защитного слоя, или, лучше, обложенные слоем гартбля.

Стеклянные и эбонитовые сосуды не требуют защиты.

<sup>165</sup> Например, типа тернезита. См. Mauegmann O., Farbe und Lack 1930, 45:405.

<sup>166</sup> Что, впрочем, труднее удается как раз на железе; Elliot F. A., Chem. a. Met. Eng. 1926, 6:23.

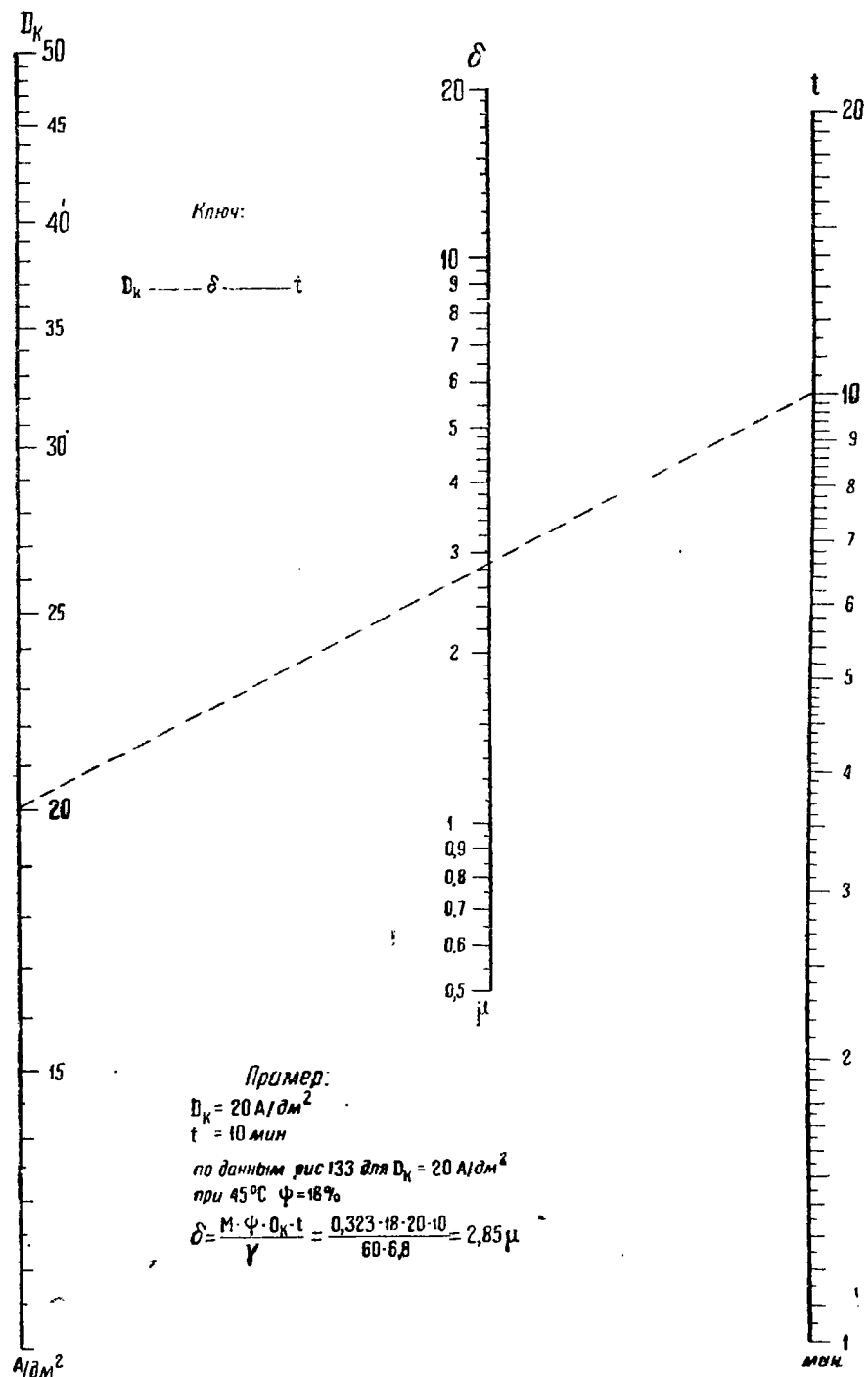


Рис. 134.

По форме сосуды представляют, чаще всего, прямоугольные резервуары.

В одной ванне завешивают обычно от 2 до 15 катодов. Более крупные ванны неудобны в эксплуатации; к тому же предпочитают разделять весь электролит на отдельные порции объемом не более 1—2 м<sup>3</sup>. На практике всегда работают с рядом отдельных ванн. Соображения, оправдывающие разделение электролита, основываются, главным образом, на обеспечении минимального ущерба производству при выходе из строя (например загрязнении) электролита одной из ванн. Но слишком мелкие ванночки требуют увеличения числа точек анализа и потому, даже работая с небольшими резервуарами, их обычно соединяют общей линией, так что электролит циркулирует через ряд ванночек, причем электролит отдельных рядов таких ванн разделен.

На способах подвода тока к ваннам останавливаться не будем <sup>166a</sup>.

#### 94. Циркуляция и фильтрация

Циркуляция особенно удобно совмещается с фильтрацией. При отсутствии постоянной циркуляции фильтрацию приходится производить периодически, останавливая для этого ванну, отсифонивая содержимое в бутылки или бачки и наливая затем вновь в ванну через положенный поверх ванны фильтр — деревянную раму, на которой натянута шерстяная ткань. С помощью монтежу этот процесс может быть механизирован. Возможно также устройство передвижной тележки с насосом и фильтром.

Непрерывная циркуляция позволяет осуществлять и непрерывную фильтрацию. При непрерывной фильтрации раствор подается на фильтр, представляющий собою бак с расположенной несколько выше его дна шерстяной или войлочной рамой. В качестве фильтрующего слоя применяют также песок слоем около 1 м вышиной. Активированный уголь также может служить средством для очистки электролита от загрязнений. Для фильтрации никелевых ванн пользуются иногда муслином.

Циркуляция — обычное устройство при медных ваннах, более редкое при никелевых и вовсе отсутствующее при хромовых.

Для циркуляции раствора кислотостойкие насосы с движущимися частями обычно уступают место более простым маммут-насосам, работающим на принципе отличия весов двух столбов жидкости, из которых в одном содержится большое

количество воздушных пузырей (благодаря вдуваемому туда воздуху), и поэтому в нем для достижения гидростатического равновесия жидкость поднимается выше (насосы эти называются еще аэролифтами) <sup>167</sup>.

На рис. 135 показана схема установки с циркуляцией электролита последовательно через ряд ванночек и фильтр, осуществляемой с помощью аэролифта. Следует обратить внимание на то, что раствор перемещается в сосудах сверху вниз и потому не только не взмучивает шлам, но, напротив, быстро уносит его на фильтр. При этом отводные трубы расположены выше дна с тем, чтобы на дно оседали и оставались там впредь до капитальной очистки наиболее крупные и тяжелые частицы шлама.

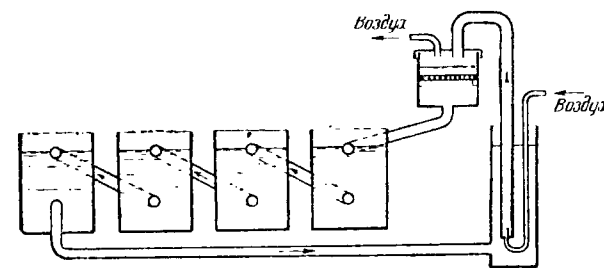


Рис. 135.

Для действенной гарантии отсутствия шишковатости на меди и включений в никеле фильтрация должна быть достаточно частым; полную оборачиваемость электролита полезно обеспечивать в возможно короткие промежутки времени. Например, для медных ванн один оборот должен происходить за 15—30 мин. Так, на одном предприятии аэролифт, обслуживающий 10 ванночек емкостью по 90 л каждая, подает  $\sim \frac{1}{4}$  л/сек, так что за час происходит полная фильтрация электролита.

#### 95. Перемешивание

Для перемешивания предложены различные методы.

Электромагнитное перемешивание наиболее оригинально. Принцип его состоит в том, что электролит окружается проводами тока так, что образуется кругом ванночки своего рода катушка; магнитные линии стремятся тогда вращать линии тока, а так как ионы, несущие ток, испыты-

<sup>167</sup> Практические данные см. Бэджер В. и Мак-Кэб В., Основные процессы и аппараты химических производств (пер. с нем.). М. 1933, стр. 74—5. Hartmann К. и Кнопке J., Die Pumphren, Берлин 1897, стр. 460—3.

<sup>166a</sup> См., например, Короленко Н. К., Электрическое оборудование гальванических цехов, М.-Л., 1938.

вают трение жидкости, то это и приводит последнюю во вращательное движение.

Для питания катушки может быть применен тот же ток, что и для электролиза; для этого катушку и ванну соединяют последовательно.

Так как эффект вращения определяется числом ампервитков катушки, то энергичное перемешивание может быть достигнуто лишь при значительной силе тока и малых ваннах (для увеличения числа витков). Этот оригинальный способ не получил практического значения.

Механические мешалки применяются лишь в сравнительно медленных ваннах. Такие мешалки представляют собой, например, стеклянные стержни, совершающие колебательное движение и делающие около 15 колебаний в минуту. Этот способ работы не совершенен.

Воздушное перемешивание, как уже упоминалось выше, достаточно распространено. Воздух пропускается обычно в ванны с помощью стеклянных или эбонитовых труб, имеющих под катодом мелкую перфорацию. Такое перемешивание называется барботированием (от французского слова *barboter* — болтать). Поскольку воздуху приходится преодолевать лишь очень небольшую высоту жидкости, для барботирования достаточно весьма небольшое давление воздуха; избыток давления приводит только к разбрызгиванию жидкости.

Количество подаваемого воздуха зависит от режима ванн, но в общем секундная подача воздуха не составляет более 5—10% от объема электролита. Еще правильнее относить количество воздуха к единице поверхности раствора. По нормам фирмы Roots<sup>168</sup> слабому перемешиванию соответствует подача 0,4 м<sup>3</sup> воздуха на 1 м<sup>2</sup> свободной поверхности в минуту, среднему 0,8 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> · мин, бурному 1 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> · мин.

По пути от компрессора к ванне обязательно устанавливаются маслоотделители для предупреждения попадания масла из компрессора в ванну.

Вращение катода — очень эффективная мера перемешивания, особенно когда катод вращается достаточно быстро. При выделении металлов в практике электроанализа применяют значительные скорости (например 1600 об/мин при выделении меди<sup>169</sup>). В гальванотехнике к таким скоростям обычно не прибегают, во-первых, потому, что они связаны с конструктивными трудностями, во-вторых, потому, что они вызывают значительный расход энергии на вращение (расход

энергии находится в экспоненциальной зависимости от радиуса вращаемого тела и числа оборотов, так что с увеличением числа оборотов расход энергии растет в еще значительно большей степени<sup>170</sup>).

Медленное вращение катода, порядка 1—4 об/мин, применяется в производстве грамофонных пластинок довольно давно. Последнее время, примерно с 1930 г., пробуют перейти на более быстрое вращение, до 200 об/мин.

Описание гальванического процесса, принятого в начале этого века, можно найти во многих источниках. В частности, на русском языке гальванический процесс описан в следующих словах<sup>171</sup>: «к негативам прикрепляют медные крючки и помещают их в гальванопластическую ванну. Для равномерного наращивания в самую ванну проведен фукав, который посредством насоса взбалтывает воздушной струей содержимое ванны и тем мешает неравномерному наращению. В ванне негатив остается около 8—10 час.». Несколько позже находим указание<sup>172</sup>, что «ранее усиленно применявшиеся ванны с перемешиванием совершенно оставлены, так как безусловно присущая им возможность получения в короткий срок толстых отложений ни в коем случае не оправдывает многих присущих им недостатков».

В производстве грамофонных пластинок исстари наиболее приняты были ванны с медленным вращением катода, сочетающие хорошее качество отложения с конструктивной простотой и потому долго имевшие преобладающее значение в производстве грамофонных пластинок. Вряд ли и поныне можно считать много предприятий, весь гальванический процесс которых проводится на одних только быстрых ваннах.

## 96. Крепление катодов и анодов

Аноды подвешиваются обычно в виде листов на анодные штанги. Катодом являются изделия. Основные задачи при укреплении катодов состоят в том, чтобы: 1) без больших потерь на контактах подвести к оригиналам ток; 2) не создавать выступающих металлических частей, которые сгущали бы на себе силовые линии, и 3) воспрепятствовать сгущению силовых линий на краях оригиналов, чтобы избежать там более грубой структуры, дендритов и утолщения.

При укреплении катодов-оригиналов имеется два основных пути: менее совершенный — кантовка и более совершенный — сборка в кольца.

<sup>168</sup> Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии. Ч. I, Механические процессы, М: 1938, стр. 256. Раздел „Барботирование“.

<sup>169</sup> Фишер А. и Шлейхер А., Электроанализ (пер. с нем.), Л. 1931, стр. 74.

<sup>170</sup> О медных ваннах с очень быстрым вращением катода, см. Вепнет С. W., TAChS 1911, 21; 253.

<sup>171</sup> „Новости граммофона“, 1907, № 6. Повторение в „Грамофонная жизнь“, 1911, № 9, стр. 8.

<sup>172</sup> Kaiser H., Die Schallplattenfabrikation. Gum 1913, 23.

**Пример кантовки.** Из грубой (оберточной) бумаги нарезают круги по диаметру на  $\sim 20$  мм больше диаметра оригинала и полоски шириной  $\sim 20$  мм. Бумагу проващивают путем погружения в таз с расплавленным составом (пчелиный воск + канифоль в отношении 30:1). При вынимании бумаги из таза удаляют палочкой лену. Состав на бумаге быстро застывает. Оригинал, к которому ранее уже припаян медный контакт, промазывают восковым составом в месте припайки (чтобы обеспечить непопадание олова в ванну) и кладут лицом вверх на остывшую проващенную бумагу. Затем расплавленным восковым составом покрывают с помощью кисточки место соприкосновения борта оригинала с проващенным кругом. Накладывают на выступающую часть проващенного круга полоски проващенной бумаги так, что они на половину своей ширины совпадают с проващенным кругом, а второй половиной обрамляют оригинал, образуя перпендикулярный к его поверхности бортик; эти полоски вновь промазывают восковым составом. Наконец, отдельным кусочком бумаги с помощью воскового состава заклепывают центровое отверстие.

При кантовке кроме способа вождения возможно и применение лакировки быстро сохнущими лаками. Оба способа работы требуют тщательности, так как, например, попадание воска или лака на рабочую поверхность оригинала сделает невозможным снятие доброкачественной гальванопластической копии.

Способ сборки в кольца свободен от этого недостатка, более быстр и надежен в работе. Конструкции колец бывают разнообразны. В ваннах с перемежающимися анодами и катодами собирают в одну пару эбонитовых колец два оригинала, соприкасающихся изнанками, и стягивают кольца с помощью эбонитовых болтов. Напротив, при односторонней работе кольцо нередко имеет одно дно и оригинал притягивается металлическим подводным ток болтом в центре (головка болта со стороны анода покрыта изоляционной массой).

При подводе тока к воску следует считаться с очень низкой электропроводностью тонкого ПС и не ограничиваться подведением тока в центре, но подводить его также и по окружности, — это достигается либо специальной конструкцией колец, либо утоплением по бороздке воскового диска (см. § 60) медной проволоки, также присоединяемой к катодной штанге.

При кантовке, как мы видели, делается обычно небольшой перпендикулярный к поверхности оригинала бортик из проващенной бумаги. Этот бортик играет роль экрана, улучшающего распределение силовых линий. С той же целью предусматривается обычно выступ у эбонитовых колец. На пользу подобного экранирующего устройства в производстве граммофонных пластинок указал Димон<sup>173</sup>.

## 97. Конструктивные примеры

На рис. 136 показаны схематически отдельные конструктивные типы выполнения гальванических ванн.

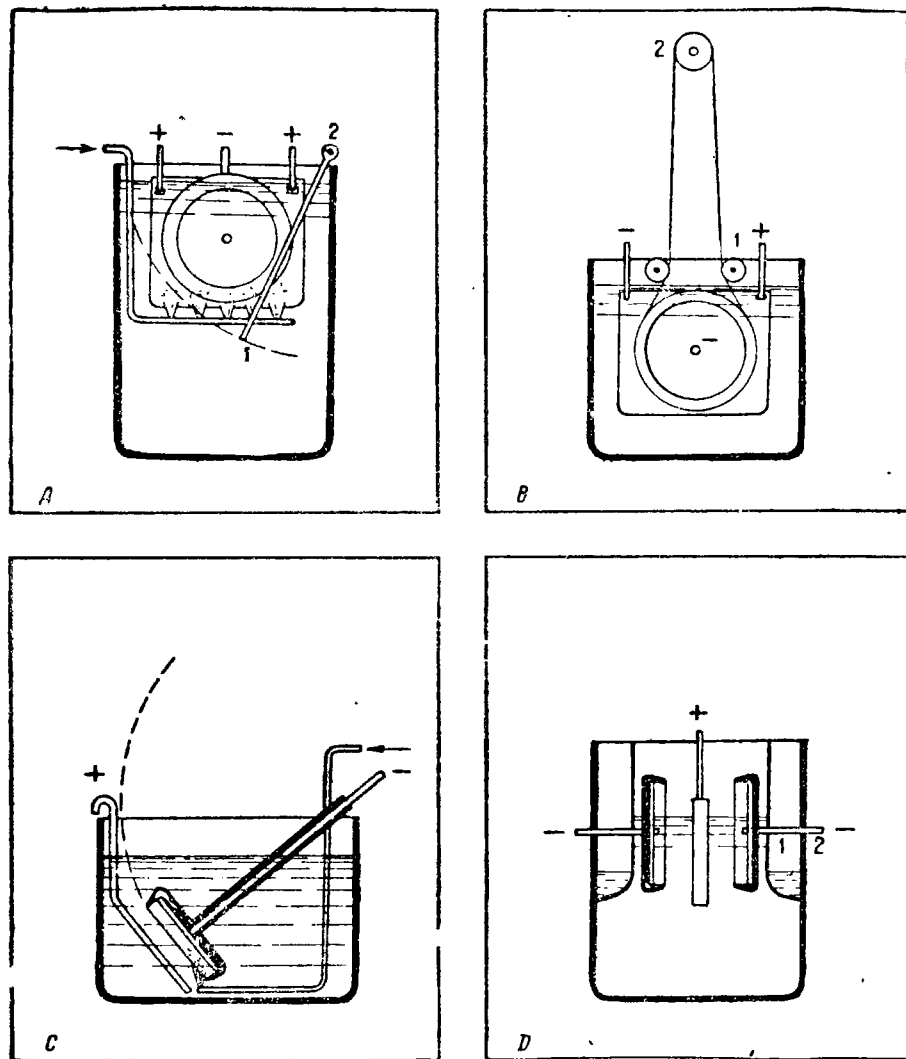


Рис. 136.

Тип А представляет медленную ванну. Здесь аноды и катоды подвешиваются на крючках к токоподводящим штангам, лежащим параллельно друг другу на бортах ванны. В проме-

<sup>173</sup> Dimon, The Manufacture of Phonograph Records. Metl (NY). 1932, 30; 105—7.

жутках между анодами и катодами находятся стеклянные палочки 1 (диаметром около 10 мм), укрепленные наверху в обоймах, получающих качательное движение от валика 2.

Видоизменением этой ванны является замена мешалок барботерами (показано на том же рисунке), через отверстия которых подается в ванну воздух.

Тип В изображает одну из наиболее распространенных медленных ванн. Здесь аноды подвешиваются так же, как и в предыдущем случае, а катоды приводятся в медленное вращательное движение. Для последней цели через шкив приводного валика 2 перекидывается резиновая бесконечная струна, огибающая кольцо, в котором собран оригинал. Это кольцо никак не укрепляется в ванне и просто висит на этой струне, поэтому при наращивании на воск вес кольца должен быть достаточным, для того чтобы предупредить всплывание.

Для того чтобы сделать это кольцо более устойчивым, увеличивают угол обхвата кольца струной с помощью роликов 1, огибаемых струной и укрепленных на бортах ванны. Подвод тока осуществляется, например, с помощью гибкого проводника, присоединенного, конечно, с обратной стороны, к болту, крепящему оригинал в центре его. Оригиналы вращают со скоростью один оборот за 5—10 мин.

В ваннах подобной конструкции вращать со скоростью более 25—30 об/мин весьма неудобно, ввиду значительного уноса электролита по струне на трансмиссию.

Тип С относится к быстрым ваннам. Здесь катод получает быстрое вращательное движение от мотора, монтированного в верхней части ванны. Положение оси в этом случае наклонно, чтобы избежать трудностей укрепления подшипников ниже уровня электролита. Соответственный уклон придается и аноду для соблюдения параллельности электродов. Под катод подается также воздух. С целью зарядки и разрядки весь катодный валик может подниматься вверх. Конструкция эта громоздка, но позволяет работать при высоких плотностях тока. Передача от мотора к катодам удобна фрикционная.

Тип D также относится к быстрым ваннам. Здесь, однако, положение анода и катода остается вертикальным, так что анод не отличается от анодов, примененных в ваннах типа А и В. Катод здесь также приводится в быстрое вращение от мотора или шкива, находящихся вне ванны. Скорость вращения составляет обычно 70 об/мин для никелевых ванн и 180 об/мин для медных ванн.

Чтобы масло не попадало из подшипников в электролит, у стенки ванны устроен специальный карман. С одной стороны кармана у 1 отсутствует смазка; недостаточное уплотнение вызывает поэтому постепенное незначительное стекание электролита в карман (откуда он может быть вычерпан и вы-

брошен); в 2, напротив, находится основной подшипник, защищенный таким образом от действия электролита. Особенностью ванн типа D является возможность погружать катод в электролит отнюдь не полностью. Быстрое вращение катода обеспечивает при этом хорошее омывание его воздухом, так как оригинал не только приходит в соприкосновение с воздухом на протяжении каждого оборота, но и увлекает воздух в электролит, вызывая энергичное перемешивание электролита; в ваннах этого типа возможно, таким образом, вовсе не производить барботирования; зато ванны эти склонны разбрызгивать электролит и требуют обязательного закрывания их сверху.

Применение этого типа ванн оказывается при никелевом отложении полезным еще и в том отношении, что способствует смыванию пузырьков<sup>174</sup>.

Ванны типа А чаще всего делаются деревянными, типа В — стеклянными, типа С — эбонитовыми (включая и карман); однако подобный выбор материала не является, конечно, обязательным.

Ванны для затяжки восков не имеют обычно ни циркуляции, ни перемешивания («тихие» ванны), так как царапающее действие взвешенных частиц в этом случае особенно опасно.

Ванны для хромирования несколько отличаются по своей конструкции.

Особенностью этих ванн является, прежде всего, необходимость тщательного удаления выделяющегося из ванны водорода. Дело в том, что этот водород, выделяющийся в виде мелких пузырьков, увлекает с собой мельчайшие капельки электролита, действующего, как указывалось в § 92, разрушающе на слизистую оболочку носа. Отсос должен при этом быть достаточно сильным. Наиболее оправдал себя в этом отношении так называемый бортовой отсос, при котором на высоте около 20 см над уровнем электролита помещаются вытяжные каналы; в последних создается очень быстрое (порядка 700 м/мин) движение воздуха. Проносимый над поверхностью электролита воздух срезает и увлекает с собой выделения электролита.

В конструктивном отношении при хромировании в общем можно различать два типа ванн. Один тип — с вертикальной завеской оригиналов, другой — с горизонтальной их завеской. Тип с вертикальной завеской наиболее распространен в обычных хромировочных установках, тип с горизонтальной завеской разработан специально для хромирования оригиналов в рассматриваемом производстве. Так как первый тип описы-

<sup>174</sup> Ollard E. A., The use of Nickel in Gramophone Record Manufacture, Nickel Bulletin 1936, 9; 6: 121—4.

вался многократно<sup>175</sup>, здесь будет приведено описание ванн только второго типа. Впрочем, достоинства этого типа спорны.

На рис. 137 представлен в двух проекциях вид установки для хромирования оригиналов. Установка состоит из двух одинаковых ванн 1, снабженных отсасывающей вентиляцией.

Оригинал 2 укладывается на алюминиевую подвеску 3, имеющую шпенек в центре. Подвеска висит на крючках 4, лежащих на медном штоке 5, служащем катодной штангой. Подвеска может быть, таким образом, легко повернута относительно штанги (как это показано пунктиром на левой проекции) и даже снята с нее для смены оригинала. Ввиду краткости процесса хромирования удобство и быстрота смены играют существенную роль.

Свинцовый анод 6 укреплен на вертикальном штоке 7, который в свою очередь зажат в муфте 8. Этим создается возможность легко регулировать силу тока.

При хромировании регулировку тока в ваннах удобно производить изменением расстояния между анодом и катодом, так как падение напряжения  $IR$  в растворе благодаря высоким применяемым плотностям велико, даже при малом сопротивлении, присущем хромовому электролиту. Регулировка таким путем в практических условиях дает изменение силы тока примерно только на  $\pm 15\%$ , но больше и не требуется.

Обе ванны 1 присоединены параллельно к одному амперметру (на рисунке видны шины и рубильники; представлен случай, когда левая ванна включена, правая выключена).

Из вентиляционных каналов 9 воздух отсасывается вентилятором 10, сидящим на одной оси с мотором 11, и прогоняется через бак 12 в выбросную трубу 13. В баке 12 находится вода (уровень ее показан пунктиром; наблюдение за уровнем осуществляется с помощью водомерного стекла 14). Эта вода засасывается насосом 15, получающим привод от того же мотора 11, и подается в лейку 16, из которой она выходит в распыленном виде. Водяной дождь способствует удержанию хромового электролита.

Вода в бачке 12 может быть использована для приготовления нового электролита, и таким образом унос хромового ангидрида в некоторой мере восполняется.

При хромировании, как сказано, применяются очень сильные токи. Это делает необходимым наличие хороших контактов. В описанном устройстве специальных мер для улучшения контакта не принято, однако контакт практически оказался все же достаточным.

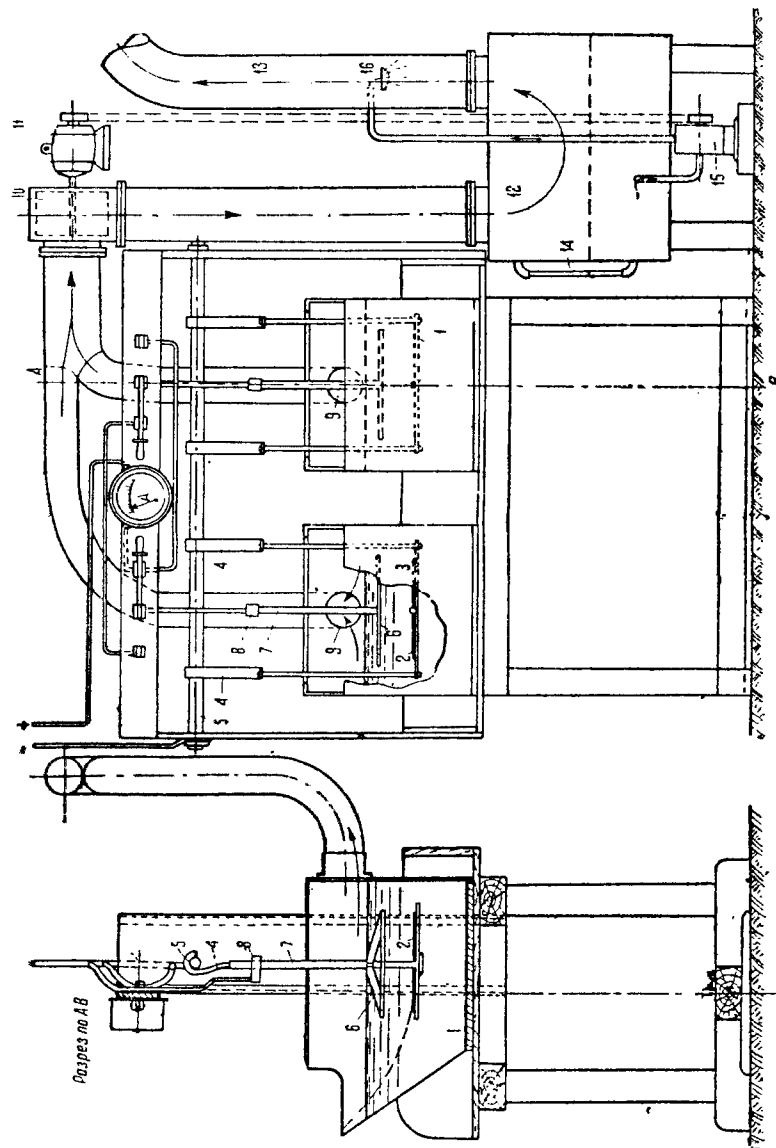


Рис. 137.

Обезвреживание хромовых ванн путем бортового отсоса — не единственный известный метод. Патентованы, например<sup>176</sup>, установки для хромирования, в которых поверх электролита наливается защитный слой Chromprotect, который удерживает увлекаемые частицы и дает возможность работать без отсоса.

<sup>176</sup> Франц. пат. 692254 (1930 г.).

<sup>175</sup> См., например, Лапин Н. П. и Гольц Л. Н. Электролитическое хромирование, Л. 1933, стр. 82—9. Забышев Е. И., Хромирование измерительного инструмента и других металлоизделий. М.-Л. 1931, стр. 42—7. Зельдин А., Практика хромирования. М.-Л. 1935, стр. 11—28.

Ввиду того что из ванн выделяется водород, могущий создать взрывоопасные смеси, необходимо, чтобы этот защитный слой был не огнеопасен. Кроме того, он должен быть малолетуч (поскольку хромовые ванны работают с нагревом) и безвреден. Такие защитные слои, как керосин, трихлорэтилен и т. п., себя поэтому не оправдывают.

Поддержание температуры в хромовых ваннах может осуществляться с помощью введения в ванну свинцовых змеевиков, через которые протекает пар или вода. Часто режим ванн подбирается таким образом, чтобы естественный нагрев от проходящего тока как раз поддерживал необходимую температуру. Применимы также более сложные терморегуляторные устройства.

### 98. Контрольные устройства

Хотя гальванические процессы рассматриваемого производства внешне одинаковы с процессами других гальванотехнических производств, деликатность продукции требует проведения процессов с особой точностью.

Поэтому, например, в рассматриваемом производстве, в отличие от многих других гальванотехнических, обеспечивается возможность поддержания желательной плотности тока на каждом изделии (оригинале) в отдельности, так что почти для каждого оригинала предусматривается в хороших предприятиях обычно отдельный реостат и возможность отдельного включения на амперметр.

Для контроля равномерности распределения силовых линий пользуются измерителями плотности тока.

Ведется также обычно строгий надзор за толщиной отложения. При работе с драгоценными металлами в гальванотехнике применяют устройства, в которых катод подвешивается на коромысле специальных весов, отмечающих прирост веса катода; при достижении заданной толщины отложения перевес катодного плеча вызывает автоматическое отключение от линий. В рассматриваемом производстве этот способ уступает место косвенному контролю толщины отложения — по количеству протекшего тока. Это последнее измеряется с помощью вольтметров (электролитических ртутных или газовых счетчиков) или электромагнитных счетчиков постоянного тока. Применение подобных счетчиков предполагает как предпосылку постоянство выхода тока, отсутствие дендритов и т. д. Соединение счетчика с сигналом или с рубильником обеспечивает своевременное прекращение отложения.

Процесс допускает, конечно, и дальнейшую автоматизацию вплоть до поддержания постоянства состава электролита и т. п. Подобная полная автоматизация не получила, однако, еще распространения.

## 3. Вспомогательные операции

Основными операциями в процессе изготовления матриц являются рассмотренные выше гальванические процессы. Однако перед отдельными отложениями в ваннах и после них производятся еще вспомогательные операции, могущие оказывать значительное влияние на качество будущей пластинки. Эти операции мы рассмотрим в отдельности в произвольном порядке, а в § 107 дадим в качестве примера общую схему производства матриц, которая сделает более наглядной роль отдельных вспомогательных операций и их положение в общей цепи технологического процесса.

### 99. Разделительный слой (РС)

Несмотря на исключительное значение техники разделительного слоя для гальванопластики, она, к сожалению, не подвергалась еще глубоким физико-химическим исследованиям. Это объясняется значительными трудностями, связанными с изучением этого слоя: он настолько тонок, что не обнаруживается ни микроскопически, ни аналитически<sup>177</sup>.

Сущность действия РС состоит в том, что он, располагаясь между копируемым и вновь отлагающимся металлом, препятствует образованию общей кристаллической решетки или, как говорят, препятствует «сращиванию». При этом омическое сопротивление этого разделительного слоя не настолько велико, чтобы воспрепятствовать прохождению нужного для электролиза значительного тока, что и делает возможным самое наращивание.

Благодаря тому, что сцепление РС с металлом менее велико, чем сцепление отдельных частиц металла между собой<sup>178</sup>, при

<sup>177</sup> Измерения толщины РС автору неизвестны. Можно ожидать, что это величина порядка  $10^{-5}$  мм. Во всяком случае пленка не мономолекулярна; например, измерения обычной окисной пленки на железе, образующейся уже от следов кислорода, обнаружили толщину 15—30 Å. Tronstad L., Høberstad T., ZphCh 1934, A. 120; 3—4:172.

<sup>178</sup> Имеются наблюдения, по которым при воздействии одного из агентов разделительного слоя — иода на металле (серебре, меди) образуется пленка галондов, которая благодаря расстекловыванию делается матовой и явно кристаллической (этому процессу способствует присутствие воды). Полученный кристаллический слой не вполне плотно пристает к металлу. Kohlschütter V. и Krähenbühl, ZCh 1923, 29; 570. Автор также наблюдал случай, когда пленка была настолько непрочна, что даже мельчайшие частицы, взвешенные в воде, которой производилось обмывание после нанесения РС, создавали невидимые на-глаз повреждения пленки, обнаруживавшиеся лишь после разделения оригиналов. Они представляли собой микроскопические наросты меди на копируемом оригинале; при рассмотрении невооруженным глазом они имели вид розовых пятен, своей формой выдававших начальную царапину.



отрывающем воздействии, производимом после отложения, происходит разрыв как раз по РС, что и является, собственно, основой гальванопластики: совершенно очевидно, что возможность получения гальванопластическим путем чрезвычайно точных копий основывается как раз на исключительно малой толщине РС.

В свое время Якоби, первым обнаруживший возможность получения гальванопластических копий, долго не мог добиться хорошего отделения слоя, так как он полагал условием хорошего отделения безукоризненную очистку катода, что как раз является условием для приставания, а не отделения. Металлическая чистота поверхности — необходимое требование гальваностегии, но не гальванопластики, в которой требуется как раз наличие РС. Когда Якоби обнаружил, что тонкая пленка жира способствует отделению, он ввел этим самым впервые РС.

Якоби<sup>178a</sup> об отделении копий от оригиналов писал так: «самый тончайший слой масла или жира, которым покрывают оригинал, весьма облегчает отделение копии. Если на поверхность оригинала налить слой расплавленного стеарина, то по остывании он снимается весьма удобно, оставляя на оригинале ровный слой жира такой именно толщины, какая для этого нужна бывает». «С посеребренных или позолоченных оригиналов копия снимается всегда удобно».

Первоначально таким образом РС готовился из диэлектриков, отлагаемых в слоях ничтожной толщины. Так, применялось смачивание эфиром, бензином или спиртом, по испарении которых оставалась тончайшая пленка от растворенных в них высококипящих погонов жиров или восков.

В дальнейшем перешли к применению для РС металлических солей, преимущественно солей тяжелых металлов, так как необходимо, чтобы эти соли не растворялись в электролите ванн. Практическое значение получили лишь немногие окисные, галоидные или сернистые соли серебра и никеля.

Никогда, конечно, не наносятся механически на поверхность готовые соли — эти соли получают всегда непосредственно на поверхности из соответствующего металла. Поэтому, например, когда речь идет о приготовлении РС на меди, предварительно необходимо нанести подслой подходящего металла, например серебра или никеля, затем уже готовить на нем собственно РС.

Этот предварительно нанесенный металл является всегда неизмеримо более толстым слоем, чем сам РС, и имеет поря-

<sup>178a</sup> Якоби М. Г., Гальванопластика или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов помощью гальванизма 1840, стр. 53—4.

док долей микрона или целых микрон. Естественно, что при необходимости в нанесении такого предварительного слоя точность гальванопластического копирования значительно падает.

В нанесении предварительного слоя нет никакой надобности, когда копируемая поверхность сама состоит из подходящего металла, например, когда она никелевая — это одна из причин, почему в производстве граммофонных пластинок предпочитают гальванопластические работы по никелевым поверхностям.

Техника работы несложна. Если требуется нанесение предварительного слоя серебра или никеля, это осуществляют химически или гальваностегически. Покрывание никелем ведут всегда гальваностегически, для покрывания же серебром удобнее пользоваться обменным разложением: обливают медную поверхность серебряной солью — медь вытесняет серебро и переходит в раствор, а серебро осаждается на ее место; процесс оканчивается сам по себе, когда на поверхности не остается частиц меди.

Образование соли соответствующего металла происходит на практике еще проще. На производстве эту операцию называют обычно оксидированием. Операция сводится к обливанию или обтиранию поверхности металла либо слабым раствором сернистой или двуххромовоокислой соли калия или натрия, либо слабым спиртовым раствором иода.

Кроме названных здесь веществ предложены были и другие. Можно отметить, что Эдисон рекомендовал<sup>179</sup> для приготовления РС применять селенистую кислоту  $H_2SeO_3$ . Предлагалось также использовать для РС металлический мышьяк, выделяемый электролитически<sup>180</sup>. Однако эти предложения, как и некоторые другие, не получили большого значения.

За отсутствием теоретических исследований трудно объяснить, почему именно приведенные выше практически привившиеся соли дают особенно хорошие результаты. Одной из наиболее хороших разделительных солей является хромпик — соль неизвестной в свободном состоянии двуххромовой кислоты  $H_2Cr_2O_7$ , могущей рассматриваться как продукт отнятия частицы воды от двух молекул также неизвестной в свободном состоянии хромовой кислоты. Неудивительно поэтому, что РС возможно создавать не только с помощью хромпика, но и непосредственно с помощью  $CrO_3$ .

Можно усмотреть наличие некоторой связи между действиями  $CrO_3$ , образующего РС, и общеизвестной невозможностью отложить на хrome какой-либо другой металл с хо-

<sup>179</sup> Амер. пат. 1359972.

<sup>180</sup> См. подробнее P f a n h a u s e r (см. сноску 125) стр. 645.

рошим сцеплением, что делает, в частности, невозможной работу с хромовым очком, подобно никелевому.

В пояснение полезности никелевого очка следует к сказанному выше о предпочтительности копирования *никелевых* поверхностей добавить, что желательно, чтобы и отлагаемый металл также был никелем. Дело в том, что никелевые соли, образующиеся при оксидировке, не могут считаться совершенно не растворимыми в кислотах; поэтому, чем кислее ванна, в которой будет производиться наращивание, тем толще должен быть изготовлен РС. Когда копия снимается медная, ванны содержат 3% серной кислоты, а когда копия снимается никелевая, — в ванне находится слабая кислота, например борная. Таким образом при наращивании меди на оригинал надо нанести более толстый РС; к тому же в ванне оригинал пострадает значительно больше, чем при наращивании никеля. И действительно, это обнаруживается в том, что при никелевом очке после разделения поверхность остается блестящей, так что может идти в работу почти без полировки, чего нельзя сказать о поверхности медной.

Это обстоятельство имеет большое значение в производстве грамофонных пластинок, где всякая полировка, всякое механическое воздействие на поверхность нежелательно. Возможно, что особая пригодность никеля с точки зрения разделения объясняется также применением относительно очень слабых химических воздействий на поверхность при изготовлении РС; об этом можно судить по приводимому ниже численному примеру рецепта РС никеля по никелю, в котором применяется раствор хромпика слабее 0,03%-ного. Впрочем, способность столь слабого раствора все же оказывать свое действие будет не столь удивительна, если мы вспомним склонность никеля давать отслаивание даже при наличии одних только длительных перерывов в токе.

Высокая плотность тока облегчает срачивание. С этой точки зрения следовало бы в период затяжки давать пониженную силу тока: этого, однако, обычно не делают, так как пониженная плотность тока означает удлинение периода затяжки и, следовательно, повышение возможности разрушения РС.

Нужно заметить, что в случае, когда РС изготовлен с помощью иодистого серебра, растворение этого слоя тем менее желательно, что оно ведет к вредному для ванны появлению иодидов в растворе.

Иногда высказывают предположение, что сопротивление РС, высокое по сравнению с остальным металлом, приводит при высоких плотностях тока к местному значительному разогреву и что происходящей в этих местах рекристаллизацией металла могут быть объяснены наблюдаемые

иногда после разделения местные пятна; однако это мнение требует проверки.

Приведем несколько примеров приготовления РС.

1. РС на меди для наращивания меди. 75 г  $\text{AgNO}_3$  растворяют в 200 мл дистиллированной воды, 75 г  $\text{NaCl}$  — в 200 мл дистиллированной воды; растворы сливают в темноте вместе, встряхнув для свертывания осадка  $\text{AgCl}$ . Декантируют. Хорошо промывают осадок тремя порциями дистиллированной воды. Обливают раствором 250 г  $\text{KCN}$  в 1 л дистиллированной воды и помешивают до полного растворения, после чего фильтруют и доводят его до 4° Вé. Готовый раствор замешивают с мелом в кашлицу и хранят в закрытой от пыли фарфоровой чашке. Для серебрения оригинал натирают этой кашлицей с помощью овальной щетки из козьей шерсти около 2 мин., смывают кашлицу водой, остатки мела удаляют споласкиванием 5%-ным раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , которую тщательно смывают водой. Обмывают спиртом с незначительным содержанием соды (0,01 г/мл) или водным раствором многосернистого натрия (содержащим 5 г серы на 1 л).

Легко видеть, что для полноты использования серебра  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCN}$  взяты в приведенном примере в 3—4-кратном количестве против стехиометрических отношений. Роль мела в кашлице сводится к полирующему серебро действию.

2. РС на никеле для наращивания меди. Точно 4 мин. натирают марлевым тампоном (руки в резиновых перчатках) 3%-ным раствором  $\text{NaOH}$  в дистиллированной воде. Хорошенько обмывают под душем. Вкладывают в резиновую обойму, имеющую борта для удержания раствора, и обливают 0,4%-ным раствором хромпика в водопроводной воде (при 26°) так, чтобы прикрыть металл слоем раствора не меньше ~1 мм. Удаляют пузырьки мягкой кисточкой. После точно 10-минутного пребывания под раствором сливают.

Интересно отметить применение водопроводной воды для растворения хромпика; указывают, что нежелательно свежепрокипяченная дистиллированная вода, содержащая мало растворенного кислорода. Раствор хромпика должен быть свежеприготовленный.

3. РС на никеле для наращивания никеля. Пропись отличается от вышеприведенной тем, что, по причинам, изложенным выше, наносится более деликатный РС; обтирка раствором  $\text{NaOH}$  ведется точно 2,5 мин., раствор хромпика, приведенный выше, разбавляется еще в 15 раз, и под этим раствором металл лежит точно 2,5 мин.

Не приходится удивляться педантичной требовательности рецептурных прописей: нужно помнить, что в РС всегда имеют дело с двумя противоположными опасностями; если слой слишком груб, — возможно получение пятен, гофра, возрастание шипения; если он слишком тонок, — есть опасность сраствания.

Так как основная регулировка РС производится временем воздействия химикалий, в производстве иногда принято проводить эти операции, пользуясь сигнальными часами, включаемыми в момент начала операции и дающими по истечении заданного времени сигнал к окончанию операции.

Никогда не следует готовить РС заблаговременно: неся РС, тотчас завешивают оригинал в ванну. При этом для равномерности смачивания электролитом рекомендуется 2—3 раза окунуть оригинал в дистиллированную воду, встрях-

нуть и тотчас завесить, произведя самую завеску под током (особенно важно загружать под током, когда действующим агентом в РС является иод, так как в противном случае поверхность легко получается растравленной).

Приготовление РС на вид очень простая операция, однако значение ее хорошего выполнения исключительно велико.

Самый процесс разделения, осуществляемый после наращивания, требует только аккуратности. Осторожное введение лезвия ножа по краю между двумя разделяемыми оригиналами (или между оригиналом и воском) достаточно для того, чтобы стало возможным произвести отделение.

### 100. Обезжиривание

Ни приготовление надлежащего РС, ни правильное наращивание невозможны, если металл не обладает необходимой чистотой. Между тем, от одного лишь прикосновения рук на металле остается тонкая пленка жира, пота и т. п.

Имеются два основных приема обезжиривания — химический и электрохимический.

При химическом способе обезжиривания применяют методы, при которых возможно переведение веществ жировой пленки в растворимое состояние. Если даже не все вещества пленки, а лишь часть их переходит в это состояние, например, лишь обмыливаемые жиры, то все же нарушается однородность пленки и облегчается переведение остальных веществ во взвешенное состояние. Растворяющими веществами служат — едкий натр, фосфорнокислый натрий, цианистый калий, бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан и др.

При химическом обезжиривании применяется также и добавка поверхностно-активных веществ, например нафтеносульфоновых кислот. Последние применяются в виде так называемого «контакта Т», который отлично смешивается с водой, давая способные сильно пениться растворы, обладающие большой смачивающей и эмульгирующей способностью.

**Пример обезжиривания никелевой или медной поверхности перед никелированием.** Погружают оригинал на 5 мин. в сосуд с кипящим 4%-ным раствором NaOH на проволоочной (из никеля) завеске (эта завеска служит для следующей затем загрузки в никелевую ванну), затем промывают в течение минуты таким же раствором щеткой из капока. Обмывают струей водопроводной воды и погружают не более чем на 1 мин. в сосуд с холодным 3%-ным раствором KCN. Быстро смывают под душем водопроводной воды и ополаскивают дистиллированной водой.

В приведенном примере роль цианистого калия сводится к растворению тончайшей пленки окислов меди. Неудаление этой пленки могло бы вызвать местное отслаивание никеля. Обработка цианистым калием, однако, обязательно ограничивается во времени, так как он способен растворяюще дей-

ствовать на металлическую медь и, следовательно, травить ее, обнаруживая структуру, что, конечно, недопустимо.

Обезжиривание производится обычно непосредственно перед загрузкой в ванну, а не заблаговременно.

При электрохимическом обезжиривании металл загружается в щелочную ванну в роли катода, и выделяющийся на катоде водород способствует отрыву жировой пленки.

### 101. Прочие химические операции

Из мелких вспомогательных химических операций, имеющих место при изготовлении матриц, необходимо отметить **декапирование**. Эта обработка связана с очисткой поверхности металла от окислов, но, в отличие от обезжиривания, **затрагивает** сам металл. Поэтому декапирование никогда не производится на рабочей стороне оригиналов. К этой операции приходится прибегать после нанесения никелевого очка перед последующим доращиванием медью — назначение операции сводится к достижению более прочного приставания меди к никелю, благодаря приданию никелю шероховатой поверхности.

Декапирование возможно осуществлять как химически, так и электрохимически.

При электрохимическом декапировании металл завешивается на **аноде**, вследствие чего и происходит его разъедание.

При химическом декапировании прибегают обычно просто к кислотам, например, погружают в раствор азотной кислоты (6 мл конц. HNO<sub>3</sub> на 1 л воды) и тотчас промывают под душем.

**Вместо декапирования свежепокрытый никелем, быстро промытый и невысохший оригинал иногда опускают в медный электролит, либо обливают им.** Вследствие метатезиса на оригинале **осаждается медь**.

**Декапировочные, промывные операции, приготовление РС и обезжиривание осуществляются на специальных столах мокрых работ.** Эти «столы» представляют собой, собственно говоря, раковины, покрытые обычно сверху деревянной решеткой. Над решеткой располагается кран со шлангом или с душем, с матерчатой перепонкой для удержания твердых частиц, например ржавчины из водопроводной воды, которые могли бы поцарапать оригиналы. Заботятся также о хорошем освещении решетки с помощью яркой, но закрытой абажуром лампы, лучше матовой.

Сушка оригиналов производится на специальных стеллажах. Очень эффективна также обдувка оригиналов воздухом из пистолетов.

Некоторые промывные операции осуществляются на полировочном станке, который будет рассмотрен в следующем параграфе.

## 102. Полировка

Процесс полировки оригиналов имеет то существенное отличие от обычного случая полировки больших поверхностей, что здесь отнюдь не стоит задача приведения к плоскости — напротив, здесь необходимо сохранить все мельчайшие неровности канавок.

Процесс полировки является операцией вынужденной, и в идеале желательно было бы обойтись без нее. Нужно, во всяком случае, помнить, что полировка особенно опасна на всех негативных оригиналах (т. е. первых, третьих), так как в них как раз части, соответствующие записи, являются *выпуклыми* и легче всего стираются; в то же время на них труднее поддается обработке плоская поверхность пластинки, гладкость которой более всего определяет внешний блеск готовой пластинки.

При недостаточно деликатно проведенной полировке стремление добиться высокого блеска на зеркале и борте приводит к тому, что в начале и конце записи у готовой пластинки может обнаружиться особенно сильное повреждение («заполировка»). В наихудшем случае эта заполировка распространяется на всю поверхность.

Полировка производится чаще всего на станках, имеющих горизонтальную ось вращения, так что сам оригинал находится в вертикальной плоскости. Число оборотов устанавливается обычно заранее и подбирается оптимальным для данной металлической поверхности.

Одна из интересных конструкций полировочных станков представлена на рис. 138. Рабочей частью здесь является диск 1, к которому с помощью ввинчиваемой пробки 2 прижимается лицевой стороной вперед полируемый оригинал. Диск 1 укреплен на оси 3. На этой же оси находятся шкив 4, вращающийся на оси свободно, но не могущий быть перемещенным вдоль оси, и муфта 5, которая может перемещаться вдоль оси, но не вращаться независимо от нее.

При нажатии педали 6 тяга 7 толкает рычаг 8, вращающийся относительно неподвижной оси 9. Пальцы, имеющиеся в верхней вилкообразной части рычага 8, входящие в паз конуса 10; сдвигают конус влево. Упирающиеся в конус собачки 11 толкают благодаря этому шпильки 12, ввинченные в муфту 5, вследствие чего последняя приходит в фрикционное сцепление с конусным приливом, имеющимся у шкива 4, что и приводит ось 3, а вместе с нею диск с оригиналом во вращательное движение.

При снятии ноги с педали происходит не только выключение фрикциона, но и торможение, чем ускоряется остановка, следовательно, весь процесс полировки. Это торможение осу-

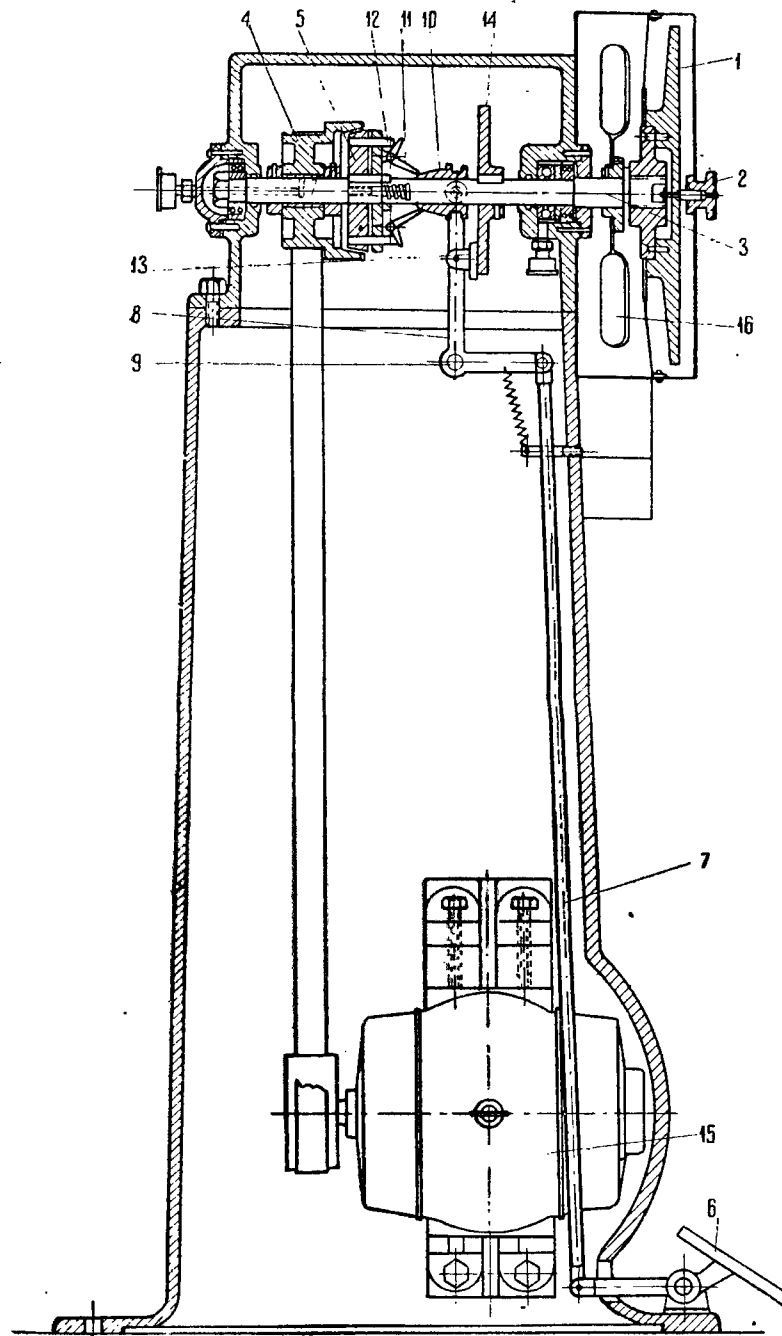


Рис. 138.

Таблица VII

## Твердость по Мосу

Материал	Твердость по Мосу	Материал	Твердость по Мосу
Каолин . . . . .	1	Серебро . . . . .	2,5
Мел . . . . .	3	Медь . . . . .	3
Барит . . . . .	3,5	Железо . . . . .	5,3—4,5
Крокус . . . . .	5	Никель . . . . .	5
Оксид алюминия	9	Хром . . . . .	до 9
Оксид хрома . .	9,5		

Цифры этой таблицы следует рассматривать как приближенные, характеризующие лишь взаимное положение отдельных материалов<sup>182</sup>.

Специальные исследования о влиянии различных полирующих порошков при изготовлении матриц для граммофонных пластинок автору неизвестны. Подобные вопросы, однако, разрабатываются применительно к полировке металлов и оптического стекла. Ранее чем привести данные этих областей, укажем, что твердость закаленной стали, по Мосу, равна 6—8, а для оптического стекла<sup>183</sup> примерно такова же (4—8, обычно 6).

Вполне обоснованной теории полировки не существует еще и в этих отраслях, хотя имеются уже достаточно серьезные наметки. Так проф. Ребиндер<sup>184</sup> установил, что образование на поверхности адсорбционного слоя понижает поверхностную энергию и, как следствие, снижает твердость. Адсорбционный слой образуют полярные вещества (например олеиновая кислота, но не вазелиновое масло), именно эти полярные вещества и являются понизителями твердости, облегчающими механическую обработку.

Основываясь на том же явлении образования поверхностных слоев, несколько иначе и, притом, более детально описывает процесс полировки акад. Гребенщиков<sup>185</sup>. Им также установлено, что такие кислоты, как олеиновая  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$  и особенно стеариновая  $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{COOH}$ , образуют на поверхности металла мономолекулярный (тол-

<sup>182</sup> Твердость человеческого ногтя лежит между 2 и 3 по шкале Моса. На это полезно указать, так как суждение о материалах по ногтевой пробе нам привычно. Хвольсон О. Д., Курс физики, I, 571.

<sup>183</sup> Бардин А. Н., Смирнов В. А., Хоменко В. Б., Холодная обработка оптического стекла, 1934, стр. 42.

<sup>184</sup> Rehbinder P., ZPh 1931, 72; 3—4:191.

<sup>185</sup> Гребенщиков И. В., Роль химии в процессах полировки. Сорена 1935, 2:22—33.

ществляется вследствие прижима тормозной колодки 13 к сидящей на оси шайбе 14.

Все устройство помещено внутри кожуха, в котором находится и мотор 15, передающий вращение шкиву 4.

Ввиду того что при полировке применяются тонкие порошки, необходимо наличие местной аспирации. В описываемой конструкции на общей оси укреплены вентиляционные лопасти 16, способствующие выбрасыванию пылевидных частиц в общий вентиляционный канал.

Другим вариантом полировки, особенно уместным на II оригинале, является полировка неподвижного оригинала с помощью быстро вращающегося (6—7 тысяч об/мин) войлочного круга, который должен лишь еле прикасаться к металлической поверхности, перемещаемой при этом в плоскости, перпендикулярной относительно войлочного круга при медленном (около 80 об/мин) вращении оригинала.

Особо следует остановиться на материалах, применяемых в процессе полировки. Полировка I оригинала производится обычно одним бензином, имеющим назначение смыть остатки воска: строго говоря, эта операция должна считаться промывкой, а не полировкой.

Для того чтобы сделать обработку I оригинала по освобождению его от воска операцией, еще менее связанной с механическими воздействиями, предложено производить эту очистку I оригинала с помощью пара или горячего воздуха<sup>181</sup>.

Точно так же к промывным операциям следует отнести протирку матрицы мылом. Дело в том, что в трещинах хромового отложения остаются следы  $\text{CrO}_3$ , плохо отмывающиеся водой. Для их удаления матрицы промываются в мыльном растворе или, лучше, протираются мягким мылом, которое затем смывается.

При полировке остальных оригиналов применяют различные порошки (мел, венскую известь, каолин, крокус, оксид алюминия, оксид хрома и др.). При выборе того или иного полировочного порошка следует прежде всего обращать внимание на его твердость.

Как правило, вопреки широко распространенному представлению абразивный материал должен быть мягче полируемого материала — в противном случае получение лишенной царапин поверхности невозможно. Интересно поэтому привести таблицу, в которой сопоставляются твердости некоторых полировочных порошков с твердостями интересующих нас металлов. Так как в нашем случае наиболее существенно царапание металла, твердость приводится по шкале Моса (см. табл. VII; левая часть таблицы — порошки, правая часть — металлы).

<sup>181</sup> Герм. пат. 604994 (1933 г.).

щиной  $\sim 22 \text{ \AA}$ ) адсорбционный слой, настолько механически прочный, что тряпкой или деревяшкой его стереть невозможно (в отличие от легко стираемых вазелина или парафина). Растворителями — ксилолом, эфиром этот слой легко удаляется.

В адсорбционном слое кислотная группа (карбоксил) стеариновой или олеиновой кислоты связывается с окислами, покрывающими металл, а жирные радикалы оказываются направленными от металла, т. е. кнаружи.

Порошкообразные вещества, прилипая к этой стороне молекул кислоты, срывают на выступающих частях при своем движении весь адсорбционный слой вместе с окисной пленкой.

Затем окисная пленка очень быстро вновь образуется на обнажившейся поверхности металла (например слой окислов толщиной в  $14 \text{ \AA}$  образуется на меди в  $1,11 \text{ сек.}$ , а на железе в  $0,05 \text{ сек.}$ ); окислы вновь дают адсорбционный слой с кислотой, и снова происходит срывание адсорбционного слоя на выступающих частях. Площади срываемого адсорбционного слоя по мере полировки все увеличиваются и, наконец, начинают срываться, как шкурка, со всей поверхности.

Такой взгляд на процесс полировки представляет пока не более чем рабочую гипотезу. Однако эта гипотеза достаточно хорошо объясняет возможность получения лишенных всяких видимых царапин полированных поверхностей, поскольку в этом процессе поверхность, по существу, не подвергается никаким грубым механическим воздействиям.

Акад. Гребенщиков обращает внимание на то обстоятельство, что хорошую полировку легче получить на твердых металлах — хrome, закаленной стали, значительно труднее на никеле, железе и особенно трудно на меди, серебре, свинце.

В пояснение этого он высказывает предположение, что окислы последних металлов, более твердые, чем самые металлы, отрываясь от поверхности металла, исцарапывают его. В случае, когда металл тверже своих окислов, в качестве полировочного материала удобно применять такой порошок, твердость которого выше твердости окислов, но меньше твердости металла, — такой порошок будет шлифовать на выступах окислы, окисный слой будет мгновенно вновь образовываться, вновь сниматься и т. д. — в результате получится поверхность гладкая, но не зеркальная, как то соответствует процессу с адсорбционным слоем. Зеркально отполированную поверхность можно получить лишь на твердых металлах.

Кроме твердости полирующего порошка имеет значение еще размер частиц и ограниченность поверхностей. В этом отношении очевидно, что порошок должен быть тонко дис-

персный; не столь ясно — какое кристаллографическое строение его наиболее желательно.

Наилучшие условия приготовления порошка находятся эмпирически. Так, крокус обладает наибольшей дисперсностью<sup>185</sup>, когда он прокален при температуре в  $750^\circ$  (отклонение от этой температуры вверх или вниз нежелательно), кремнезем — при  $300^\circ$ .

Для получения окиси хрома, особо рекомендуемой акад. Гребенщиковым в качестве полирующего порошка, советуется нагреть порошкообразную смесь хромпика с серой до начала реакции восстановления хромпика в окись хрома (далее реакция идет сама собой). Сера остается в окиси даже после тщательного отмучивания (возможно в виде сульфида калия) и в процессе полировки способствует образованию сульфидной пленки на металле, играющей, вероятно, ту же роль, как и рассмотренная выше окисная пленка.

Из приготовленного тем или иным способом порошка после отсеивания его от крупных частиц обычно готовится паста путем всыпания порошка при хорошем размешивании в расплавленную смесь стеариновой и олеиновой кислот (порция между ними выбирается так, чтобы паста имела твердую консистенцию, но не была хрупкой).

После полировки остатки жирных кислот смываются растворителями — бензином, трихлорэтиленом и т. п. Наконец, для сушки оригинал опylяют несколько раз мелом, впитывающим остатки жидкости, и протирают чистой щеткой.

Вообще все материалы наносятся на полируемую поверхность с помощью щеток. Материал этих щеток далеко не безразличен. Щетки из козьей, куньей или верблюжьей шерсти считаются достаточно мягкими для обработки I оригинала. При обработке щелочными веществами применяют для щеток не животный, а растительный материал, например капок.

Все же и при применении мягких щеток обращение с оригиналами при полировке должно быть достаточно бережным. Так, например, не только избегают чрезмерного нажима щеток на оригинал, но и обращают внимание на то, чтобы само движение щетки — к центру или от центра — соответствовало направлению спирали самих канавок.

Число оборотов полировочного станка также безразлично: оно должно быть меньше при работе с более мягким металлом, например,  $1400 \text{ об/мин}$  для никелевой поверхности и  $600 \text{ об/мин}$  для медной. Уменьшается оно также с увеличением формата оригинала, например для оригиналов диаметром  $270 \text{ мм}$ ,  $320 \text{ мм}$  и  $420 \text{ мм}$  — примерно в отношении  $1 : 0,85 : 0,75$ . Станки делают с меняющимся числом оборотов, а на крупных предприятиях каждый станок имеет одну скорость, но прикреплен к определенной работе.

## 103. Центрирование

В § 50 уже отмечено значение точного центра пластинки. Здесь укажем способы достижения этой точности.

Будущий центр пластинки определяется положением центрального шпенька прессформы относительно матрицы (центральной шпенок вместе с матрицей виден на рис. 224). Необходимо осуществить уже в матрице отверстие, центр которого совпадал бы с центром вращения при записи.

Заметим, что центровое отверстие делают во всех оригиналах, чем облегчается их крепление при завеске в ванны, при полировке и т. п.

Было бы ошибочным думать, что точно центрировать нужно лишь последний оригинал — матрицу; напротив, следует заботиться о том, чтобы

правильный центр имели все оригиналы, так как при неправильном центре будут происходить биения при вращении оригинала; поэтому, например, на полировочном станке будет происходить повышенное истирание канавок.

Простейшим, но и наиболее грубым способом определения центра является способ засечки с помощью кронциркуля

с использованием внутренней замкнутой канавки, или лучше, наружной ограничивающей окружности как основы для ножек кронциркуля.

Значительно точнее способы механической или оптической центровки.

При механической центровке центр записи находят по показаниям индикатора, приводимого в движение от деревянной иглы, опущенной в кольцевую канавку вращающегося оригинала. При I и III оригиналах, несущих выпуклые канавки, этот способ неудобен и неточен, так как иглу приходится пружинно прижимать к стенке канавки; когда кольцевая канавка сделана эксцентрической, трудности еще возрастают.

В более совершенных предприятиях пользуются поэтому оптической центровкой, осуществляемой вообще без всякого воздействия на оригинал. Схема применяемого для этой цели устройства показана на рис. 139. Здесь 1 представляет собой подлежащий центровке оригинал. Сам станок представлен в плане.

Задача всего устройства состоит в установлении оригинала в таком положении, чтобы центр записи лежал на линии,

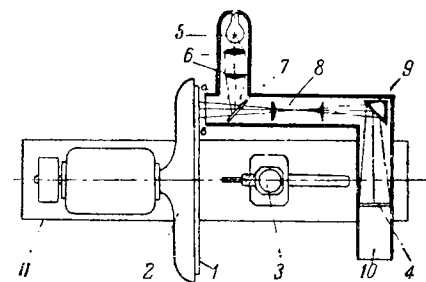


Рис. 139.

совпадающей с осью вращения планшайбы 2, так как по этой оси расположено сверло в бабке 3. Чтобы достигнуть такой установки, небольшой участок оригинала *ab* проектируется на матовое стекло 4 и оригинал медленно вращается от руки. При этом по изображению на матовом стекле очень легко судить о правильности установки оригинала. Нет даже необходимости наблюдать за кольцевой канавкой, так как и по обычным спиральным канавкам легко достигается правильная установка: когда оригинал расположен правильно, канавки на изображении совершают равномерное поступательное движение, в противном случае они отчетливо «болтаются» на изображении (ср. § 50). На основании наблюдений на матовом стекле оригинал сдвигают и вновь наблюдают, пока не добьются правильного положения.

Во время подыскания правильного положения оригинала он закреплен на планшайбе лишь слабо, а когда правильное положение оригинала найдено, он закрепляется накрепко для механической обработки по созданию правильного центра.

Оба вида закрепления осуществляются очень просто: поверхность планшайбы имеет много отверстий, ведущих ко внутренней камере, соединенной с вакуумом, так что оригинал держится на планшайбе силой присоса. От вакуумного устройства требуется не столько глубина разрежения, сколько большое количество отсосанного воздуха (примерно 250 л/мин), чтобы оригинал достаточно плотно держался, несмотря на утечки в местах неточностей плоскости изнанки оригинала. Обе степени закрепления достигаются, таким образом, простым поворотом крана вакуумной линии.

Что касается самого оптического устройства, то оно, конечно, очень просто. Источник света 5 (электрическая лампа) через конденсатор 6 посылает пучок света, отражающийся от плоско-параллельного стекла 7 и освещающий рассматриваемый участок оригинала (на рис. 139 этот участок показан для ясности значительно больших размеров, нежели он есть в действительности). Далее свет, отразившись от поверхности оригинала, проходит через стекло 7 в проекционный объектив 8 и с помощью зеркала 9 (могущего быть замененным призмой) отражается на матовое стекло 4, где и получается увеличенное изображение освещенного участка оригинала. Для того чтобы рассматривание изображения было возможно при дневном свете, перед матовым стеклом устраивается зачерненный внутри козырек 10.

Когда оригинал правильно установлен и прочно закреплен, планшайба 2 вместе с оригиналом приводится, через шкив 11 в быстрое вращательное движение, и бабка придвигается к оригиналу, просверливая и развертывая в нем соответствующую

щее отверстие. Операция эта производится с помощью нескольких инструментов, револьверно сменяемых в бабке.

Вместо просверливания применяют также пробивание центрального отверстия с помощью специального пуансона.

Рабочий, напратиковавшийся на описанной машине, совершает всю операцию очень быстро и с высокой точностью. Работа ведется, в отличие от механической центровки, с одинаковой легкостью как на позитивных, так и на негативных оригиналах, причем без всякого механического воздействия на оригиналы.

### 104. Гравировка

Работы гравера над оригиналом сводятся обычно к выполнению двух операций: 1) нанесению номера и 2) исправлению местных дефектов.

Нужно заметить, что граверные работы могут быть выполнены уже на самом воске, на котором они благодаря его мягкости идут значительно быстрее. Однако ввиду легкости повреждения воска граверные работы по воску не производятся.

Нанесение номера производится при записи обычно начерно вне зоны будущей пластинки, а окончательно номер наносится уже на I оригинале.

В прежнее время номер наносился путем ручной гравировки. Теперь номер обычно выбивается на I оригинале с помощью стальных кернов; применяемые для этой цели керны имеют не обращенный, как обычно, а нормальный шрифт, так как обращенный шрифт должен получиться на I оригинале, являющемся негативом. Номер, выбитый на I оригинале, окажется на пластинке выпуклым. Поэтому чаще выбивают номер на II оригинале и в этом случае пользуются кернами с обычным обращенным шрифтом.

В процессе дальнейшей работы на зеркале оригиналов наносятся еще другие отметки, имеющие значение лишь для самого предприятия, например, для учета порядковой копии II или III оригинала и т. п. Хотя нанесение номера и может быть причислено к граверным работам, операция эта выполняется не обязательно гравером в узком смысле слова.

Что касается собственно граверных работ — работ по исправлению дефектов, — нужно заметить, что к ним в принципе относятся отрицательно, но практически допускают, учитывая, что граверные работы в узкой зоне остаются неулавливаемыми слухом. Правда, места граверных работ иногда обнаруживаются своим видом, например, блеском, но ценность незначительно поврежденного оригинала или полная невозможность новой записи заставляют все же допускать гра-

вировку — «вмешательство «глухого» в музыкальное исполнение».

Гравер, исправляющий какой-либо дефект I или II оригинала, находится в более легких условиях сравнительно с обычным случаем граверных работ — он имеет возможность не только снять излишний металл, но и добавить недостающий — для осуществления этого ему нужно лишь правильно распределить работу между позитивными и негативными оригиналами.

Работы гравера производит обычными штихелями, но, кроме того, должен иметь штихель с закруглением, имеющим точно тот же радиус (например 50  $\mu$ ), который присущ резцу рекордера, а также штихеля, имеющие вогнутость этого же радиуса.

Если граверу приходится удалять с никелевой поверхности капельки приставшего к нему (случайно брызнувшего при напайке на шеллы — об этом будет речь в следующем параграфе) олова, то он это производит с наименьшим повреждением оригинала, если пользуется алюминиевой иглой (иногда иглой из слоновой кости или роговой).

Работать граверы обычно предпочитают при матовом свете.

### 105. Напайка

Готовые III оригиналы заряжаются в прессформы либо непосредственно, либо предварительно напаянные на диски, называемые шеллами. Отличие между обоими способами определяется условиями прессования и потому речь о нем будет идти в § 147. Когда III оригиналы предназначаются для напайки, они делаются тоньше, так как в этом случае они прочнее держатся на шеллах. Шеллы представляют собой диски толщиной около 2,5 мм, изготовленные из латуни или, хуже, из железа.

В одной из статей<sup>186</sup> процесс напайки описывается следующим образом:

«Обе части, оригинал и шеллу, первоначально чисто лудят. Для этого их предварительно разогревают. Шеллу для этой цели просто помещают над газовой горелкой, дают ей достаточно разогреться и наносят затем паяльную воду и олово. Для распределения последних по поверхности пользуются, лучше всего, чистой бязевой тряпочкой. Лужение оригинала протекает точно так же, но только его ни коим образом не приводят в прямое соприкосновение с пламенем. При этом сторона за-

<sup>186</sup> Kaiser H., Die Schallplattenfabrikation. Gum 1913, 23:



пниси должна быть предварительно хорошо протерта маслом, для того чтобы мелкие частицы олова, всегда могущие туда по неосторожности попасть, не приставали к металлу. Предпочтительно подкладывать под оригинал лист асбеста.

Для самого процесса напайки применяют форму, показанную на рисунке (см. рис. 140). Нижняя часть этой формы с наложенной шеллой прогревается и спиральными движениями покрывается достаточным количеством олова, которое распределяется затем равномерно

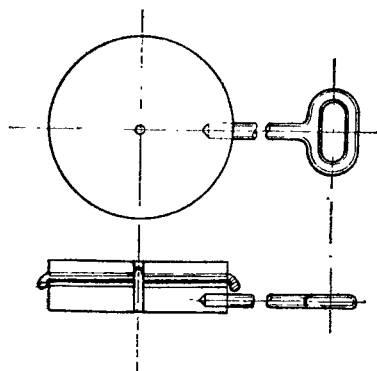


Рис. 140.

по всей поверхности с помощью очень мягкой щетки из куньего волоса. Всякие посторонние частицы, даже частицы пыли или окислов олова, ни в коем случае не должны быть оставлены на поверхности, так как они обнаружатся затем на лицевой поверхности, как бугорки. На такую шеллу, равномерно и чисто покрытую оловом, накладывается оригинал, предварительно еще раз тщательно протертый паяльной водой. На поверхности оригинала затем кладут последовательно: мягкий картон (промокательный), гладкое папье-маше толщиной около 1 мм, очень тонко измолотую пластиночную массу и упаковочную бумагу. Сверху кладут предварительно хорошо прогретую на паровой плите верхнюю часть пресс-формы и все вместе загружают в гидравлический пресс».

В деталях операция напайки отличается от описанной выше (но в общем немногим разнится от этого описания, сделанного более 20 лет назад). Так, например, для смазывания рабочей стороны оригинала применяют вместо масла известковое молоко или взмученный мел. Вместо пластиночного порошка применяют вальцованную массу или вовсе обходятся без них, увеличивая слой бумаги и подбирая мягкие «шелковые» сорта. Нагрев ведут не обязательно на простых горелках. Сам напайкаемый оригинал теперь обычно не лудят<sup>187</sup> и, действительно, его лучше не лудить, а лишь протереть паяльной водой, так как чрезмерный прогрев оригинала

может вызвать поверхностное окисление; к тому же<sup>188</sup> температура рекристаллизации электролитической меди лежит при 205°. Более совершенная газовая печь приведена в книге Брайсона<sup>188а</sup>; он рекомендует для обогрева также индукционные печи; применяют и электрические печи сопротивления.

Для пайки применяют либо чистое олово, либо сплавы его со свинцом; чистое олово имеет т. пл. 327°, а чистый свинец 232°; при 37% содержания свинца сплав образует эвтектику, которой отвечает 181°, — сплав с таким содержанием свинца называется третником. Для напайки шелл он не применяется: для этой цели в припой обычно вводят не менее 50% олова. Нужно, однако, помнить, что независимо от пропорции олова и свинца некоторая часть, соответствующая эвтектической пропорции, начинает плавиться уже при 181°. Поэтому, когда в процессе прессования возможны столь высокие температуры, предпочитают работать на чистом олове.

Паяльная вода содержит флюсующие вещества, обеспечивающие растворение окислов на поверхности спаиваемого металла и хорошую смачиваемость металла припоем. Основным веществом является при этом хлористый цинк. Сам по себе хлористый цинк плавится при 283°; его т. пл. понижается от добавки нашатыря (до 179° при 27% хлористого аммония). Органические вещества (например глицерин) при температуре паяния также обладают растворяющим действием по отношению к окислам.

**Пример состава паяльной воды:** 175 г  $ZnCl_2$ , 40 г  $NH_4Cl$  и 60 г глицерина растворяют в 1 л водопроводной воды, после чего профильтровывают.

## 106. Механические обработки

При изготовлении матриц приходится прибегать к некоторым механическим обработкам. Так, например, для лучшего разделения оригиналов производится после наращивания их обточка по борту, позволяющая вслед за этим их легко разделить. Эта операция осуществляется на любом токарном станке, описывать который не приходится. Оригиналы прижимаются к планшайбе лучше всего с помощью обтянутой фетром тарелки, вращающейся в тридвигаемой бабке.

Надо заметить, что эта операция обточки связана с уменьшением наружного диаметра оригиналов и таким образом она также кладет границу числа возможных размножений.

На токарном станке производятся кроме обточки иногда и другие операции, например расточка центрального отверстия, когда это требуется условиями прессования (см. § 147), загла-

<sup>188</sup> Смительс К. и Гессенбрух В., Примеси и загрязнения в металлах, стр. 53.

<sup>188а</sup> Bryson H. C., The Gramophone Record, 1935, стр. 146 и рис. 64.

<sup>187</sup> Ollard E. A., Nickel Bulletin 1936, 9; 6:124.

живание изнанки шкуркой и т. п. Иногда изнанку заглаживают просто напильником или ошкуривают ее на станке, рабочей частью которого является вращающийся диск, по достаточно широкому торцу которого укреплено наждачное полотно.

Обрезка по краю разделенных оригиналов, лучше всего, осуществима с помощью дисковых ножниц, например, типа, показанного на рис. 141. Сам оригинал устанавливается на шпильке между тарелками 1, так что он может вращаться в горизонтальной плоскости. Тарелки разводятся с помощью маховичка 2 (в некоторых конструкциях — с помощью рычажка). Рабочей частью станка являются дисковые ножи 3, получающие привод от трансмиссии через зубчатую передачу, которая видна справа. На представленном рисунке оба дисковых ножа имеют горизонтальные оси, но обращены своими режущими конусными кромками в разные стороны. Имеют, однако, применение и такие устройства, в которых оба ножа или один нижний нож наклонены под углом  $45^\circ$ . Установка станины 4 соответственно нужному диаметру оригинала осуществляется с помощью ручного маховичка 5. Во избежание царапания оригинала при установке и снятии его станину 4 рекомендуется обернуть фетром.

Наконец, к механическим операциям может быть отнесено и нанесение эксцентрической канавки, когда операция эта осуществляется на II оригинале.

## 4. Процесс изготовления матриц в целом

### 107. Построение процесса

Для того чтобы дать более связанное представление о процессе изготовления матриц в целом, в табл. VIII приводится пример подобного процесса, более или менее приближающегося к распространенному в среднего размера предприятиях пластиночной промышленности. На отдельных более крупных предприятиях от этого процесса отклоняются в сторону применения более усовершенствованных отдельных операций, упомянутых в тексте, а также в сторону перехода от технологической схемы Б (рис. 109), соответствующей приведенному здесь процессу, к технологической схеме В.

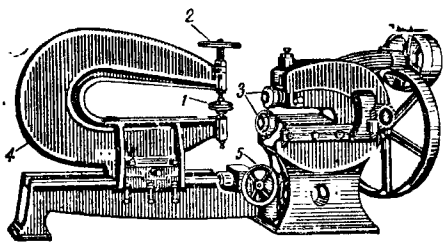


Рис. 141.

Нужно, впрочем, заметить, что даже с приведенным процессом можно изготавливать матрицы, удовлетворяющие строгим качественным требованиям: успех работы в исключительно высокой степени зависит от опыта работающих и общей культуры производственного режима.

Закончив рассмотрение гальванического процесса, легко сделать заключение, что он не может вносить линейных, неллинейных или иных искажений в том смысле, как они толковались в гл. IV. Однако он может приводить к таким изменениям формы канавок, которые будут эквивалентны подобным искажениям. Например, естественно, что при чрезмерной полировке будут стерты мелкие извилины канавок, что соответствует завалу высоких частот. Вместе с тем, если будут стерты гребни канавок, это эквивалентно неллинейным искажениям. Оговаривая эту условность, можно говорить о клирфакторе гальванического процесса. По утверждению фирмы Telefunken<sup>189</sup>, на протяжении всего гальванического процесса клирфактор возрастает на 3%.

Наиболее длительными операциями во всем процессе являются гальванические отложения толщи основного металла, и потому к ускорению процесса стремятся главным образом за счет укорочения этих операций путем применения форсированного режима.

Другой мерой ускорения является общее уменьшение толщины оригиналов; хотя эта толщина и не вполне одинакова на отдельных предприятиях, она имеет свою нижнюю границу, обусловленную требованием механической жесткости оригинала для защиты от повреждений при разделении и для лучшего сохранения его плоской формы. Наличие механических обработок с изнанки также требует во избежание продавливания некоторой минимальной толщины. Практически, чем более опытен и более ловок персонал, имеющий дело с оригиналами, тем с меньшими толщинами можно работать.

Распространены, в общем, следующие значения толщины: I оригинал 0,6—1 мм, II оригинал 0,5—1,2 мм, III оригинал 0,3—0,8 мм.

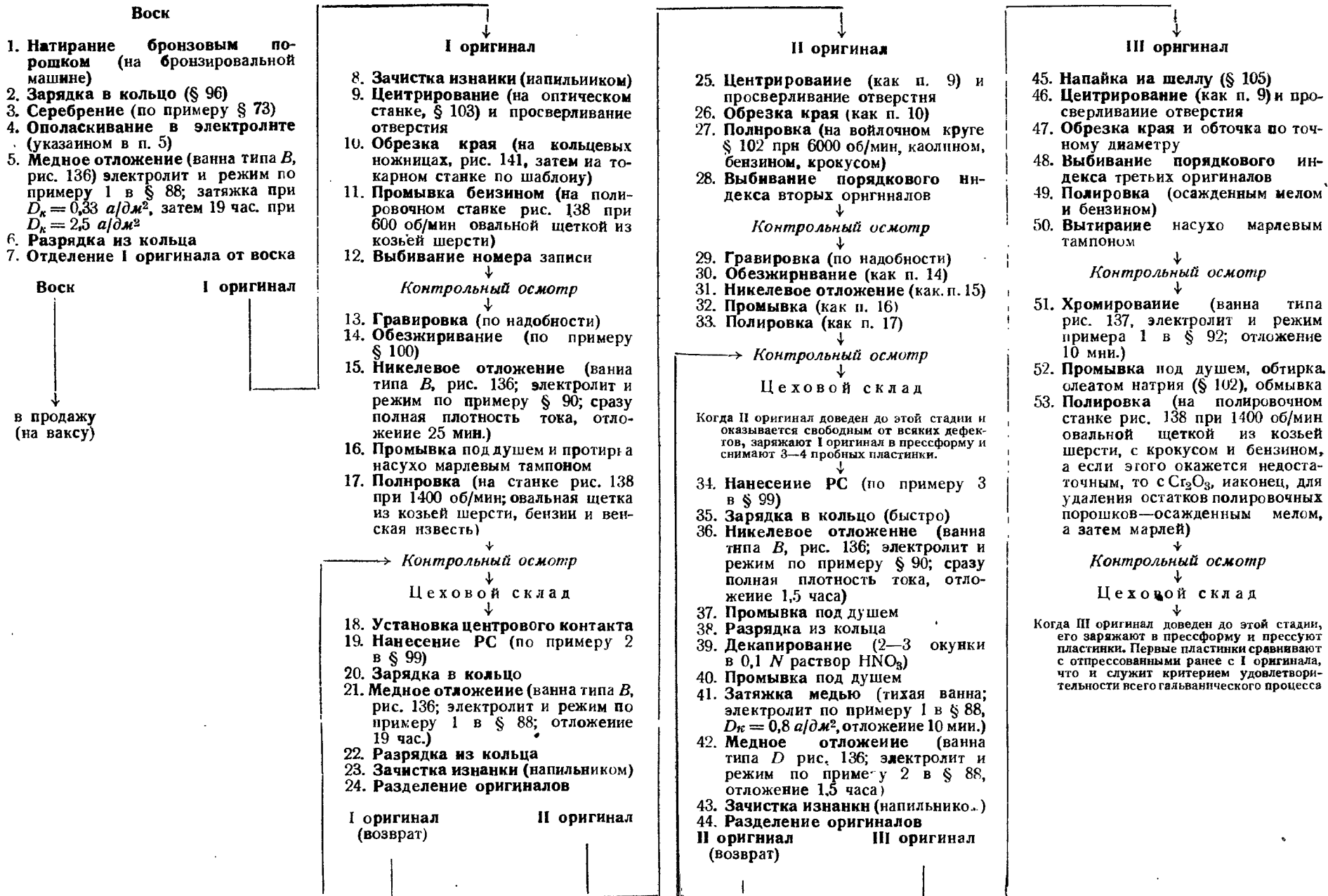
Данные толщины, конечно, определяют собой и веса оригиналов. Номограмма рис. 125 позволяет удобно пересчитать вес толщины медного отложения на соответствующий ему вес. Для прикидок в уме удобно запомнить, что оригинал среднего формата (соответствующего пластинке Ф<sub>25</sub>) весит ~ 500 г при толщине 1 мм.

Кроме общей толщины оригинала интересно указать на толщину никелевого и хромового слоя в отдельности. В случае никелевого очка допустимо слой никеля делать более толстым, чем при никелировании. Так, в случае никелевого

<sup>189</sup> См. Funk, 1934, 21; 377—9.

Таблица VIII

## Технологический процесс изготовления матриц



очка допускают слой в 10—15  $\mu$ , в то время как при никелировании делают слой значительно тоньше, иногда лишь 2  $\mu$ . (Возможно, что иногда слой никелевого очка доводят даже до 50  $\mu$ .) Слой хрома бывает еще тоньше, обычно не больше 5  $\mu$ , чаще 3  $\mu$ .

Не будем останавливаться на видах брака гальванического процесса, так как брак лишен здесь специфичности, а в основном упомянут был в предшествовавшем изложении.

Наиболее неприятен брак гальванического процесса при наращивании I оригинала.

Одним из самых обычных видов брака при наращивании I оригинала является упоминавшийся уже гофр. В § 74 уже указывалось на ряд причин, с которыми связано его возникновение. Следует упомянуть еще об одной. Пузырьки воздуха, застревающие в канавках, а затем вытесняемые из них натяжением отложенного металла, могут также способствовать гофру. В деталях этот процесс не вполне ясен. Можно полагать, что внесение воска с пузырьками в ванну должно привести к дальнейшему возрастанию числа пузырьков на воске за счет выделения из электролита растворенного воздуха<sup>190</sup>. В § 73 уже указывалось на необходимость тщательного удаления воздушных пузырьков из канавок. Здесь вновь должно быть обращено внимание на эту сторону дела.

Когда никелевое очко обнаружило гофр, иногда наращивают его все же до некоторой толщины, дающей возможность осторожно сорвать затем эту пленку. Иногда даже с воска смывают гофренный слой вместе с серебром хромовой смесью<sup>191</sup>, однако обычно вместо этого пускают в производство один из параллельно записанных дисков.

В рассматриваемом производстве, как правило, не практикуется исправление бракованных оригиналов. Например, нельзя одобрить даже столь простое мероприятие, как исправление оригиналов, вынутых и искривленных при разделении; исправление такого оригинала нетрудно осуществить разглаживанием изнанки деревянным бруском, однако при этом не исключена возможность расплющивания канавок на негативных оригиналах.

Дефектное хромовое отложение легко может быть снято путем растворения слоя хрома в соляной кислоте (например концентрированной, разбавленной в 10 раз), либо путем завески оригинала на анод в щелочной электролит (например 25 г/л NaOH) с последующей протиркой разбавленной соляной кислотой. После снятия хрома возможно произвести новое наращивание.

Никель не удается снять химическим путем так, чтобы совершенно не повредить медную поверхность. Без учета этого требования никель может быть снят многими приемами, в том числе электрохимическими<sup>192</sup>. Это позволяет вторично использовать медь оригиналов в качестве анодов. Однако в крупных предприятиях предпочитают работать с нормальными анодами и стараются не прибегать к подобным приемам.

На всем протяжении процесса изготовления матриц при обращении с оригиналами соблюдается наибольшая осторожность во избежание малейшего царапания их поверхности. Оригиналы передаются от одной операции к другой в специальных регалиях, обитых фланелью. На протяжении процесса оригиналы не раз подвергаются контрольным осмотрам для изъятия тех оригиналов, на которых возникли какие-либо дефекты.

В цеховом складе оригиналы хранятся в специальных картонных папках, также обитых фланелью, каждый оригинал в отдельной папке. Сам склад защищается от соседства с корродирующими аппаратами.

I оригиналы и первые экземпляры II оригиналов наиболее ценных записей хранятся часто в специальных нескороаемых сейфах, так как они составляют «золотой фонд» предприятия, так как не всегда могут быть восстановлены.

#### 108. Отличие между гальванопластическим и гальваностегическим отложением

Упомянутая несколько раз выше предпочтительность гальванопластических операций перед гальваностегическими, выражающаяся, например, в указанном в предыдущем параграфе допущении более толстых слоев для никелевого очка против никелирования, требует некоторых пояснений.

Наличие или отсутствие искажений при гальваностегическом отложении определяется направлением роста кристаллов, которое в значительной мере предопределено распределением силосов линий.

Если предположить, что направления роста отдельных кристаллов будут параллельны, несмотря на отклонение поверхности оригинала от плоскости, а интенсивности роста отдельных кристаллов одинаковы, то, как это показано на рис. 142, а, полученная после отложения поверхность *mn* представляла бы полную копию начальной поверхности *MN*, и гальваностегическое наращивание не вносило бы никаких искажений формы.

Если вместо этого предположить, что направления роста отдельных кристаллов будут нормальны к поверхности в данном ее месте, а интенсивности роста в каждом из этих направлений,

<sup>190</sup> Хвольсон О. Д., Курс физики, 1923, т. I, стр. 366.

<sup>191</sup> Worms G., Le Génie Civil 1934, 104; 11:245.

<sup>192</sup> Например, по герм. пат. 100975, 189876.

как и ранее, одинаковы, то, как это изображает рис. 142, *b*, по мере увеличения толщины отложения могут наступать искажения формы. В результате этих искажений форма приблизится к плоскости (постепенное изменение формы иллюстрируется кривыми  $m_1n_1$ , затем  $m_2n_2$  и т. д.).

Наблюдения<sup>193</sup> показывают, что действительная картина зависит от совокупности условий электролиза, но во многих случаях чрезвычайно близко приближается ко второму случаю. Так, например, на рис. 143 приведены две микрофотографии разреза через неразделенные I и II оригиналы (II оригинал справа), произведенного плоскостью, проходящей через ось оригиналов; на рисунке видны линии, происшедшие от временных нарушений процесса электролиза; эти линии достаточно точно соответствуют линиям, построенным на рис. 143, *b*, исходя из чисто геометрических соображений<sup>194</sup>.

К иллюстрации сказанного могут быть привлечены и более простые наблюдения. Так, рассматривая поверхность изнанки оригинала, мы убеждаемся обычно в том, что она является гладкой, хотя и возникла из поверхности, имевшей канавки, — этим иллюстрируется то же сглаживание формы, которое показано на рис. 142, *b* и 143.

Можно наблюдать, впрочем, и такие случаи, когда изнанка достаточно толсто наращенного оригинала более напоминает форму  $m_1n_1$  рис. 142, *b*, т. е. когда канавки на ней видны, но как бы в более грубом выполнении.

Очевидно, что этот случай представляет нечто промежуточное между случаями *a* и *b* рис. 142, значительно приближающееся к первому из них.

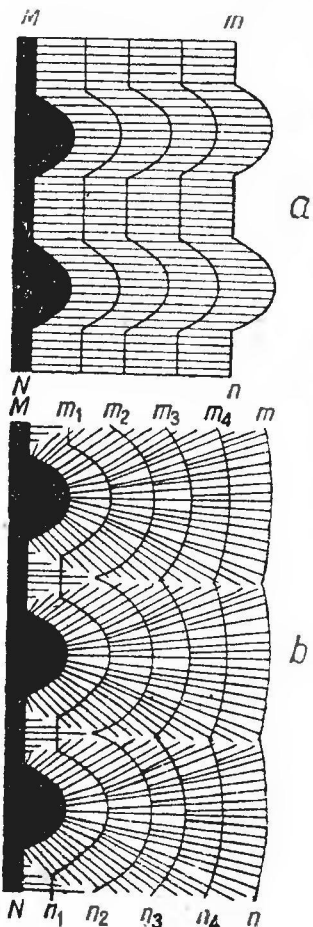


Рис. 142.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что вредность гальваностегического отложения не при всех условиях одинаково велика: равная нулю в случае *a*, она достигает значительной величины в случае *b*.

Вредность случая *b* может, однако, быть в некоторой мере компенсирована, когда гальваностегические операции производятся как на негативных, так и на позитивных оригиналах — это можно усмотреть из того же рис. 142, *b*. Если мы, например, довели наращивание до линии  $m_2n_2$ , а затем нанесли РС и приготовили следующий оригинал, то, покрывая этот последний после разделения гальваностегически (т. е. наращивая на поверхность  $m_2n_2$  влево) на такую же, как и в первом случае, толщину, мы получим линию, не очень удаленную от формы  $MN$ .

Это принципиально осуществляется в процессе по схеме Б рис. 109, где, например, при никелировке I оригинала дают слой толщиной 2,5  $\mu$ , при никелировке II оригинала дают слой в 6  $\mu$  и при хромировании III оригинала дают слой в 3,5  $\mu$  (так как  $2,5 + 3,5 = 6$ ).

Именно соображения указанной компенсации поясняют самое существование технологической схемы Б рис. 109, так как не представляло бы никакого труда заменить компенси-

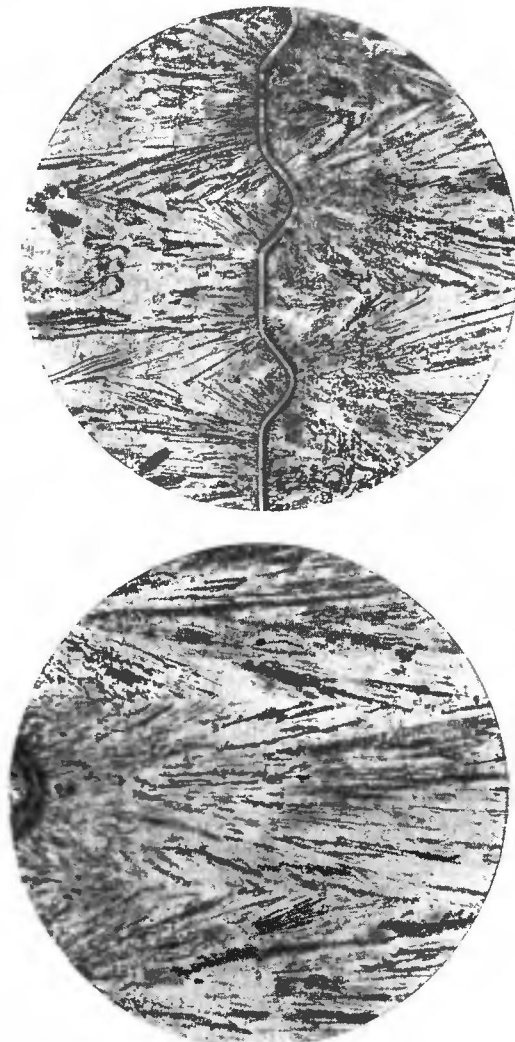


Рис. 143.

<sup>193</sup> Неопубликованное наблюдение автора.

<sup>194</sup> В статье Sieverts A. и Wipfelmann W., Die Struktur von Kupferniederschlägen aus der technischen Galvanoplastik. Zsch 1915, 3; 287. На рис. 32, относящемся к негативному граммафоннопластиночному оригиналу, также видны отклонения, приближающиеся к типу 143, *b*.

рующую никелировку на II оригинале никелевым очком (например, в том же режиме, который принят для никелевого очка III оригинала).

Имеется, впрочем, и другое соображение в пользу схемы Б. Так, именно при этой схеме осуществляется возможность выполнять все граверные работы на меди (см. пример процесса в табл. VIII), что представляет значительное удобство.

В приведенных выше рис. 142 и 143 производился разрез радиальной относительно оригинала плоскостью: сделано это было для наглядности построения. В действительности же при поперечной записи искажения формы канавок в продольном направлении еще опаснее с точки зрения звучания, нежели искажения профиля канавок.

На приведенных выше микрофотографиях рис. 143 медь I и II оригиналов разделена слоем никеля, имеющим толщину около 10 м. Об этом существенно упомянуть, для того чтобы напомнить, что рис. 142 в целом дает в укрупненном виде представление о том, что делается в этом тонком слое, который лишь, собственно, и играет роль при этих рассуждениях. Речь идет поэтому о значительно более мелких искажениях, чем это может показаться.

Из желания иметь, по возможности, меньше гальваностегических процессов стремятся к дальнейшему улучшению процесса. Уж очень давно, например, пытались готовить никелевое очко на воске. Последнее имело бы и то преимущество, что поверхность воска еще менее затрагивалась бы электролитом (так как электролит мог бы быть не таким кислым, как в случае медных ванн). Впрочем, некоторые восковые композиции сильнее затрагиваются нейтральными жидкостями (например водой), нежели кислыми.

Однако, к сожалению, при работе с воском отпадает возможность применения горячих ванн, в которых получение никеля, мало склонного к отслаиванию, достигается наиболее легко. Вместе с тем именно на воске склонность никеля к сворачиванию и отставанию проявляет себя особенно легко, так как силы прилипания, удерживающие его на воске, особенно малы. Указывают, между прочим<sup>194</sup>, что для большего успеха процесса требуется восковой сплав специального состава.

Ненадежность процесса, особенно недопустимая при получении I оригинала, послужила препятствием к устойчивому промышленному применению никелевого очка на воске.

Гальванопластическому отложению хрома (т. е. применению

хромового очка) препятствует уже упоминавшаяся выше невозможность отложить на хrome какой-либо иной металл с хорошим сцеплением.

### 109. Выбор металла и варианты процесса

Может возникнуть вопрос — почему выбор пал именно на рассмотренные выше металлы.

Медь используется потому, что она легче других металлов может быть наращиваема в толстых слоях. Хром используется благодаря своей способности хорошо противостоять истиранию. Если бы отложение хрома было возможно производить в виде хромового очка, надобность в никеле отпала бы. В настоящее время никель применяется как промежуточный слой, имеющий большую твердость, чем медь, и обладающий рядом преимуществ против меди в отношении качеств РС (см. § 99).

В табл. IX приведена сводка некоторых существенных с точки зрения рассматриваемого производства свойств интересующих нас металлов.

В пояснение ее надо сказать, что высокая электропроводность ценна с точки зрения свойств первичной поверхности отложения, наиболее, как известно, ответственной. Теплопроводность ценна с точки зрения быстроты прогрева матрицы в пресс-форме. Коэффициент линейного расширения интересен потому, что матрица, состоящая из наращенных друг на друга слоев нескольких металлов, в процессе прессования непрерывно подвергается последовательным нагревам и охлаждениям. С этой точки зрения интересно отметить, что коэффициент линейного расширения никеля занимает среднее место между соответствующими коэффициентами

Таблица IX

Некоторые свойства металлов (при 20°), существенные для рассматриваемого производства

Свойство	Единица измерения	Медь	Никель	Хром	Железо	Серебро	Золото
Электропроводность . . . . .	$\Omega \cdot \text{м}/\text{см}^2$	5 900	1 450	3 850	1 010	6 160	4 160
Теплопроводность . . . . .	$\text{кал}/\text{см}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}^\circ\text{C}$	0,925	0,14	0,6?	0,207	1,096	0,707
Линейное расширение . . . . .	$\%/\text{м}^\circ\text{C}$	$1,66 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	$0,32 \cdot 10^{-3}$	$1,17 \cdot 10^{-3}$	$1,89 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^{-3}$
Твердость по Мосу . . . . .	Усл.	3	5	до 9	3,5—4,5	2,5	2,5

<sup>194</sup> Pfanhauser, (см. сноску 125), стр. 769, раздел „Отложение никеля прямо на воск“.

для меди и хрома и, таким образом, располагаясь между ними, сглаживает те напряжения, которые возникали бы при нагреве хрома, отложенного непосредственно на медь. Твердость по Мосу, приведенная в табл. IX, не характеризует металл исчерпывающе с точки зрения условий прессования. Для металла, составляющего основную толщину, существенна еще твердость на вдавливание, измеряемая, например, по Бринеллю. Однако эта твердость очень сильно зависит от структуры металла (она выше при мелкокристаллическом строении) и потому строгие цифры для нее привести затруднительно.

В списках металлов приведено не упоминавшееся при изложении процесса железо. Железная гальванопластика, вообще, известна очень давно. Уже в семидесятых годах прошлого века она применялась в Русской экспедиции заготовления государственных бумаг<sup>195</sup> для изготовления стереотипов. Повидимому, железная гальванопластика имела временами применение и в рассматриваемом нами производстве. Существуют даже патенты на наращивание железа по никелевому очку, отложенному на воске<sup>196</sup>. Условия железного отложения во многих отношениях родственны никелевому отложению — поглощение водорода, склонность к отставанию и т. п. имеют место и здесь. Электролитическое железо мягко; предложено поэтому применение специального электролита для отложения оригиналов из никелевой стали<sup>197</sup>.

Однако многократно предлагавшаяся полная замена медной гальванопластики железной поныне не осуществляется. Основная трудность работы с железом лежит в легкой окисляемости электролита, ведущей к внедрению гидратов в отложение, приобретающее благодаря этому хрупкость.

Кроме механических свойств металлов, применяемых в производстве матриц, нельзя не упомянуть и о степени их коррозионной стойкости<sup>198</sup>.

Медь, свежесмынутая из электролита, в котором она была отложена, имеет нежный розовый оттенок. Однако, промытая водой и высохшая на воздухе, она приобретает бурый, пятнистый вид. Первоначальный розовый цвет меди может быть сохранен и после высыхания, если после промывки водой произвести ополаскивание в концентрированном спирте. Полированная (и отмытая от жирового слоя полировочной пасты) медь сохраняет блеск лишь в сухом воздухе; во влажном она

быстро теряет блеск и темнеет. Присутствие в воздухе загрязнений ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ) ускоряет коррозию. При нагревании медь покрывается цветами побежалости.

Железо в сухом чистом воздухе не изменяется, но в обычном влажном воздухе, а тем более содержащем  $\text{SO}_2$ , корродирует. При нагревании также покрывается цветами побежалости.

Никель даже при нагревании окисляется лишь в тонком поверхностном слое. Во влажном содержащем  $\text{SO}_2$  воздухе корродирует.

Хром не изменяется практически в обычном влажном, загрязненном воздухе.

Серебро не изменяется в чистом воздухе, но тускнеет при наличии в воздухе сероводорода.

Золото не изменяется во влажном загрязненном воздухе даже при нагревании.

Можно таким образом отметить, что кроме приведенных выше преимуществ никеля сравнительно с медью, ценна также его большая против меди коррозионная стойкость. Наконец, к преимуществам никеля должно быть отнесено неприставание к нему припоя, применяемого при напайке на шеллу, что делает возможным снятие случайно попавших капелек припоя (см. § 104).

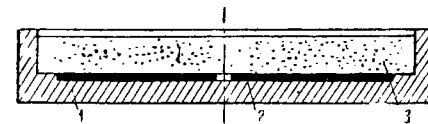


Рис. 144.

Нельзя, в заключение, не упомянуть также о многочисленных предложениях видоизменения самого процесса размножения оригиналов.

Уже сам Якоби, открывший гальванопластику, ввел промежуточные негальванопластические операции, например, снимал механически оттиск из гуттаперчи или подобного материала, покрывал этот оттиск ПС и производил лишь затем гальванопластическое наращивание.

В производстве матриц для грампластин этот путь также был предложен и имел даже применение<sup>199</sup> для изготовления неметаллического II оригинала. Работа велась следующим образом: I оригинал тщательно протирался на горячей плите камфарным маслом и укладывался в нагретую латунную или бронзовую форму 1 (рис. 144), имеющую выемку 2 точно по размеру оригинала. Затем форма заливалась горячей смесью 3, составленной из парафина, воска, окиси магния или модельного гипса и черной краски. Для

<sup>199</sup> Kaiser, Die Schallplattenfabrikation. Gum. 1913, 23.

<sup>195</sup> Баймаков Ю. В., Электрохимическое осаждение металлов. Л., 1925, стр. 124.

<sup>196</sup> Герм. пат. 240332 (1911 г.).

<sup>197</sup> Англ. пат. 321400 (1928 г.).

<sup>198</sup> См. также Эванс, Коррозия металлов (пер. с англ.) 1932, стр. 205—10.

ускорения охлаждения форма заливалась холодной водой. После отделения отливки от I оригинала ее покрывали ПС одним из известных методов и наращивали затем III оригинал.

Хотя подобный способ дает ускорение процесса и экономно металлу, устраняя операцию наращивания II оригинала, можно полагать, что ни на одном хорошем предприятии он более не применяется, так как точность копии при нем снижается.

Предлагалось также и иное решение, относящееся ко всем оригиналам: вместо наращивания толстого слоя меди отлагать гальванопластически лишь тонкий слой, затем заливать до нужной толщины сплавом более легкоплавким, чем медь, но хорошо к меди пристающим, после чего производить разделение оригиналов. Наконец, предлагалось просто получить нужную толщину еще более быстрым путем — опылением металлом из пульверизатора<sup>200</sup>.

В начале этого века предлагался метод Губера (Huber)<sup>201</sup>; хотя в старых русских граммофонных журналах имеются прямые указания о пригодности его для получения оригиналов в производстве граммофонных пластинок, он, повидимому, не применялся не только для получения I оригинала, но и для получения II и III оригиналов.

Упоминание о путях, отличающихся от общепринятого и не получивших значения, целесообразно было по той причине, что практика показывает, как часто эти пути предлагаются вновь и вновь в силу незнания того, что они давно отклонены промышленностью и являются для нее не только не новым процессом, но часто более старым, чем существующий, и даже уступившим последнему свое место.

<sup>200</sup> Герм. пат. 259596 (1912 г.).

<sup>201</sup> См. о нем, например, Гавриленко А. П., Механическая технология металлов, ч. III, обработка металлов давлением, 1925, стр. 514. Здесь указывается, что гальванический осадок толщиной 1—4 мм оказывается достаточным для этого способа, тем более, что задняя сторона его может быть усилена заливкой твердым сплавом.

## Глава X

### ПЛАСТИНОЧНЫЙ СОСТАВ

#### I. Физико-химия массы

##### 110. Компоненты

Грамофонные пластинки наиболее распространенного типа не состоят из монолитной массы; масса их представляет гесную смесь разнородных веществ или, как говорят, композицию, пластмассу.

Вещества, входящие в массу, можно разбить по своему назначению на несколько групп: мы будем различать вещества связующие, наполняющие, красящие, армирующие и специальные добавки.

Эта разбивка не лишена некоторых условностей. Ниже, при описании отдельных веществ, будут рассмотрены возможности отнесения их к той или иной группе. Здесь обрисуем лишь общий характер каждой из этих групп.

Связующее вещество — главная составная часть композиций — является цементом, соединяющим воедино все остальные вещества композиции. В граммофонных пластинках главным связующим является шеллак.

Наполняющее вещество или, коротко, — наполнитель, — в процентном отношении основная часть композиции и, обычно, наиболее дешевая. Назначение наполнителя вовсе не сводится, однако, лишь к удешевлению массы: разбавление связующего, происходящее благодаря введению наполнителя, как мы это увидим ниже, не только не означает ухудшения качеств массы, но вызывает даже, наоборот, известное упрочнение массы.

Красящее вещество — необязательный компонент массы, цвет которой может определяться уже наполнителями.

Армирующим служит обычно вещество волокнистого строения, которое выполняет в массе роль арматуры, подобную роли железа в железобетоне, — действие его определяется



резким отличием одного измерения по сравнению с двумя другими (примерно в десятки и до сотни раз)<sup>202</sup>.

Специальные добавки играют вспомогательную роль относительно того или иного из перечисленных выше компонентов. Присутствие их в композиции отнюдь не является обязательным. В процентном отношении эти добавки играют незначительную роль.

Композиционные массы имеют, вообще говоря, очень широкое распространение в технике. К ним принадлежат такие разнообразные продукты, как динамит и паста для чистки зубов, дорожный асфальт и состав спичечных головок, замазка для окон и литейная формовочная земля и т. д.

Свойства связующего определяют характер готовой композиции в большей мере, нежели свойства какого-либо одного из компонентов. Именно связующему присуща пластичность, благодаря которой только и возможно самое формование. Поэтому рассмотрение свойств композиций следует начать с рассмотрения свойств связующего — главного компонента пластической массы.

### 111. Пластичность

Пластическими телами называют твердые тела, способные временно принимать состояние, в котором они ведут себя как жидкость с чрезвычайно большой вязкостью.

Если, как это соответствует наиболее обычному (и в дальнейшем подразумеваемому, где специально не оговорено) случаю граммофонно-пластиночных композиций, переход в это состояние обратим и вызывается повышением температуры — вещества эти называют термопластическими. В таком пластическом состоянии эти вещества способны выдерживать давление без разрушения и принимать под действием этого давления форму сосуда, в котором они заключены (свойство жидкостей), а после остывания способны сохранять приданную им форму неопределенно долгое время (свойство твердых тел).

Необязательно, чтобы композиция переходила в это текучее состояние всеми своими компонентами: совершенно достаточно, чтобы переходила одна его часть — связующее.

Понятие текучести, столь существенное для процессов прессования, физически может быть характеризовано градиентом скорости течения слоя под действием касательных сил

сдвига<sup>203</sup>. На рис. 145 схематически показан сдвиг слоев; если обозначить через  $y$  и  $dy$  расстояние некоторого слоя и прирост этого расстояния, измеряемые под прямым углом к направлению сдвига, а через  $v$  и  $dv$  скорость некоторого слоя и прирост скорости, то градиент  $\frac{dv}{dy}$  представится некоторой функцией от напряжения касательных сил  $\tau$ :

$$\frac{dv}{dy} = F(\tau). \quad (68)$$

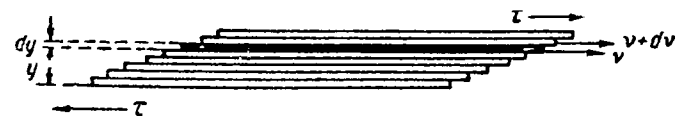


Рис. 145.

Эта функция может быть выражена следующей эмпирической зависимостью от  $\tau$ :

$$\frac{dv}{dy} = \psi(\tau - f)^n. \quad (69)$$

В этом уравнении будем называть  $\psi$  — коэффициентом текучести,  $f$  — порогом текучести и  $n$  — показателем текучести. Значение этих величин станет ясным из дальнейшего рассмотрения.

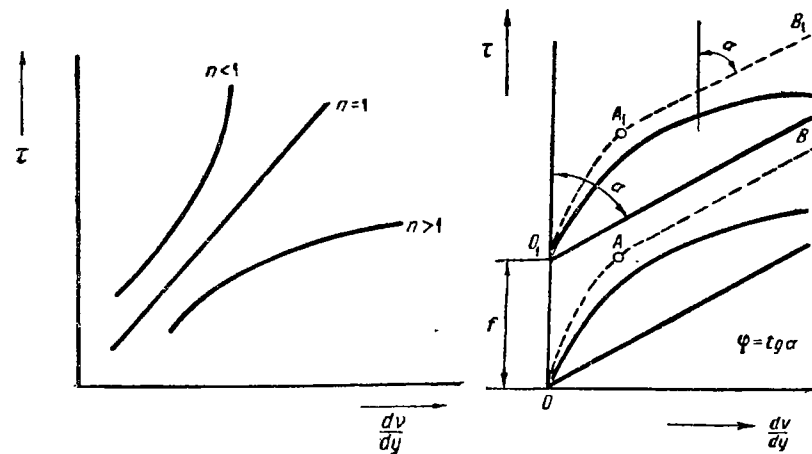


Рис. 146.

Рис. 147.

<sup>202</sup> Например хлопчатобумажное волокно, толщина которого лежит в среднем около 20  $\mu$ , применяется с длиной волокон 1,5 мм (т. е. отношение размеров равно 75). Для наглядности укажем, что естественная длина волокна хлопка лежит в пределах 10 — 50 мм.

<sup>203</sup> Houtwink P., *Physikalische Eigenschaften und Feinbau von Natur und Kunstharzen*, Leipzig 1934. Дальнейшее изложение этого параграфа также основывается на взглядах Гувинка.

На рис. 146 показан в координатах  $\frac{dv}{dy}$  и  $\tau$  ход кривых при значениях показателя текучести  $n < 1$ ,  $n = 1$  и  $n > 1$ . Эта диаграмма несколько подобна привычным диаграммам в координатах удлинение-усилие, которые получают при испытаниях металлов и других материалов, например, на разрыв.

Кривые характера  $n < 1$  имеют место у металлов. У смол кривые подобного рода не наблюдаются никогда, иначе говоря,  $n$  никогда не бывает у них меньше единицы. Ограничимся поэтому рассмотрением случаев, когда  $n > 1$  или  $n = 1$ .

На рис. 147 показаны отдельные случаи, имеющие место при  $n \geq 1$  для разных значений порога текучести, а в табл. X сведены соответствующие им выражения градиента скорости течения слоя.

Таблица X

№ кривой на рис. 147	Значение показателя текучести	Значение порога текучести	Уравнение градиента скорости	Обозначение типа текучести	
Кривая 1	$n = 1$	$f = 0$	$\frac{dv}{dy} = \varphi \tau$	чисто вязкая текучесть	
Кривая 4, участок AB кривой 3 и участок A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> кривой 6	$n = 1$	$f > 0$	$\frac{dv}{dy} = \varphi(\tau - f)$		
Кривая 2 и участок OA кривой 3	$n > 1$	$f = 0$	$\frac{dv}{dy} = \psi \tau^n$	чистая текучесть	
Кривая 5 и участок O <sub>1</sub> A <sub>1</sub> кривой 6	$n > 1$	$f > 0$	$\frac{dv}{dy} = \psi(\tau - f)^n$		
				псевдовязкая текучесть	псевдо-текучесть
				псевдопластическая текучесть	

В приведенных в таблице уравнениях в тех случаях, когда  $n = 1$ , вместо  $\psi$  употреблено обозначение  $\varphi$ , чтобы подчеркнуть этим другую размерность, присущую в этом случае коэффициенту текучести. Коэффициент  $\varphi$  представляет обратную величину вязкости <sup>204</sup>  $\eta$  (вязкость измеряется в пуазах, имеющих размерность дина/см<sup>2</sup>сек). Обратная величина пуаза называется *ре* (*the*) и в этих единицах и измеряется  $\varphi$ .

Из уравнения (69) ясно, что величина  $\varphi$  определяется графически, как тангенс угла  $\alpha$ , показанного на рис. 147.

Величина  $\varphi$  зависит от температуры. Зависимость  $\varphi$  от температуры может быть приближенно выражена формулой:

$$\varphi = Ae^{-\frac{K}{T}}, \quad (70)$$

где  $A$  — константа вещества, зависящая от молекулярного веса и плотности;

$K$  — константа вещества, зависящая от энергии, необходимой для дезагрегации молекул;

$e$  — основание натуральных логарифмов;

$T$  — абсолютная температура.

На рис. 148 представлены кривые зависимости от температуры, найденные для некоторых смол практически. В логарифмических координатах, принятых на этом рисунке, формула (70) должна была бы давать прямые линии, но ве-

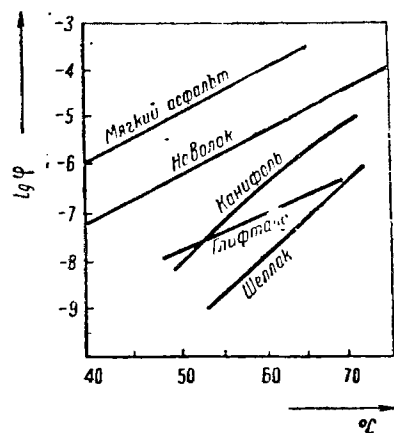


Рис. 148.

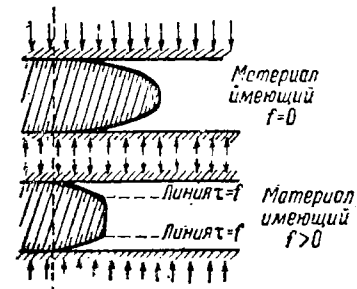


Рис. 149.

щества, для которых на рисунке представлены кривые, имеют коллоидный характер и дезагрегация их частиц с увеличением температуры происходит нерезко, что и придает кривым незначительную непрямолинейность очертания. Постоянные  $A$  и  $K$  сохраняют свое значение лишь в пределах одного агрегатного состояния вещества, однако как раз у этих веществ агрегатное состояние не остается неизменным.

Гувинк использует формулу (70), для того чтобы установить физическое понятие температуры размягчения, а именно, он принимает за температуру размягчения ту, при которой  $\varphi$  приобретает значение  $10^{-8}$  *ре* <sup>205</sup>.

Использование формулы (70) для многих смол оказывается

<sup>205</sup> Чтобы дать некоторое представление об этой величине, заметим, что вода при 20° имеет  $\varphi = 100$  *ре*.

<sup>204</sup> См. Гатчек К. Э., Вязкость жидкостей (пер. с англ.), М.-Л. 1932.

возможным благодаря тому, что с повышением температуры показатель текучести этих смол уменьшается до значения  $n=1$ .

Что касается порога текучести  $f$ , то обычно у смол  $f > 0$ , но с повышением температуры приближается к нулю.

Значения  $f=0$  и  $f > 0$  иллюстрирует рис. 149. Сжатый между двумя плоскими поверхностями цилиндрок материал обнаруживает различную форму стенок после сжатия в зависимости от величины  $f$ ; именно, когда  $f > 0$ , становится возможным существование зоны, в которой  $\tau < f$  и в которой поэтому сдвиг не происходит, так как  $f$  потому и называется порогом текучести, что представляет минимальное напряжение, нужное для возникновения явления течения (см. значение  $f$  на рис. 147). В пределах такой зоны материал ведет себя как твердое тело, что и обнаруживается формой сечения стенки. Само собой разумеется, что в практических условиях степень однородности материала и равномерность передачи усилий не бывает столь велика, и потому формы стенок не столь строгие.

При определении пластических тел выше сказано было, что под ними понимают *твердые тела*, способные принимать состояние, в котором они ведут себя как жидкость с чрезвычайно большой вязкостью. До сих пор здесь говорилось лишь о второй стороне этого определения. Несмотря на привычность понятия твердости, на нем необходимо все же остановиться.

По определению проф. Ребиндера<sup>206</sup> «твердость — поверхность прочности тела», а физическая величина твердости — «работа, требующаяся для образования единицы новой поверхности твердого тела».

Однако надо заметить, что определение этой величины в чистом ее виде, как работы в обратимом процессе, не осуществляется ни одним из существующих приборов<sup>207</sup>. Поэтому отдельные приборы дают не всегда сравнимые значения, и некоторые авторы не признают за твердостью вовсе значения физической величины, утверждая, что «твердость не является определенным свойством материала, а является только результатом некоторых операций с этим материалом, результатом, который зависит от характера этих операций; в слово «твердость» мы вкладываем самые разнообразные физические свойства. Мы не знаем и не отдаем себе отчета в том, что такое твердость»<sup>208</sup>.

<sup>206</sup> Статья „Твердость“ в ТЭ, 22:704.

<sup>207</sup> Хотя и существует большое число разнообразных приборов, разными путями увеличивающих поверхность испытуемого тела. Об измерении твердости пластмасс см. ниже в гл. XV.

<sup>208</sup> Кузнецов В. Д., Метод затухающих колебаний для определения „твердости“, ЖПФ 1929, 6; 1:33.

Смолы представляют твердые тела, когда находятся в стеклоподобном состоянии, иначе говоря представляют собою переохлажденные жидкости, для которых это состояние переохлаждения оказывается практически устойчивым.

Эта устойчивость требует некоторых пояснений. Кусок канифоли, положенный при обычной температуре на две удаленные друг от друга опоры, в течение нескольких месяцев прогнется между этими опорами и, будучи снятым с них, обнаружит явные отпечатки формы этих опор. Эта деформация произошла под действием силы тяжести. Если бы мы попытались согнуть тот же кусок канифоли сразу, прилагая кратковременную, но значительную силу, нас, конечно, постигла бы неудача, так как канифоль раскололась бы. Мы считаем канифоль твердым телом, хотя она обнаружила свою способность течь.

Гувинк приводит другой пример. Стеклянная палочка длиной 110 см, положенная горизонтально и имевшая опору не по всей своей длине, обнаружила через 5 лет остаточный прогиб в 9 мм.

Сжатая до 3300 ат в форме с отверстием медь даже при обычной температуре начнет выдавливаться в отверстие формы как бы струей (способ Треска). Даже сталь может течь (например литая мягкая сталь течет при 7500 ат).

Таким образом, дело сводится к количественному определению степени устойчивости по отношению к небольшим, но длительным нагрузкам (формоустойчивость). Приходится пожалеть о том, что количественной классификации материалов по этому признаку не существует.

Чем выше формоустойчивость связующего, тем более оно подходит для рассматриваемого производства и, напротив, при некотором слишком малом значении этой величины материал становится окончательно непригодным в роли связующего для пластиночных композиций.

## 112. Взаимоотношения связующего и наполнителя

Диаграмма разрыва бруска композиционной массы, зарисованная в координатах удлинение-усилие, определяет своей площадью работу разрыва, которая может служить критерием прочности массы. Эту работу удобно относить к единице объема композиции — ее называют в этом случае энергией упругости.

На основе экспериментальных данных можно построить график зависимости прочности массы, измеряемой энергией упругости, от содержания в композиции наполнителя — последнее будем откладывать в объемных процентах, подразумевая объем наполнителя, приходящийся на единицу объема связующего.

За отсутствием опубликованных данных для шеллака приведем родственные данные для каучука; на рис. 150 построены кривые для наполнителей — газовой сажи, каолина, барита (продажные сорта, средняя дисперсность). По оси абсцисс отложены объемные проценты наполнителя, по оси ординат — энергия упругости в килограммометрах на миллиметр массы. Прочность при отсутствии наполнителя определяется точкой А. Поэтому превышение кривой над горизонтальной линией АВ отражает повышение прочности или, как говорят, укрепляющее действие наполнителя.

Наполнители, кривая которых идет выше линии АВ, Виганд<sup>209</sup> считает проявляющими укрепляющее действие или активными, все остальные — инертными. В отличие от этого, Гартнер<sup>210</sup> считает, что линией сравнения можно брать не прямую АВ, а прямую АС, получаемую соединением точки А с положением 100% на оси наполнителей и выражающую прочность массы, пересчитанную соответственно фактическому в этой точке содержанию в ней связующего. Отличие между обоими способами оценки достаточно наглядно. Так, например, барит, совершенно неактивный в трактовке Виганда, следует признать хотя и мало, но все же активным по Гартнеру.

Хотя теоретически трактовке Гартнера можно было бы отдавать предпочтение, практически удобнее пользоваться критерием Виганда, считая, таким образом, активными те наполнители, которые действительно повышают прочность композиций, замечая часть связующего.

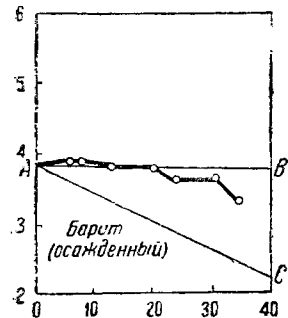
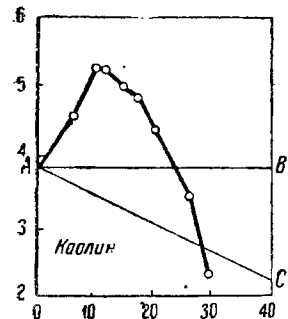
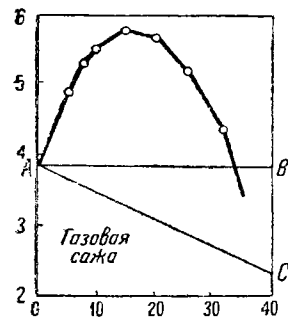


Рис. 150.

Величина максимального укрепляющего действия, конечно, независима от способа отсчета (так, например, для каолина она лежит по этим данным примерно при 12% наполнителя), но предельная величина количества полезно введенного наполнителя зависит от способа расчета (так, для того же каолина, по Виганду, она лежит примерно при 24%, а по Гартнеру примерно при 28%).

Укрепляющее действие наполнителя имеет своей основой наличие сил сцепления между связующим и наполнителем, сил, действующих на поверхности раздела.

Количественное суждение об этих силах можно получить по величине теплового эффекта смачивания наполнителя связующим.

Основываясь на законе Гесса, эту величину можно определить косвенным измерением, а именно, вводя еще одно вещество — растворитель связующего, — получим следующее выражение для подсчета:

$$\frac{\text{теплота смачивания наполнителя связующим}}{\text{теплота смачивания растворителем смеси наполнителя со связующим}} = \frac{\text{теплота смачивания растворителем наполнителя}}{\text{теплота растворения связующего в растворителе}}$$

Так, например, для сажи в сыром каучуке найдены<sup>210</sup> следующие теплоты:

при объемном проценте сажи	8,5	17	25,5	34
теплота смачивания сажи каучуком в кал на 1 мл сажи (плотностью 1,75 г/мл)	7,96	6,08	5,25	4,97

Экстраполируя полученные значения, можно подсчитать теплоту смачивания при бесконечном разбавлении наполнителя, т. е. при концентрации его, равной нулю; для приведенных значений находим теплоту смачивания  $\sim 19,5$  кал/мл. Пользуясь этой величиной, можно подсчитать отношение:

$$\chi = \frac{\text{теплота смачивания связующим при данной концентрации наполнителя}}{\text{теплота смачивания связующим при бесконечном разбавлении наполнителя}}$$

Величина  $\chi$ , очевидно, характеризует степень агрегации частиц наполнителя, так как и числитель и знаменатель относятся к одинаковому количеству (1 мл) наполнителя, а при бесконечном разбавлении очевидно отпадает возможность агрегации. Чем больше величина  $\chi$ , тем большая поверхность наполнителя смачивается связующим и тем менее частицы наполнителя агрегированы.

<sup>209</sup> Wiegand W. B.; ему принадлежат основные работы по вопросу взаимоотношений между связующим и наполнителем. См. Canad. Chem. Journ. 1920, 4; 160. Ind. Eng. Chem. 1921, 13; 118. Ind. Eng. Chem. 1925, 17; 623, 939.

<sup>210</sup> Hartner F., Die Grenzflächenenergie, zwischen Kautschuk und Füllstoffen. Kolloidchem. Beih. 1929, 30; 1—3: 83. См. также Носк Л., Handb. d. Kautschukwiss. Leipz. 1930.

Для приведенного случая подсчет дает:

при объемных процентах сажи	8,5	17	25,5	34
$\gamma =$	0,42	0,31	0,27	0,25

Отсюда следует, что с повышением концентрации наполнителя в связующем возрастает степень агрегации его частиц, т. е. ухудшается его использование. Чем больше наполнителя вмещано в связующее, тем большая его часть остается балластом.

Приведенный пример — образец того, как в этой области приходится пользоваться косвенными путями для получения необходимых суждений.

Изучение системы связующее — наполнитель крайне затруднено тем, что связующим являются обычно вещества с очень крупными и сложными молекулами. Поэтому о взаимоотношениях, имеющих место в массе, приближенно судят по поведению наполнителя в «аналогичной» системе, где роль связующего исполняет вещество более простого состава, но принципиально одинаково относящееся к наполнителю. Так, например, о взаимоотношениях системы наполнитель — каучук Ребиндера судят по взаимоотношениям системы наполнитель — бензол, называя такую упрощенную систему моделью более сложной. Критерием суждения о том, насколько активен в смеси со связующим тот или иной наполнитель, служит опять-таки косвенный признак — способность суспензии наполнителя в бензоле стабилизироваться от добавки стеариновой кислоты.

Дело в том, что частицы минерального наполнителя, будучи диспергированы в бензоле встряхиванием, склонны оседать, а добавка к ним ничтожных количеств поверхностно-активного вещества (стеариновой кислоты) вызывает значительное замедление скорости этого оседания (явление стабилизации). Чем более склонен стабилизироваться в бензоле тот или иной наполнитель, тем дисперснее, устойчивее будет этот же наполнитель и в настоящей композиции со связующим.

Нужно заметить, что в процессе смешения наполнителя со связующим степень дисперсности наполнителя может измениться<sup>211</sup> и потому настоящим критерием качеств наполнителя может быть лишь конечная дисперсность его в связующем.

Введение стеариновой кислоты не является лишь узко-лабораторным приемом. В резиновой промышленности стеа-

риновая кислота, как и ряд других «смягчителей», вводится и в производственную смесь. Эти вещества являются активаторами, способствующими диспергированию наполнителя.

Роль такой активирующей добавки состоит в том<sup>212</sup>, что она химически фиксируется своей полярной группой на частице наполнителя, образуя лэнгмюровский слой молекул, ориентированных очень длинными (порядка 20 Å) углеводородными цепями в сторону, направленную от частиц, и окружающая таким образом углеводородной пленкой частицу минерального наполнителя; последний становится таким образом вместо гидрофильного олеофильным (можно было бы в частном случае сказать шеллакофильным).

На этих неполярных углеводородных цепях, по мнению Ребиндера, нарастают ориентированно частицы связующего, образуя в итоге сольватный слой, доходящий в своих размерах, может быть, до микрона; этот-то сольватный слой и играет роль защитной оболочки, препятствующей коагуляции и тем поддерживающей дисперсность наполнителя. Этот же слой является основой сцепления между наполнителем и связующим.

В области шеллачных композиций подобными добавками могут служить<sup>213</sup> амины (например анилин, паратолуидин, дифениламин), которые повышают поверхностную прочность, присутствуя в очень малых концентрациях (30—60 г на 1 т наполнителя). Впрочем эффект от их введения в производственном масштабе пока не обнаружен.

Упомянем в связи с этим о патенте Эдисона<sup>214</sup>, в котором он указывает (правда, формулируя совершенно иные намерения) на добавку р-фенилендиамина в шеллачную композицию.

Приведенное представление о сольватном слое нет надобности считать несостоятельным в том случае, когда подобные поверхностно-активные добавки не вводятся в массу, так как вещества, играющие стабилизирующую роль, могут существовать, как примесь, в самих связующих<sup>215</sup>.

Физическая картина, соответствующая указанному представлению, довольно наглядна: представление о сцеплении между наполнителем и связующим, основанное на внешних молекулярных силах, резко подчеркивает роль поверхностных явле-

<sup>212</sup> Blake S. T., Ind. Eng. Chem. 1928, 20; 1084.

<sup>213</sup> Волкова З. В. и Собиныкова Н. М., К вопросу о механизме упрочняющего действия наполнителей, МС 1956, 11; 7: 51—6. Коллоидный Журнал 1937, 3; 6: 553—68. Они же, Активация наполнителей для пластмасс поверхностно-активными добавками, МС 1936, 11; 8—9: 44—7.

<sup>214</sup> Амер. пат. 1342326 (1920 г.).

<sup>215</sup> Например установлено, что смолы, экстрагированные ацетоном из каучука, способны адсорбироваться как наполнителем, так и каучуком, вследствие чего и могут служить соединительной между ними прослойкой (Vellingner E., CR 1932, 195; 788. 1010).

<sup>211</sup> Маргаритов В., Физико-химия поверхностных явлений в технологии каучука и резины, ч. II; Физико-химические характеристики наполнителей каучука, ЖРП 1935, 12; 12: 1092—8.

нии, благодаря которым вместо «простой механической смеси» мы имеем прочное целое.

Эта же картина поясняет, что для достижения наибольшей прочности необходимо стремиться к тому, чтобы все связующее было введено в состав этих сольватных оболочек, как и к тому, чтобы вся поверхность наполнителя была использована для образования лиоадсорбционной пленки.

В поверхностных слоях (особенно на границе с твердой фазой) свободное молекулярно-силовое поле особенно значительно и потому свойства этого поверхностного слоя могут сильно отличаться от свойств тела в целом. Принимая описанную выше структуру, в которой на долю поверхностных сил выпадает столь большая роль, не приходится более удивляться укрепляющему действию наполнителей.

Смысл этого укрепляющего действия состоит, очевидно, в том, что силы поверхностного сцепления наполнителя со связующим оказываются благодаря накопленной свободной энергии больше сил внутреннего сцепления между самими частичками связующего.

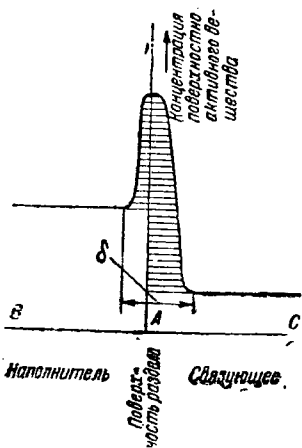


Рис. 151.

Целесообразность введения возможно большого количества связующего в состав оболочки и получения возможно более толстого поверхностного слоя может быть пояснена на схеме пограничного слоя, которая более отчетливо определит самое понятие толщины этого слоя<sup>215а</sup>.

Пусть (рис. 151) точка А лежит на поверхности раздела двух фаз: твердой — наполнителя и жидкой — связующего. Линия ВАС пусть представляет нормаль к этой поверхности, проходящую на участке АВ в наполнителе, а на участке АС — в связующем. Приняв эту линию за ось абсцисс, будем откладывать по оси ординат концентрацию поверхностно-активного вещества.

<sup>215а</sup> Среднюю толщину смоляной пленки можно ориентировочно прикинуть. Пусть, например, удельная поверхность порошка наполнителя равна  $1500 \text{ см}^2/\text{г}$ , а на 1 г порошка расходуется 0,5 г шеллака (иначе говоря,

$$\text{процент шеллака в смеси равен } \frac{0,5}{1 + 0,5} \times 100 = 33\%.$$

Так как плотность шеллака близка к  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ , то объем шеллака равен  $0,5 \text{ см}^3$  и толщина его пленки в среднем равна  $\frac{0,5}{1500} = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ см}$

т. е. 3,3 м.

Поверхностно-активное вещество распределится между обеими фазами, причем у границы раздела — в большей концентрации, чем в толще фазы. На рисунке виден этот подъем концентрации активного вещества на границе раздела, переходящий в прямые линии (выражающие постоянство концентрации) внутри фаз.

Заштрихованный участок выражает избыток активного вещества в поверхностном слое. Величина  $\delta$ , определяющая размер, за пределами которого концентрация активного вещества остается постоянной, и представляет толщину поверхностного слоя; в этом интервале свободная энергия особенно велика, а за пределами его она постоянна. Таким образом, сделать поверхностный слой толще означает снизить пик у поверхности раздела и получить более плавное падение кривой в глубь фаз.

Сказанное выше об изменении свойств вещества в поверхностном слое, объясняющем укрепляющее действие наполнителей, может быть иллюстрировано и иначе.

Огромные по величине капиллярные силы и силы адсорбции, прижимающие связующее (которое приближается к жидкости в период формования) к частицам наполнителя, приводят эту жидкость в состояние сильного сжатия. Между тем доказано (опытами Таммана), что жидкости, находящиеся под повышенным давлением, обнаруживают повышенную вязкость.

И действительно, связующее, само по себе имеющее хорошую текучесть (например шеллак при  $100^\circ$ ), в композиции с наполнителем при той же температуре оказывается значительно более вязким и очень мало текучим. Еще более нагляден пример типичного пластического вещества — глины, которая приобретает пластичность от замешивания ее с водой; и в этом случае имеет место адсорбция воды на поверхности частиц<sup>216</sup>.

Мы не будем останавливаться здесь на других типах пластмасс, например содержащих пластификаторы и растворители, чтобы не отвлекать внимание, но нужно заметить, что и там те же представления о поверхностном лентгмюровском слое, основанном на явлениях полярности, наиболее удовлетворительно рисуют физическую картину пластмассы.

Сцепление, существующее между наполнителем и связующим, полезно иллюстрировать еще одним сопоставлением. В маслобойном производстве мязгу измельченных семян укладывают между плитами гидравлического пресса и подвергают сжатию. При этом из семян выдавливается масло и остаются жмыхи. При композиционных массах сжатие их под прессом

<sup>216</sup> Лазарев П., О пластичности вещества и о причинах, которые вызывают ее, ЖФП, 1929, 6; 1:107—11.

отнюдь не вызывает отделения связующего от наполнителя, напротив связующее и наполнитель перемещаются вместе.

Было бы ошибкой полностью противопоставлять оба процесса друг другу. В жмыхах всегда остается часть масла. Наружный слой прессованной композиционной массы всегда несколько богаче связующим, чем сердцевина. Происходящее при прессовании становится все же нагляднее от подчеркивания контраста между обоими процессами.

Переходя к рассмотрению свойств собственно наполнителей с точки зрения их ценности в композиции, остановимся сперва на некоторых характеристиках порошкообразных тел вообще, так как порошкообразное состояние характерно для наполнителя.

### 113. Смолоемкость

Истинным удельным объемом называется тот объем, который занят единицей веса данного тела так, что никакое другое тело не может быть введено в этот объем. Таким образом, это обратная величина истинной плотности.

Взяв монолит, например цельный кристалл какого-либо вещества, и измельчив его, найдем, что совокупность его обломков практически всегда будет занимать больший объем, нежели начальный целый кристалл. Объем совокупности обломков зависит от способности обломков плотно укладываться и при определенных приемах уплотнения будет на практике также определенным — его называют кажущимся удельным объемом (а его обратную величину — кажущейся плотностью).

Разность между кажущимся удельным объемом и истинным удельным объемом представляет объем, который назовем избыточным. Именно в этом избыточном объеме располагается связующее вещество, в нашем случае — смола, шеллак.

Вес смолы, занимающей избыточный объем, называется теоретической смолоемкостью данного измельченного вещества<sup>217</sup>.

Строго говоря, не вполне верно предполагать, что смола занимает лишь избыточный объем между частицами. В действительности благодаря образованию сольватных пленок, обволакивающих эти частицы и этим собственно и обеспечивающих сцепление, частицы несколько раздвигаются; этим обстоятельством ниже для простоты пренебрегаем.

Количество смолы, введение которого практически необходимо для достижения хорошей пластичности, называется

<sup>217</sup> Термины смолоемкость и шеллакемкость введены проф. Масленниковым, который в Лаборатории наполнителей Института минерального сырья провел значительные работы по выяснению этих величин применительно к массам для графмофонных пластинок.

фактической смолоемкостью. Для того чтобы величина эта имела определенное количественное значение, необходимо, конечно, уяснить — что следует понимать под хорошей пластичностью. Лучше всего понимать под нею тот состав, который отвечает максимуму прочности при определенном механическом испытании, либо оптимуму при разных методах испытаний.

Как теоретическую, так и фактическую смолоемкость можно в вычислениях относить либо к единице веса наполнителя, либо к единице веса всей массы, что и будет далее отмечаться нижним индексом при букве  $C$ , которою мы обозначим смолоемкость. Верхним индексом будем отмечать, имеется ли в виду фактическая или теоретическая смолоемкость. Таким образом, например,  $C_n^T$  обозначит теоретическую смолоемкость, отнесенную к наполнителю, т. е. теоретическое количество смолы (в г), занимающее все поры в единице веса (1 г) наполнителя.

Фактическая смолоемкость, отнесенная к единице веса массы  $C_n^F$ , представит относительное содержание смолы в массе. Очевидно, что

$$C_n^F = \frac{C_n^T}{C_n^T + 1} \cdot 100. \quad (71)$$

Теоретическая смолоемкость  $C^T$  может быть очень легко высчитана. Именно, если обозначить кажущуюся плотность наполнителя через  $\mathfrak{D}_n$ , а истинную через  $d_n$ , то объем, занимаемый 1 г порошка наполнителя, равен  $\frac{1}{\mathfrak{D}_n}$  мл, а объем, занимаемый тем же весом сплошного наполнителя, равен  $\frac{1}{d_n}$  мл.

Отсюда следует, что объем, занимаемый порами в 1 г порошка наполнителя (избыточный объем), равен

$$\frac{1}{\mathfrak{D}_n} - \frac{1}{d_n} \text{ мл,}$$

и, наконец, вес смолы (плотностью  $d_c$ ), занимающей этот объем, т. е. теоретическая смолоемкость

$$C_n^T = d_c \left( \frac{1}{\mathfrak{D}_n} - \frac{1}{d_n} \right) \text{ г смолы/г нап.} \quad (72)$$

Отсюда видно, между прочим, что теоретическая смолоемкость тем выше, чем меньше кажущаяся плотность  $\mathfrak{D}$  и чем больше истинная плотность  $d_n$  наполнителя.

Если бы поры наполнителя были заняты этим количеством смолы, то вес массы, отвечающей 1 г наполнителя, был бы

$$C_n^T + 1 \text{ г,}$$

и, таким образом, количество смолы, нужное для образования 1 г такой массы (т. е. теоретическая смолемкость, отнесенная к массе), было бы в весовых процентах:

$$C_M^T = \frac{C_H^T}{C_H^T + 1} \cdot 100. \quad (73)$$

Мы считали всю массу состоящей лишь из двух компонентов — смолы и наполнителя. Фактически, однако, наличие пор в массе означает, что будет содержаться еще третий компонент — воздух. Объемный процент этого последнего может быть высчитан.

Обозначим  $\mathcal{D}_M$  — кажущуюся плотность массы в г/мл.

Тогда  $V_M$ , кажущийся объем массы, приходящейся на 1 г наполнителя, равен

$$V_M = \frac{1 + C_H^{\Phi}}{\mathcal{D}_M} \text{ мл массы/г нап.,}$$

далее  $V_H$ , истинный удельный объем наполнителя, равен:

$$V_H = \frac{1}{d_H} \text{ мл/г,}$$

и, наконец,  $V_C$ , объем смолы, приходящийся на 1 г наполнителя, равен:

$$V_C = \frac{C_H^{\Phi}}{d_C} \text{ мл смолы/г нап.}$$

Эти величины связаны простой зависимостью с объемом воздуха  $V_B$ , приходящимся на 1 г наполнителя:

$$V_B = V_M - V_H - V_C$$

или подставляя приведенные значения этих величин:

$$V_B = \frac{1 + C_H^{\Phi}}{\mathcal{D}_M} - \frac{1}{d_H} - \frac{C_H^{\Phi}}{d_C} \text{ мл возд./г нап.}$$

Отсюда нетрудно найти относительное содержание воздуха в массе  $v_B$  в объемных процентах:

$$v_B = \frac{V_B}{V_M} \cdot 100 = \frac{V_B \cdot \mathcal{D}_M}{1 + C_H^{\Phi}} \cdot 100 = 100 - \frac{100 \mathcal{D}_M}{1 + C_H^{\Phi}} \left( \frac{1}{d_H} + \frac{C_H^{\Phi}}{d_C} \right). \quad (74)$$

Этот расчет произведен впервые проф. В. В. Масленниковым<sup>218</sup>, который выполнил также впервые промеры соответ-

<sup>218</sup> В изложении не соблюдалась буквенная интерпретация проф. Масленникова.

ствующих величин для масс граммофонных пластинок; некоторые из результатов этих промеров ниже приведены в табл. XI. Хорошая пластичность определялась путем постепенного добавления смолы к наполнителю на электрической плитке до получения консистенции, обычной для производства.

В той же таблице даны величины  $C_M^T$ , найденные путем расчета по приведенной формуле (73). Необходимо, однако, заметить, что в основу расчета были положены  $\mathcal{D}_H$ , определенные проф. Масленниковым утряской в цилиндре, что нельзя считать правильным, так как следовало бы определять  $\mathcal{D}_H$  не после утряски, а после сжатия порошка при том давлении, которое применяется для формования массы. Это дало бы более низкие цифры для  $C_M^T$ , более близкие к  $C_M^{\Phi}$ . Сама диаграмма «уменьшение объема порошка — нагрузка» может быть, по мнению автора, очень показательной характеристикой порошка.

#### 114. Выгодность наполнителя

Наиболее интересна величина смолемкости, выраженная в единицах веса смолы, отнесенных к единице объема массы, так как эта величина характеризует практическую выгодность наполнителя в смысле количества требуемой им смолы для изготовления определенного числа изделий, в нашем случае граммофонных пластинок.

Действительно, наполнитель, наиболее выгодный по расходу связующих (о связанной с выбором наполнителя прочности мы сейчас не говорим), — тот, который требует наименьшего веса связующего для получения данного количества изделий. Но граммофонные пластинки с разными наполнителями имеют хоть и разный вес, но одинаковые геометрические размеры (в том числе толщину) и, следовательно, одинаковый объем. Поэтому, выгодный наполнитель — тот, который требует наименьшего веса связующего для получения определенного объема массы. Эту величину мы обозначим  $\xi$  и назовем коэффициентом выгоды. Она найдется легко: если вес смолы, приходящейся на 1 г наполнителя, равен  $C_H^{\Phi}$ , а объем массы, приходящийся на 1 г наполнителя, равен  $V_M$ , то вес смолы, приходящийся на 1 мл массы, равен

$$\xi = \frac{C_H^{\Phi}}{V_M} = \frac{C_H^{\Phi} \cdot \mathcal{D}_M}{1 + C_H^{\Phi}} = 0,01 C_M^{\Phi} \mathcal{D}_M \text{ г смолы/мл массы.} \quad (75)$$

Наивыгоднейшая масса та, у которой  $\xi$  наименьшее.



Вычисленные по этой формуле величины приведены в той же табл. XI, причем отдельные наполнители расположены в порядке возрастания  $\xi$ .

Таблица XI

Величины	Найденные величины				Вычисленные величины					
	$d_n$	$\rho_n$	$\rho_m$	$C_n^{\Phi}$	$C_n^{\Phi}$	$v_v$	$C_n^T$	$C_m^T$	$\xi$	
Способ определения	в бензоле	углекислой в цилиндре	в бензоле	на плитке	по формуле (71)	по формуле (74)	по формуле (72)	по формуле (73)	по формуле (75)	
Размерность	г/мл	г/мл	г/мл	г смол / г нап.	%	%	г смол / г нап.	%	г/мл	
Наполнители	Мел . . . . .	2,55	1,350	1,682	0,30	23,1	13,8	0,382	27,6	0,388
	Барит . . . . .	4,26	3,140	2,600	0,18	15,3	12,1	0,255	20,3	0,397
	Маршаллит . . . . .	2,58	1,230	1,570	0,36	26,5	17,5	0,470	32,0	0,416
	Глина . . . . .	2,44	0,940	1,457	0,45	31,0	17,8	0,717	41,7	0,452
	Тальк . . . . .	3,52	0,750	1,361	0,50	33,3	33,0	1,151	53,6	0,454
	Шифер . . . . .	2,62	1,054	1,619	0,40	28,5	13,7	0,625	38,4	0,462
	Костяной уголь . . . . .	3,05	0,894	1,417	0,50	33,3	26,0	0,871	46,5	0,472
	Диатомит . . . . .	1,27	0,402	0,955	1,20	54,5	18,5	1,871	65,2	0,521
	Каолин . . . . .	2,53	0,394	1,361	0,70	41,1	17,3	2,36	70,3	0,561
	Сажа . . . . .	1,40	0,179	1,104	2,00	66,6	6,6	5,35	84,3	0,737

Примечание. Смолой во всех случаях был шеллак. Для него принято  $d_n = 1,1$  г/мл.

Из этой таблицы видно, что композиция шеллак + барит может быть приготовлена уже при  $C_m^{\Phi} = 15,3\%$  шеллака, в то время как композиция шеллак + сажа потребовала бы введения смолы в количестве 66,6%.

На практике не готовят граммофонных пластинок ни из одного барита, ни из одной сажи, и содержание смолы составляет обычно 20—35%. Теоретически, для заполнения всех

<sup>219</sup> Цифры этой таблицы не могут считаться строгими уже по той причине, что гранулометрический состав разных порошков не был при опытах одинаковым (работа велась не с фракциями, а со средней пробой материала). Поэтому приведенные цифры более характеризуют практические образцы исследованных материалов (это соответствовало конечной цели работы), но не химическую или кристаллографическую природу самих веществ, представленных этими образцами.

пор потребовалось бы по табличным данным более высокое содержание смол  $C_m^T$  — от 20,3% для барита до 84,3% для сажи.

Из таблицы наглядно видно, что  $C_n^{\Phi}$  сама по себе не характеризует выгоды того или иного наполнителя; так, например, фактическая смолемкость барита меньше, чем мела, но мела меньше, чем у барита; то же наблюдается при сравнении диатомита и каолина.

При более внимательном рассмотрении таблицы можно также заметить отсутствие прямой пропорции между  $C^{\Phi}$  и  $C^T$ ,  $v_v$  и  $\xi$ .

Что касается содержания воздуха в массе, то цифры получились неожиданно очень высокими — минимальное значение в 6,6% от объема массы (для сажи) и до 33% от объема массы (для талька) <sup>219a</sup>.

Любопытно отметить, что ряд, в котором расположились наполнители по возрастанию  $\xi$ , очень близок к ряду возрастающей активности наполнителей. Таким образом, обнаруживается противоречие между выгодностью наполнителя и его активностью; на практике поэтому нередко прибегают к компромиссам, применяя смеси наполнителей. К сожалению, смеси наполнителей под приведенным углом зрения еще исследованию не подвергались и потому затруднительно судить о том, в какой мере здесь имеет место аддитивность свойств.

Представляет исключительный интерес исследование под этим углом зрения как смесей наполнителей, так и смесей смол.

Исследования, произведенные по подобной методике изучения смолемкости, как и практический опыт, учат тому, что с повышением степени измельчения коэффициент выгоды порошков падает. Это впрочем можно было предвидеть, так как уже одна близость ряда выгоды к обращенному ряду активности свидетельствует о том, что чем выше развита поверхность порошка, тем он невыгоднее.

Мы уже знаем, однако, что вопрос тонкости помола порошка в производстве граммофонных пластинок определяется

<sup>219a</sup> Наличие воздуха в массе не должно удивлять. Достаточно присмотреться уже к массе, идущей на вальцевание. Порошкообразная тонкодисперсная смесь, будучи выслана в ящик, поразительно напоминает жидкость: она плещется при сотрясении ящика, обнаруживая высокую подвижность. Эта подвижность объясняется тем, что частицы окутаны адсорбированным ими газом, благодаря которому легко скользят друг по другу (ср. Джиббс В. Е., Ивль и ее опасность в промышленности, 1930, стр. 28). Часть этих газов остается и после вальцевания. Это замечание, быть может, следует поставить в связь и с браком „пузырь“, о котором будет говориться в § 152.

прежде всего требованиями акустическими, о которых говорилось в гл. VI, затем требованиями механической прочности и лишь в третью очередь требованиями экономическими.

### 115. Скважность

Рассматривая приведенные в § 113 формулы для теоретической смолемкости, нельзя не обратить внимания на большое значение кажущейся плотности (иначе, *насыпного веса* или *веса после утряски*).

Для того чтобы связь между истинной и кажущейся плотностью стала более наглядной, введем понятие коэффициента заполнения, характеризующего заполненность пространства наполнителем, как отношение истинной плотности к кажущейся.

Произведем для простейшего случая подсчет этого коэффициента заполнения.

Примем форму частиц шаровидной и предположим, что все частицы имеют одинаковый диаметр  $d$ . В кубе с ребром  $A$ , достаточно большим сравнительно с этим диаметром, поместится некоторое число  $N$  таких шаров. Как будет влиять на это число  $N$  способ укладки шаров?

Очевидно, что если расстояния между центрами смежных шаров в трех взаимно перпендикулярных направлениях выразить через  $a$ ,  $b$  и  $h$ , то вдоль каждого ребра куба поместится  $\frac{A}{a}$ ,  $\frac{A}{b}$  и  $\frac{A}{h}$  шаров и, следовательно, общее количество шаров будет равно

$$N = \frac{A}{a} \cdot \frac{A}{b} \cdot \frac{A}{h} = \frac{A^3}{abh}$$

Объем всех этих шаров равен, очевидно,  $V_{ш} = N \cdot \frac{\pi d^3}{6}$ , т. е.

$\frac{A^3 \pi d^3}{6abh}$ , объем всего куба равен  $V_{к} = A^3$  и таким образом коэффициент его заполнения равен

$$z = \frac{V_{ш}}{V_{к}} = \frac{A^3 \pi d^3}{6abh A^3} = \frac{\pi d^3}{6abh}$$

Для того чтобы получить численные значения  $z$ , выясним значения  $a$ ,  $b$  и  $h$  при разных способах укладки. На рис. 152 представлены четыре возможные способа укладки шаров. Из геометрических соображений легко найдем расстояния между центрами для каждого случая (см. верхнюю таблицу на стр. 381).

Теперь, пользуясь введенной только что формулой для  $z$ , нетрудно вычислить коэффициент заполнения (см. нижнюю таблицу на стр. 381).

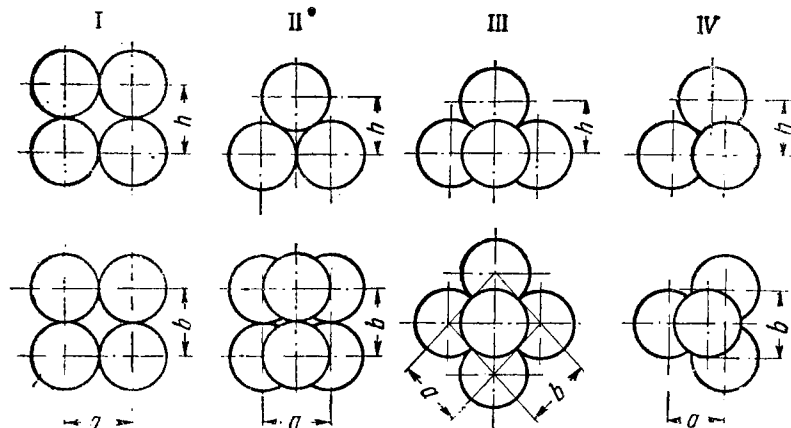


Рис. 152.

Способ укладки	I	II	III	IV
$a =$	$d$	$d$	$d$	$\sqrt{d^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = d \frac{\sqrt{3}}{2}$
$b =$	$d$	$d$	$d$	$d$
$h =$	$d$	$\sqrt{d^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = d \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\sqrt{d^2 - \left(\frac{d\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{d}{\sqrt{2}}$	$\sqrt{d^2 - \left(\frac{d}{2 \sin 60^\circ}\right)^2} = \sqrt{d^2 - \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} = d \frac{\sqrt{6}}{3}$

Способ укладки	I	II	III	IV
$z =$	$\frac{\pi d^3}{6d \cdot d \cdot d} = \frac{\pi}{6} \approx 0,524$	$\frac{\pi d^3}{6d \cdot d \cdot d \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} \approx 0,605$	$\frac{\pi d^3 \sqrt{2}}{6d \cdot d \cdot d} = \frac{\pi \sqrt{2}}{6} \approx 0,741$	$\frac{\pi d^3}{6} \cdot \frac{2}{d \frac{\sqrt{3}}{2}} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{3}{d \frac{\sqrt{6}}{3}} = \frac{\pi \sqrt{2}}{6} \approx 0,741$

Таким образом случай I отвечает наименее плотной укладке, случаи III и IV — наиболее плотной (и притом одинаково плотной) укладке.

Из полученных цифр видно, что для случая I объем после утряски будет, примерно, в два раза больше истинного.

На основании вычисленных коэффициентов заполнения можно подсчитать отношение объема наполнителя к объему связующего при наиболее благоприятных условиях полного заполнения всех пор; оно составит  $\frac{z}{1-z} \cdot 100$ , что дает

в I случае

$$\frac{0,524}{1-0,524} \cdot 100 = 110\%$$

в III и IV случаях

$$\frac{0,741}{1-0,741} \cdot 100 = 287\%$$

Эти цифры намного превышают приведенные в § 112 практические данные, главным образом за счет недостаточного смачивания и плохого диспергирования (наличие агломерации).

Обратим также внимание на то обстоятельство, что в выражение коэффициента заполнения для всех случаев укладки шаров не входит величина  $d$ , т. е. что *пористость при шаровидных частицах не зависит от размеров*, а лишь от способа укладки.

В практике, впрочем, не имеют дела ни с идеально шаровидными частицами, ни с частицами одинаковых размеров. Благодаря этому отношение истинной плотности к кажущейся характеризует степень совершенства уплотнения и неправильность формы частиц. Отношение это обычно лежит в пределах от двух- до десятикратного, соответственно с чем насыпной вес составляет 0,6—0,1 от истинной плотности.

Дополнительная до единицы к коэффициенту заполнения величина называется коэффициентом скважности. Таким образом

$$\text{коэффициент скважности} = \frac{\text{сумма объемов всех полостей тела}}{\text{общий объем тела вместе с полостями}}$$

Иногда приводится другая величина, коэффициент приведенной скважности:

$$\text{коэф. привед. скважности} = \frac{\text{сумма объемов всех полостей тела}}{\text{объем твердой массы тела}}$$

Для примера укажем<sup>220</sup>, что скважность монолитов гранита и мрамора доходит до 2%, а скважность металлов — до 0,2%. Песок имеет скважность 35—40%, что близко к величине

<sup>220</sup> Скважность, ТЭ, 21; 73—113.

нам рассмотренного выше случая средней плотности укладки шаров.

Кажущаяся плотность возрастает по мере перехода от более грубых к более тонким фракциям одного и того же тела<sup>221</sup>, — согласно сказанному выше это свидетельствует о нешаровидности частиц. Однако в практических условиях не имеют дела с частицами очень узкой фракции, — размеры отдельных частиц разнятся между собою.

Не следует думать, что кажущаяся плотность при смеси частиц двух разных размеров будет равна среднему пропорциональному из кажущихся плотностей частиц каждого размера в отдельности. Арифметические закономерности нарушаются тем, что мелкие частицы располагаются в местах пор между крупными частицами, и таким образом коэффициент заполнения возрастает (своего рода контракция).

Это явление наглядно иллюстрируется на рис. 153, где<sup>222</sup> по ординатам отложены значения кажущейся плотности, а по абсциссам — процентное содержание в смеси фракций A и B.

В качестве материала взят кварцевый песок, а фракции представляют: A — частицы песка мельче 60  $\mu$ , B — частицы песка размерами 300—385  $\mu$  (природный песок имеет более крупные частицы; для этого опыта песок подвергался специальному размолу на шаровой мельнице).

Из рисунка видно, что фракция B сама по себе имеет кажущуюся плотность 1,69 г/мл, но если к ней прибавить 30% фракции A, имеющей в отдельности еще более низкую плотность, — 1,428 г/мл, то кажущаяся плотность смеси не только не понижается против значения чистой фракции B, а, напротив, возрастает до 1,902 г/мл.

Представление о том, как изменяется скважность при изменении относительного содержания в массе отдельных фракций,

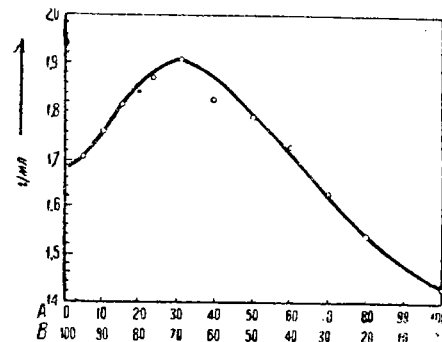


Рис. 153.

<sup>221</sup> См., например, табл. I в работе Масленников В. В., Новые минеральные наполнители для граммпластинок, МС 1935, 10; 1:29—37.

<sup>222</sup> Рисунок построен на основе данных табл. II цитированной в предыдущей сноске статьи, но с исключением точки при 40% фракции A, значение кажущейся плотности которой (1,836) нарушает плавность хода кривой, что, повидимому, является погрешностью опыта.

дает рис. 154, на котором в координатах Джиббса приведены линии одинакового содержания пустот при различных соотношениях трех фракций песка. Из этих фракций одна проходит через сито с 10—30 отверстиями на дюйм, другая через сито с 40—50 отверстиями на дюйм и третья через сито с 80—100 отверстиями на дюйм<sup>223</sup>.

Из рисунка видно, что при 60% первой фракции, 10% второй и 30% третьей скважность равна 39%, но эту же вели-

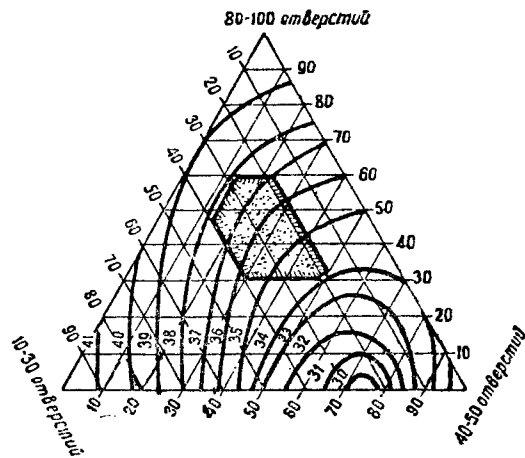


Рис. 154.

чину она может иметь при 35% первой фракции, 1% второй и 64% третьей и т. д. Картина изменения скважности таким образом более сложна, чем то кажется на первый взгляд.

### 116. Гранулометрический состав

Из всего вышесказанного вытекает немаловажное значение распределения зерен наполнителей по размерам (или, как говорят, гранулометрического состава).

Определение размеров частиц наиболее просто осуществимо с помощью так называемого ситового анализа, сущность которого состоит в последовательном просеивании порошка через набор все более и более густых сит. С самыми ситами мы познакомимся ниже (§ 136), а сейчас покажем, как по ситовому анализу судят о гранулометрическом составе порошка.

<sup>223</sup> О значении выделенной внутри зоны будет сказано в следующем параграфе.

Пусть для примера через сита с отверстиями  $I$  не прошли при последовательном просеве следующие остатки  $R$

$I$	200	150	120	100	88	75	60	$\mu$
$R$	5	10	17	23	28	36	46	%

Выраженные таким образом данные носят название анализа по остаткам. Эти данные нетрудно перевести в величины, характеризующие отдельные фракции, т. е. в так называемый анализ по фракциям, так как ясно, что если, например, на сите с отверстием 120  $\mu$  осталось уже 17%, то, следовательно, частиц размерами 100 ÷ 120  $\mu$  имеется<sup>224</sup> 23 — 17 = 6%. Прибавив к приведенным выше данным логическую точку «при  $I=0$   $\mu$  остаток  $R=100\%$ », легко переведем приведенный выше анализ по остаткам в анализ по фракциям:

Фракция							
$200 \mu$	$150 \div 200 \mu$	$120 \div 150 \mu$	$100 \div 120 \mu$	$88 \div 100 \mu$	$75 \div 88 \mu$	$60 \div 75 \mu$	$0 \div 60 \mu$
% частиц данной фракции							
5	5	7	6	5	8	10	54

Кривая, построенная на основе анализа по остаткам, называется ситовой характеристикой. Уже внешний вид этой кривой дает представление о зерновом составе материала. Так, например, кривая 1 на рис. 155, в которой по ординатам отложены остатки, а по абсциссам размер отверстия, характеризует наличие частиц разных размеров, но без преобладания какого-либо значения, т. е. с равномерными фракциями; напротив, кривая 2 обнаруживает относительно большое количество более мелких частиц.

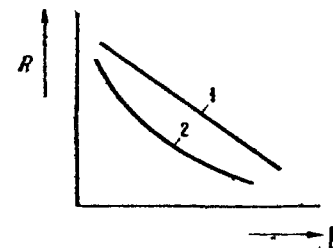


Рис. 155.

На рис. 156 построена ситовая характеристика на основе данных приведенного выше примера<sup>225</sup>. Часть 0 ÷ 60  $\mu$  оказа-

<sup>224</sup> Подобную фракцию характеризуют иногда иначе. Например в нашем случае, когда фракция состоит из частиц в 100 ÷ 120  $\mu$ , ее обозначают — 50 + 60. Мы увидим при знакомстве с ситами, что по германской классификации сит отверстие в 100  $\mu$  присуще ситу № 60, а отверстие в 120  $\mu$  — ситу № 50. Часть, прошедшая через сито, характеризуется знаком минус, оставшаяся — знаком плюс. Поэтому — 50 + 60 как раз и означает ту часть фракции, прошедшей через сито № 50, которая была затем задержана ситом № 60 (т. е. фракцию из частиц в 100 ÷ 120  $\mu$ ).

<sup>225</sup> На верхней шкале  $N_r$  показаны номера сит по германской классификации, соответствующие указанным отверстиям.

лась неохарактеризованной ситовым анализом (сито с отверстием  $60 \mu$  — самое тонкое по германскому сортаменту). Эту наиболее тонкую часть порошка обычно характеризуют другими приемами (отвеиванием, отмучиванием). Всю кривую в целом правильнее поэтому называть не ситовой, а по мольной характеристике.

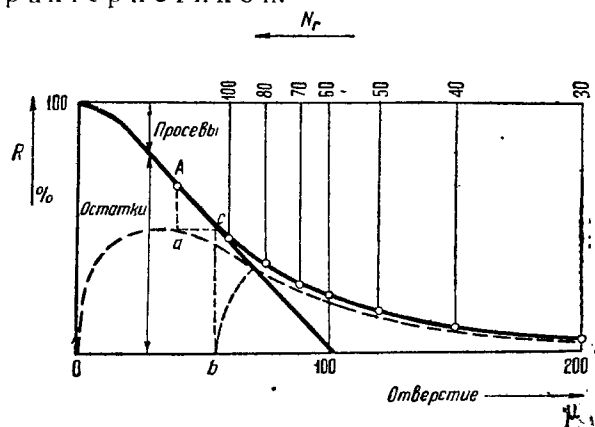


Рис. 156.

По мнению Rosin-Rammner<sup>226</sup>, помольные характеристики близки к кривым вероятности. Это позволяет подсчитать остаток  $R$  на неизвестном сите с отверстием в  $l$  микрон по формуле:

$$R = 100e^{-bl^n}.$$

В этой формуле  $e$  — основание натуральных логарифмов, а  $b$  и  $n$  — константы, находимые проще всего подстановкой в формулу значений для двух точек кривой.

На основе помольной характеристики может быть построена кривая распределения частиц по размерам. Графическое построение этой кривой не представит затруднений, если учесть, что тангенс угла между касательной в какой-либо точке к помольной характеристике и осью абсцисс определяет долю в общей смеси частиц соответствующего этой точке размера.

На рис. 156 нанесена пунктиром кривая распределения для рассмотренного примера. Способ построения этой кривой поясним на примере одной точки, например  $40 \mu$  (ей отвечает точка  $A$  на помольной характеристике).

В точке  $A$  проводим касательную и из пересечения ее с осью абсцисс засекаем произвольным углом дугу. Из точки

<sup>226</sup> Цит. по Ромадин В. П., Пылеприготовление и пылесожигание, М.-Л. 1936.

встречи этой дуги с осью абсцисс проводим вертикаль до пересечения с той же касательной в точке  $C$ . Теперь остается найти пересечение горизонтали, проходящей через точку  $C$ , с вертикалью, проходящей через точку  $A$ ; пересечение этих прямых даст нам точку  $a$ , лежащую на кривой распределения. Далее построение продолжается совершенно подобным образом для других точек, причем принятый в первом случае произвольным радиус дуги в дальнейшем сохраняется неизменным<sup>227</sup>.

Рассмотрение кривой распределения в приведенном примере позволяет прийти к выводу, что при 46% остатка на сите с отверстием в  $60 \mu$  максимум частиц оказывается лежащим вблизи размера в  $30 \mu$ . Таким образом доля мелких частиц значительно более велика, чем то может показаться.

Здесь же сразу заметим, что в производстве грампластинок обычно применяют порошки наполнителей, проходящие в значительной части через сита с отверстием  $75 \mu$ ,  $60 \mu$  и даже  $42 \mu$ , другими словами, с частицами, большинство которых лежит, как правило, ниже  $40 \mu$ , обычно спускаясь намного вниз от этой величины<sup>228</sup>.

Считают, что укрепляющее действие тем более сильно, чем мельче частицы, и что частицы  $< 1 \mu$  отвечают наиболее активным наполнителям. Впрочем, можно считать, что это правило не беспредельно. Частицы с размерами порядка  $1 \mu$  неспособны более производить укрепляющее действие. Таким образом, оптимальные размеры частиц активных наполнителей лежат в той области, которую занимают тела, известные как коллоиды.

<sup>227</sup> Избранный радиус дуги будет влиять лишь на масштаб оси ординат кривой распределения. Этот масштаб зависит, конечно, и от того, к какому интервалу его относить; обычно дают проценты, относящиеся к интервалу размеров, равному одному микрону. Рассмотрев построение кривой распределения частиц по размерам, полезно указать на сходство характера этой кривой с кривой распределения, представленной на рис. 28, что поясняет масштаб ординат последней кривой.

Площадь между осью абсцисс и кривой распределения всегда равна  $100\%$ . Поскольку участок оси абсцисс захватывает у нас  $200 \mu$ , а первичный участок принят равным микрону, совершенно очевидно, что  $1/2\%$  на шкале ординат дает ту линию, которая ограничивает равновеликую площадь. Поэтому, планиметрируя площадь между кривой распределения и осью абсцисс, легко вычислим модуль оси ординат (например определив эту площадь равной  $1500 \text{ мм}^2$ , когда весь участок оси абсцисс равен  $100 \text{ мм}$ , найдем, что  $1/2\%$  шкалы ординат соответствует  $1500 : 100 = 15 \text{ мм}$ ). Интересующихся аналитическим расчетом отсылаем к уже цитированной книге Ромадина (см. предыд. сноску).

<sup>228</sup> Чтобы дать представление об исключительной тонкости этих порошков, заметим для сравнения, что поры плотной бумаги, применяемой для фильтрования в количественном анализе, имеют размеры порядка нескольких микрон, а поры стеклянных фильтров  $5 \div 100 \mu$ . Средний размер частиц атмосферного тумана лежит в интервале  $14 \div 35 \mu$ . Примеры кривых распределения для двух порошков, применяемых в производстве грампластинок, см. Зав. Лаб. 1938, 7:970.

Отметим, что мастера-практики часто судят о тонкости и однородности порошка, беря его на язык <sup>229</sup>.

Есть и другой практический прием для суждения о порошке примитивными средствами; таким признаком является так называемый угол естественного откоса, т. е. угол между горизонтальной плоскостью и образующей конуса кучки спокойно насыпанного порошка (угол  $\alpha$  на рис. 157). Для одного и того же материала при прочих неизменных условиях этот угол вполне определяется тонкостью порошка — он тем больше, чем тоньше порошок. При этом внимательное рассматривание кучки позволит судить и о равномерности

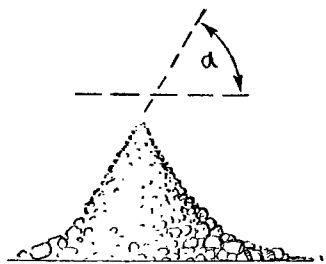


Рис. 157.

размеров частиц, так как более крупные частицы окажутся на наружной части кучки и притом в нижних ее частях. Происходит это по той причине, что меньшая частица удержится на наклонном крае кучки, а большая окажется неуравновешенной и скатится <sup>230</sup>.

Заметим к слову, что и при встряхивании порошка на горизонтальной поверхности через некоторое время можно заметить, что

более крупные частицы выбрались на поверхность или, правильнее говоря, мелкие частицы ушли в нижние слои, легко пробравшись через зазоры более крупных частиц, — это обстоятельство является, конечно, благоприятным в процессах просеивания.

Выше уже было показано, какое большое значение имеет удельная поверхность частиц наполнителя с точки зрения свойств получающейся массы. Эта поверхность может быть рассчитана на основе данных ситовых остатков <sup>231</sup>.

Назовем для интересующих нас материалов несколько цифр, подсчитанных иным путем <sup>211</sup>.

Сернистый барий . . .	0,219 м <sup>2</sup> /г	Сажа ГЭТ . . . . .	3,6 м <sup>2</sup> /г
Мел дезинтегрированный	0,306 "	" Микронекс . . . . .	8,6 "
Каолин турбовский . . .	0,211 "	" Майкопская . . . . .	0,6 "
Тальк . . . . .	0,088 "		

На рис. 158 представлена кривая распределения частиц по размерам для случая барита <sup>211</sup>. Здесь под  $f_m$  приведена кри-

<sup>229</sup> Порошки высокой тонкости дают при пробе на язык пасту, в которой зернистость, в отличие от грубых порошков, не ощущается.

<sup>230</sup> Саймон Э. Л., Физические основы мукомольного производства, 1932, стр. 17.

<sup>231</sup> Подобный расчет для угля по Rosin см. в той же книге Ромадина (сноска 226), стр. 101—3.

вая, построенная как функция распределения по массе,  $f_s$  — как функция распределения по поверхности и  $f_n$  — как функция распределения по числу частиц. Ординаты представляют проценты, абсциссы — диаметры частиц. Кривые построены путем счета числа частиц, соответствующих тому или иному интервалу диаметров <sup>232</sup>. Подсчет производился в поле микро-

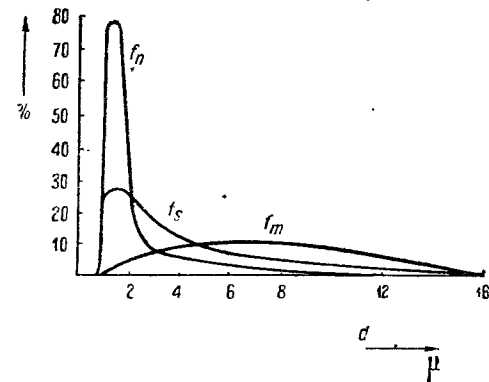


Рис. 158.

скопа, снабженного окулярным микрометром. Пересчет на распределение по массе и по поверхности производился в предположении, что частицы имеют шаровидную форму. Из рисунка наглядно видно, что кривая распределения по числу частиц имеет значительно более резкую область максимума, чем кривая распределения по поверхности и, особенно, чем кривая распределения по массе, причем и самые максимумы в этих случаях необязательно совпадают. Вывод этот, впрочем, не может быть распространен на все вещества.

Не следует думать, что какой-либо один определенный размер частиц отвечает наибольшей прочности массы. Скорее благоприятным является определенное соотношение частиц разного размера <sup>233</sup>.

<sup>232</sup> Число частиц в 1 г тонкого порошка огромно. Об этом легко получить представление из следующего расчета. Куб стороной 1 см, будучи измельчен на меньшие кубы с размером стороны в 10 м, дает 10<sup>6</sup> частиц общей поверхностью 0,6 м<sup>2</sup>, а с размером сторон в 1 м дает 10<sup>12</sup> частиц общей поверхностью 6 м<sup>2</sup>. При удельном весе измельченного вещества  $\alpha_{ист} > 1$  величина поверхности 1 г будет соответственно в  $\alpha_{ист}$  раз меньше. Практически поверхность 1 г наполнителя граммофонной пластинки величина в среднем порядка 0,2 м<sup>2</sup>. Поэтому можно считать, что число частиц в 1 г измельченного наполнителя близко к 10<sup>6</sup>. Каждая такая частица все еще состоит из доброго миллиарда молекул.

<sup>233</sup> Высказываются, впрочем, и противоположные взгляды. Так, например, Брайсон (I. с., гл. VII) указывает, что желательна как раз одинаковость всех частиц. Происхождение этого мнения станет более понятным, если мы учтем, что акустические соображения заставляют требовать применения наиболее мелких наполнителей, а чем частицы мельче, тем более они на практике приближаются к однородности размеров (ср. Wagner H., Die Körperfarben. Stg. 1928, стр. 73). И действительно, многим тонким порошкам наполнителей для граммофонных пластинок присуща большая однородность размеров частиц. Часто фракция 1—10 м

Например в практике приготовления бетона установлено<sup>234</sup>, что желательный состав песка выражается кривыми, лежащими в пределах участка, показанного заштрихованным на рис. 159. Это значит, что через сито с отверстиями в 10 мм должно проходить 100% (по весу) всего песка, через сито с отверстиями в 5 мм 85—100%, в 1,2 мм 45—80% и т. д. Другими словами, содержание частиц, больших по диаметру 10 мм, должно быть 0%, больших 5 мм 0—15% и т. д.

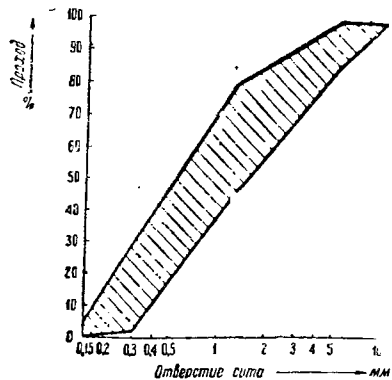


Рис. 159.

На приведенном выше рис. 154 выделена зона наилучших соотношений зерен песка для дорожного асфальта.

Твердых данных о наилучшей форме зерен наполнителя не имеется. О том, что эта форма во всяком случае не безразлична, можно судить по примеру нефрита и жадеита, разновидности которых, имеющие неправильно-волокнистое строение, значительно прочнее на удар, нежели разновидности того

же самого химического состава, но зернистого строения<sup>235</sup>.

Также и рис. 150 показывает, что вещества с анизотропными частицами (каолин) имеют более крутой подъем — скорее достигают максимума, но зато и быстрее спускаются, чем вещества с изотропными частицами (сажа). Происходит это повидимому благодаря более высокому отношению поверхности к объему при анизотропных частицах, вследствие чего одинаковый объем частиц обладает большей поверхностью.

Анизотропные частицы более склонны к агломерации.

### 117. Составление рецепта

Большие работы, проведенные в области бетона<sup>236</sup>, установили не только оптимальный гранулометрический состав, но и

охватывает 90 и более весовых процентов всех частиц. Если можно говорить о том, что какой-либо определенный размер частиц является наиболее подходящим для наполнителей граммафонных пластинок, то, повидимому, этим размером можно считать 2÷5 м. Интересно отметить, что такой размер найден и в других отраслях, ср. Зоммерфельд А., Пластические массы (пер. с нем.), 1935, стр. 20.

<sup>234</sup> Беляев Н. М., Метод подбора состава бетона, Л. 1930.

<sup>235</sup> Doelter, Handbuch der Mineralchemie, 11 (I), стр. 670. Цит. по Таммаи, I. с. стр. 30.

<sup>236</sup> В США (проф. Абрамс), в Германии (проф. Граф), в Бельгии (проф. Дютрон) и др.

зависимость между прочностью бетона и отношением количеств воды и цемента, а также влияние количеств инертных веществ. В результате всех этих работ получилась настолько полная и надежная картина, что стал возможным расчет состава бетона<sup>237</sup>.

К подобному же положению приближается и дорожное строительство, в котором ведутся усиленные работы по установлению способов расчета асфальтового покрытия.

Конечно, перенести выводы техники бетона или дорожного асфальта непосредственно на область граммафонных пластинок невозможно. Даже работы, проводимые в наиболее родственном — резиновом — производстве по изучению влияния состава смесей, не так просто переносятся на область граммафонных пластинок, так как влияние наполнителей на время вулканизации, на старение и т. п. меняет в значительной мере картину.

Поэтому экспериментальный материал нашей отрасли предостит раздобывать самостоятельно, но сопоставление оценок материала с точки зрения рассматриваемой и других отраслей представит безусловный интерес.

За отсутствием подобной разработки вопроса не только в области композиций для граммафонных пластинок, но и в области подделочных пластмасс вообще<sup>238</sup> составление рецепта производится сейчас путем простого подбора, исключая уверенность в том, что при наличных компонентах достигнут действительно наивысший возможный эффект.

В отличие от рационального подбора, требующего огромных исследовательских работ (так, например, упомянутые выше работы по изучению состава бетона потребовали испытания свыше 100 000 образцов и длились несколько лет), простой подбор представляет операцию весьма несложную.

Так, например, если желают испытать новый наполнитель, то, взяв за основу какой-либо хорошо освоенный на предприятии рецепт, выбрасывают из списка компонентов прежний наполнитель, причем совокупность всех остальных компонентов рассматривается как второй, условный компонент, и, беря разные соотношения между этим условным компонентом и новым наполнителем, производят несколько пробных приготовлений композиции в лабораторных условиях.

По результатам испытаний приготовленной массы и пластинок, а обычно уже и по внешнему виду массы, легко выбирают соотношение, соответствующее насыщению смолемкости наполнителя. Коэффициент выгодности

<sup>237</sup> Обстоятельный пример подобного расчета см. Залигер Р., Железобетон, его расчет и проектирование, М.-Л. 1928, стр. 625—38.

<sup>238</sup> См., например, Настюков А. М., Введение в курстехническую химию пластических масс, М.-Л. 1933, стр. 48.

наполнителя, его экономические данные и результаты испытаний могут сразу обнаружить — целесообразно ли его дальнейшее изучение.

Если применение наполнителя оказывается целесообразным, производится еще обычно операция некоторого подправления рецепта, состоящая в незначительном изменении количеств остальных входящих в композицию компонентов. Эта операция производится для приспособления к особенностям данного наполнителя, обнаруженным по снижению того или иного признака испытаний или по возрастанию одного из видов внешнего брака (например пузырчатости массы, сальных пятен на поверхности, недостаточного блеска и т. п.). Это подправление рецепта с наибольшим успехом осуществляется лицами, имеющими практический навык этого рода, состоящий, главным образом, в учете характера поведения того или иного конкретного компонента в этих композициях.

При подправлении рецепта могут быть не только исправлены количественные соотношения компонентов, но некоторые из этих последних могут быть вовсе исключены, а другие вновь введены (главным образом — волокнистые, красящие, специальные). Если испытуемый материал входит в небольшом количестве, то все опробование сводится обычно лишь ко второй части работы — подправлению рецепта.

Не на много осложняется дело и в том случае, когда происходит коренное изменение рецепта, так что прежний принятый за образец рецепт на первый взгляд не подходит: так, бывает, например, когда изменения желательно ввести сразу и в наполнителе и в связующем. В этом случае утрачивается лишь четкая граница между операцией подбора соотношений насыщения смолемкости и операцией подправления рецепта, так как обе они производятся одновременно. Составление нового рецепта способом подобного подбора может быть в хороших условиях осуществлено на протяжении нескольких или даже одного дня.

Именно в легкости этой операции наряду со сравнительной редкостью возникновения потребности в изменении рецепта и кроется объяснение того факта, что граммофонно-пластиночная промышленность не осуществляет столь грандиозных исследований, как упомянутые выше работы по бетону: задача подбора состава бетона возникает на каждой серьезной постройке, в то время как задача изменения рецепта граммофонных пластинок составляет редкую заботу немногочисленных предприятий, изготавливающих граммофонные пластинки.

Несомненно, однако, что задача дальнейшего повышения качества массы упирается в необходимость именно подобных

широко поставленных исследовательских работ, так как лишь они способны вытеснить эмпиризм из этой области и, обогащая нас обобщенными сведениями, могут позволить получить от имеющихся компонентов действительный максимум того, что они способны дать.

## 2. Связующее

### а) Шеллак

Из всех веществ, испытанных в качестве связующего в композициях для граммофонных пластинок, наибольшее значение получил шеллак. Так как производство граммофонных пластинок является в настоящее время главным потребителем мировых ресурсов шеллака, будет целесообразным остановиться на шеллаке подробнее, тем более, что в русской литературе нет монографий о шеллаке<sup>239</sup>.

Шеллак представляет собой смолу, собираемую с некоторых растений, главным образом тропических. Шеллак — вещество животного происхождения. Он является продуктом жизнедеятельности насекомого из отряда хоботных — особого лакового червеца.

Собственно шеллаком называют очищенный продукт; первоначальный продукт носит название штоклак (Stocklack, stick-lac, Gummilack, gum-lac, resina lacca, résine laque, laque en baton и т. д.)<sup>240</sup>.

## 118. Шеллакдающие насекомые

Смолопроизводящих насекомых в прежних классификациях<sup>241</sup> насчитывается очень много видов<sup>242</sup>.

<sup>239</sup> В иностранной литературе монографии о шеллаке имеются; см., например, книгу Parry E. J., Shellac, its production, manufacture, chemistry, analysis, commerce and uses, London 1935. О состоянии литературы на русском языке можно судить, например, по статье „Шеллак“ в 62 томе БСЭ (1933), где приведен ряд неверных данных. По шеллаку имеется также много статей в периодических журналах. Библиография литературы по шеллаку за период 1665—1928 г. (1315 названий) приведена в книге Chatterjee A. C., Bibliography of Lac. Калькутта 1933 г. За последующий период 1928—1933 гг. аннотированная библиография (117 названий) выпущена лондонским исследовательским Бюро по шеллаку в 1935 г. Обзор патентов по шеллаку приведен в книге Aldis R. W., Schellac Patent Index, 1936 г.

<sup>240</sup> Греки называли смолу *ρῆτινῆ*, а римляне произвели отсюда слово *resina*, откуда оно перешло и в европейские языки: *résine* — по-французски, *resin* — по-английски означают смола, а отнюдь не резина. Немецкое *Gummi*, напротив, относится именно к резине. Поэтому странно название *Gummilack* и, напротив, естественно название *resina lacca*. Этот же корень положен в основу классификации смол, данной Чирхом, по которой шеллак отнесен к группе алифаторезин.

<sup>241</sup> С точки зрения эпитомслогической классификации положение их в классе насекомых таково: подкласс *Pterygota*: отдел *Neoptera*, подотдел *Hemiptera*.



Индийский энтомолог Мадигассан<sup>243</sup> в 1923 г. разделил всех таких насекомых на два рода. Один из них он назвал *Lakshadia*, за вторым сохранил старое имя *Tachardia*<sup>244</sup>. В первый род входят настоящие производители лака, во второй — те насекомые, которые выделяют лишь немного смол и притом низкокачественных, так что являются лишь псевдолаковыми насекомыми.

В роде *Lakshadia* Мадигассан описал шесть видов насекомых.

Наибольшее значение имеет вид *Lakshadia indica*, дающий главные количества шеллака. Именно его имели в виду более старые исследователи, описывая его под разными названиями. Штоклак их особенно богат красителем и имеет цвет от лимонного до красновато-желтого.

Второй вид, *Lakshadia nagoliensis*, не играющий столь значительной роли количественно, дает зато качественно наилучший штоклак<sup>245</sup>.

Из остальных видов *Lakshadia indica* дает желтый штоклак, *Lakshadia chinesis* дает темный сорт, а *Lakshadia communis* — наиболее темный из всех.

Последний вид *Lakshadia mysorensis* (назван по провинции Майсор, где он встречается) отличается от других видов этого рода меньшими размерами. Это насекомое дает темный

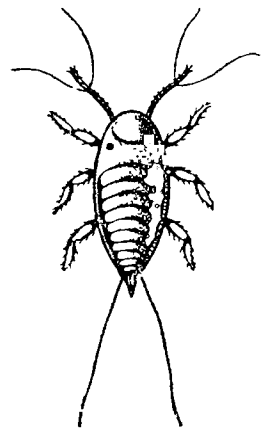


Рис. 160.

metabola; отряд Rhynchota, подотряд Homoptera, серия Coccodea, семейство Coccidae („Энтомология“ под общ. ред. Пospelова).

<sup>242</sup> Например 4 вида у Chamberlin G. E., A systematic monograph of the Tachardiinae or lac insects (coccidae). Bull. of entomolog. Research 1913, 14; 2: 147—212.

<sup>243</sup> Mahdihassan S., Classification of lac insects from a physiological standpoint, Jour. of the Science Assoc., Maharajah's College, Vizianagaram 1923, 1; 2—3: 47—99.

Классификация Мадигассана отнюдь не является общепринятой, см. особенно возражения Chamberlin G. E., Bul. Ent. Res. 1923, 14; 14 и 25, 16; 31. Однако признак классификации, положенный в ее основу, быть может, и не вполне точен в энтомологическом отношении, зато наиболее целесообразен с точки зрения рассматриваемого производства.

<sup>244</sup> Название *Tachardia lacca* дано Керром еще в 1781 г. К *Tachardia* относит к *Lakshadia*. Упомянем и другие применявшиеся названия этих насекомых, а именно *Carteria lacca* (Signoret 1874), *Coccus lacca*, *Laccifer lacca* (Kerr 1782) и *Coccus Ficus* (Fabricius 1787).

<sup>245</sup> Впрочем, идущий преимущественно в лакокрасочную промышленность; для грамофонных пластинок основным источником считается шеллак *hadia indica*, см., например, Sreenivasaja, Electrotechnics 1934.

шеллак в ограниченных количествах, но зато имеет три поколенья в году и соответственно допускает три сбора.

Кроме указанных здесь видов имеются и другие, маловажные с точки зрения интересующего нас вопроса.

На рис. 160 изображен лаковый червец, относящийся к виду *Lakshadia indica*. Насекомое окрашено в ярко красный цвет, длина его 0,6 мм.

Молодое поколение насекомых выходит на свет в определенное время года, а именно — в июле и в декабре, и поселяется на ветках растений — деревьев и кустарников, присасываясь к ним своим длинным хоботком, расположенным снизу между передней парой ног (на рисунке хоботок не виден, так как насекомое изображено сверху).

Самки, присосавшись в каком-либо месте растения, остаются на нем всю свою жизнь; при первой же линьке они утрачивают все органы передвижения. Самцы же остаются на первоначальном своем месте временно до половой зрелости.

После того как самка выберет свое местожительство, она начинает со всей своей поверхности производить выделение, которое совершенно ее окутывает, образуя сплошную скорлупу (скорлупа или оболочка по-английски shell, отсюда<sup>246</sup> название shellac — шеллак<sup>247</sup>). Название этого выделения состоит, очевидно, в создании панцыря, защищающего насекомое от некоторых видов нападающих на него вредителей<sup>248</sup>. Вебер<sup>249</sup> предполагает, что смола, выделяемая насекомым, есть отброс от переработки питания, используемый насекомым как защитный покров. В этом отношении может быть проведено некоторое сравнение с шелковичным червем и пчелой.

Количество сидящих на ветках насекомых столь велико, и они сидят так близко одно от другого, что скорлупы их очень часто сливаются в один общий слой, обволакивающий ветку. На рис. 161 а изображены такие покрытия веток, а на рис. 161 б показана отдельная ветка штоклака. Именно этот слой скорлупы и содержит шеллак.

Окружившись такой броней из твердого, но эластичного материала, насекомые продолжают свой рост под этим покровом.

<sup>246</sup> Любавин, Техническая химия, т. VI, Гуммилак, стр. 92—94.

<sup>247</sup> Теперь пишут Shellac — см., например, Enc. Brit. V. 19, статья Resins.

<sup>248</sup> Десятя таких вредителей приводит Imms A. D. и Chatterjee H. C., On the structure and biology of *Tachardia lacca* Kerr with observation on certain insect predaceous or parasitic upon it. — Indian Forest Memoirs 1915, 3; 1: 1—43. См. также Mahdihassan, Schmetterlingsraupen als Feinde der Lackschildläuse. Natur und Museum 1929, 59; 8: 394—400. Наиболее важными вредителями являются *Eulemma amabilis* и *Holcocera pulvea*, истребляющие иногда до трети урожая.

<sup>249</sup> Weber H., Biologie der Hemipteren, Berlin 1930.

вом. На рис. 162 показана самка, примерно, в возрасте 1—1,5 мес. Она имеет уже длину ок. 1,4—2 мм. На рисунке



Рис. 161a.



Рис. 161b.

видны восковые железы (в виде пучка волосков), из которых в это время начинается и интенсивно происходит также выделение воска (шеллачный воск). Это выделение бывает иногда настолько интенсивно, что ветки кажутся покрытыми восковыми нитками как шерстью.

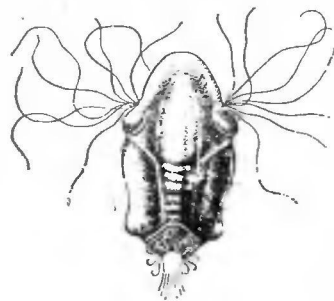


Рис. 162.

Самцы также могут давать выделение, но в меньших количествах и технически малоценного качества.

Самцы (рис. 163) снабжены четырьмя глазами<sup>250</sup>. Зимнее поколение самцов имеет кроме того крылья. Примерно в пятимесячном возрасте самцы и самки созревают в половом отношении.

Оплодотворенная самка разбухает и совершенно утрачивает форму насекомого<sup>251</sup>, напоминая скорее комочек лака

<sup>250</sup> Stebbing E. P., A note on the lac insect (*Tachardia lacca*), its life-history, propagation and collection. — The Indian Forest Memoirs 1910, 2; 3: Реферировано: Stehli G., Was ist Gummilack? — Kosmos 1913, 12: 456—8.

<sup>251</sup> Последовательные стадии этого перехода изображены у Вебера (см. список 249), рис. 201.

(рис. 164), почти целиком заполненный яйцами (каждая самка дает до 1000 яиц). После оплодотворения она еще около двух с половиной месяцев выделяет лак.

Новое созревшее поколение выходит наружу через анальное отверстие; это последний месяц жизни самки. Для того чтобы увидеть самку такой, как она показана была на рис. 162, приходится<sup>252</sup> смыть с нее весь покров последовательной обработкой растворителями.

При хороших условиях 1000 насекомых дают около 15 г шеллака. Таким образом, для создания одной граммофонной пла-

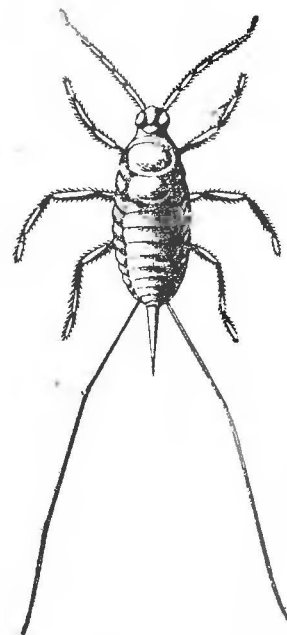


Рис. 163.

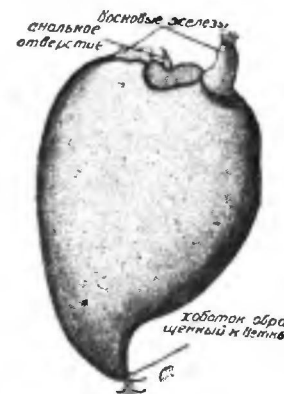


Рис. 164.

стинки работает около четырех тысяч насекомых.

Интересно отметить, что внутри этих насекомых обнаружены дрожжеподобные симбионты<sup>253</sup>, играющие, по видимому, роль в процессе дыхания насекомых, но, быть может, участвующие и в самом образовании шеллака. Во всяком случае, именно эти существа, находящиеся на границе растительных и животных организмов, дают те составляющие, наличие которых в шеллаке служило долгое время аргументом в пользу отнесения самого шеллака к продуктам растительного, а не животного происхождения.

<sup>252</sup> Tschirch A., Handbuch der Pharmakognosie. B. III Spez. Pharmakognosie 2 Abt. Stocklack. 965—81, Leipzig 1925.

<sup>253</sup> См. фото у Tschirch A., Tier und Pflanze in ihren gegenseitigen Beziehungen zueinander. — Mitteil. d. Naturforsch. Ges. in Bern 1923, Heft 3.

## 119. Кормовые растения

Растения, питающие шеллакающих насекомых, оказывают влияние на свойства шеллака. Вероятно происходящие при



Рис. 165.

этом изменения шеллака состоят в отличии агрегации частиц или соотношения отдельных входящих в состав шеллака компонентов, но, может быть, изменяются и сами эти компоненты. Зависимость свойств шеллака от дерева, с которого он снят, также служила в свое время доводом в пользу прежней теории растительного происхождения шеллака, когда полагали, что смола — болезненное выделение растения, вытекающее под влиянием укуса насекомых.

В Индии и сейчас еще тот или иной сорт штоклака различают (и, как увидим ниже, называют) по растениям, с которых он получен. Определенный род насекомых предпочитает и определенные растения, что в некото-

рой мере оправдывает разделение шеллака по признакам растения, с которого он получен. Насчитывается около ста видов деревьев и кустарников, на которых могут жить шеллакающие насекомые. Однако из них лишь ограниченное число видов имеет значение для добычи штоклака.

Главным лаковым деревом, дающим наибольшее количество шеллака, является бутеа<sup>254</sup> (*Butea frondosa*) из сем. бобовых (*Leguminosae*). Это дерево с ветками, покрытыми выделениями, изображено на рис. 165; ветки этого же дерева были показаны и на рис. 161 а. Преимущественно на бутее живет червец *Lakshadia indica*.

<sup>254</sup> Описание его см. Hooker, *Flora of British India*, т. II, стр. 195.

Бутеа, или малабарское лаковое дерево, растет, главным образом, в тропической зоне. В отдельных провинциях Индии бутеа известна под местными названиями, а именно: в Бихаре и Ориссе — парас (*paras*), в центральных провинциях — хеола



Рис. 166.

или дак (*cheola* или *dhak*), в Мадрасе — параса (*parasa*), в Бомбее и Пенджабе — палас (*palas*). Снятый с бутеи штоклак также называется п а л а с.

С ююбы (*Zizyphus jujuba*) из сем. крушинных (*Rhamnaceae*), на которой живет тот же *Lakshadia indica*, также получают хороший лак. Местное название ююбы в Индии — бэр (*ber*), соответственно этому штоклак, получаемый с этого дерева, также носит название бэр.

Особый интерес представляет шлейхера (*Schleichera trijuga* Willd)<sup>255</sup> из сем. сапидовых (*Sapindaceae*), представленная на

<sup>255</sup> Hooker, *ibid.*, т. I, стр. 681.



гих местах<sup>257</sup>, однако продукты их либо не собираются, как не ценные, либо применение их ограничивается пределами месторождения и лишь изредка они поступают в торговлю.

### 121. Получение шеллака

Долгое время получение шеллака держалось в секрете, и лишь около 15 лет тому назад появились обстоятельные описания<sup>258</sup>.

Установлено, что наилучший шеллак получается, когда штоклак собран недели за две до появления на свет нового поколения; в таком случае, однако, это новое поколение погибает. Неосмотрительный сбор привел даже одно время к падению добычи шеллака.

В настоящее время хозяйство ведется более культурно. Некоторые ветки, на которых ожидается скорое выделение нового поколения, притягивают и подвязывают к деревьям, не заселенным насекомым; эта часть насекомых не истребляется, и количество покрытых ими деревьев таким путем увеличивается.

Интересно, что и на отрезанных ветках насекомые сразу не погибают. Пользуясь этим, отрезают куски веток длиной 15—20 см (называемые *brood-lac* или *broolac*) и прикрепляют их к далеко отстоящим деревьям так, чтобы они касались этих деревьев обоими концами ветки. Таким образом переносят новое поколение насекомых на свежее место (на рис. 165 такая ветка находится в месте пересечения стрелок).

Соответственно двум выводкам в году возможны два сбора — весной и осенью.

Штоклак разного времени сбора носит в Индии и разные названия по соответствующим месяцам:

Так, название штоклака байсахи (*baisakhi*) происходит от

иетви	( <i>jethwi</i> )	май-июнь	( <i>Jeth</i> )
катки	( <i>katki</i> )	октябрь-ноябрь	( <i>Katik</i> )
агхани	( <i>aghani</i> )	ноябрь-декабрь	( <i>Aghan</i> )

Заметим, что иетви и агхани это — урожай кузума, а байсахи и катки — всех остальных видов лака. Кузум, как видим, поспекает позже остальных сортов. Второй урожай считается вообще более ценным. Поэтому из перечисленных четырех сортов более всех ценится агхани.

Для сборки штоклака его стряхивают или срезают с веток. Штоклак, ссыпанный с веток вручную, называется котван (*kotwan*); в Индии вообще установилось для этого производства

<sup>257</sup> Fernald M. E., Catalogue of the Coccidae of the world. 1903.

<sup>258</sup> Misra C. S., The cultivation of lac in the plains of India., Agricultural Research Institut, Pusa 1923. Bull. № 28 и № 142. Lindsay H. A. F. и Harlow C. M., Report on lac and Shellac. — Indian Forest Records. Allahabad. 1921, 8; 1: 1—162.

очень много специальных названий). Котван считается наиболее ценным сортом штоклака. Впрочем, возможность стряхивания



Рис. 168.

зависит и от растения: например штоклак с бутен может быть удален вручную, а с юобы его приходится удалять ножами<sup>259</sup>.

При срубании веток (рис. 168) теперь никогда не обрубают все ветви, так как это вредит дереву. Срубленным веткам дают некоторое время полежать на воздухе, чтобы они высохли и чтобы снятие штоклака стало более легким. Однако ветки нельзя оставлять на солнце (так как они слипнутся между собой) или в закрытых сосудах (так как гниение растительных остатков портит качество лака).



Рис. 169.

Штоклак на ветках (торговое название *lassa* (*in gamulis*)) теперь в продаже больше не имеется. Освобожденный от веток и изломанный на куски, он в незначительных количествах (главным образом из Сиама) поступает в продажу

<sup>259</sup> Wolff, Die natürlichen Harze. IV. Stocklack und Schellack, 297—320, Stuttgart 1928.

и даже идет на экспорт, например в Германию, как *lacca in massis*. Однако главное количество штоклака перерабатывается на месте в шеллак. Для этого лак с веток соскабливают серповидными ножами (рис. 169). Впрочем, лак, отделенный вручную, ценится выше. Затем от лака отделяют приставшие посторонние тела, сортируют штоклак и отсеивают его вручную от мелких остатков веток и листьев через небольшие сита. После этого его измельчают на маленьких простых каменных жерновах<sup>260</sup>.

Измельченный продукт, так называемый каха хаори (*kachha chaori*), помещается в атали (*athali*), большие каменные сосуды с насечкой внутри, заливается водой и оставляется на ночь. На утро гасандар (*ghasandag*), рабочий, занимающийся промывкой лака, влезает в атали и, держась за перекладину, топчет лак ногами (рис. 170). За день он успевает промыть 40—60 кг.

При этой операции на поверхность всплывает грязная пена панк (*pank*), состоящая, главным образом, из волосков воска; эту пену обычно выбрасывают. До конца XIX века, когда представлял значительную рыночную ценность экспортировавшийся в Европу краситель лак-дэй (*lac-dye*), содержащийся в штоклаке, извлечение его производилось именно на этой операции миньяо (*minjao*): для этого вместо воды применяли слабый раствор соды и извлекали из него затем краситель. Сейчас, однако, краситель этот совершенно вытеснен синтетическими и потому извлечение его не практикуется. Вместо соды прибавляют облегчающий отмывание красителя кремнекислый натрий или, еще лучше, калиевые квасцы, не оказывающие растворяющего действия на смолу.

Операцию миньяо обычно повторяют три и более раз, пока извлечение не прекратится. Тогда остаток, «зерненный лак» сидлак прополаскивают в корзинке и раскладывают для сушки на цементном полу.

Рисунки, воспроизводящие эти простые операции и ряд упоминаемых ниже, можно видеть в цитированной уже книге Tschirch, *Handbuch der Pharmakognosie*; также в новой прекрасной книге Tschirch A. и Stock E., *Die Harze, II Band, 2. Hälfte, 2 Teil*. стр. 1443—1525 и Parry (см. сноску 269).

Полученный продукт частично поступает в торговлю, где он известен как *Körnerlack*, *Traubenlack*, *Schollenlack*, *lacca in granis*, *grain lac*, *seedlac*; индусы называют его *safa chaori*. Роль сидлака в торговле постепенно все более и более возрастает, несмотря на то, что цена его поддерживается высокой.

Сидлак сортируют (путем просева) по величине на крупный — каори (*kaori*), средний и мелкий — карола (*karola*), порошок и пыль — моламма (*molamma*), а затем по цвету.

После этого идет самая ответственная операция — выплавка шеллака. В процессе этой операции собственно и возникают сорта шеллака.

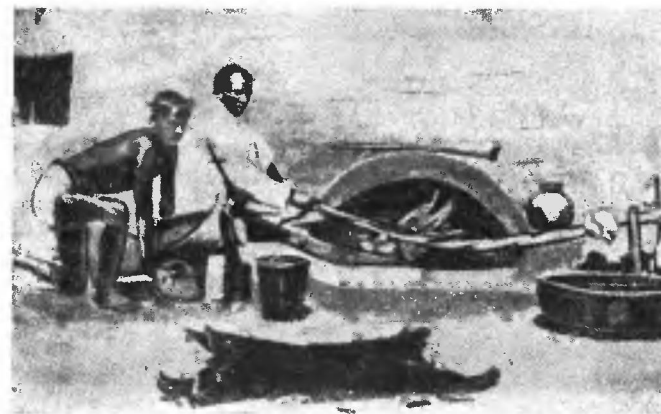


Рис. 171.

О способах смешения разнохарактерного продукта для получения более или менее стабильных рыночных сортов обстоятельных данных в литературе не имеется. Указывают, например, что моламма, как дающий обычно наиболее темный продукт, вводится только в сорт TN.

Перед плавкой вводят также те или иные добавки. Такой, правда, необязательной добавкой является аурипигмент ( $As_2S_3$ ), вводимый для придания худшим сортам цвета, напоминающего лучшие сорта.

Другой существенной добавкой является канифоль, облегчающая выплавление шеллака (снижением температуры плавления). Особенно сильная фальсификация канифолью не производится, так как содержание канифоли обнаруживается анализом. Для старого тугоплавкого лака прибегать к подобной добавке все же приходится. Так, например, канифоль, как правило, вводится в идущие под названием дом (*dom*) сорта, худшие чем TN.

Для главной операции — выплавки (рис. 171) набивают выплавляемым продуктом так называемый тайли (*thaili*) — шланг

из плотной, прочной хлопчатобумажной ткани длиной от 6 до 14 м, обычно 9 м, и диаметром около 5 см. Затем укладывают тайли по земле на деревянных чурбаках возле очага — бхатта (bhatta), имеющего форму, примерно, голландской печи и обогреваемого древесным углем. Один конец тайли укрепляется в своеобразном вороте — чарки (charki), который вертит рабочий — пирвайя (phirwaya), а второй конец тайли держит каригар (karigar) — рабочий, являющийся главным на этой операции.

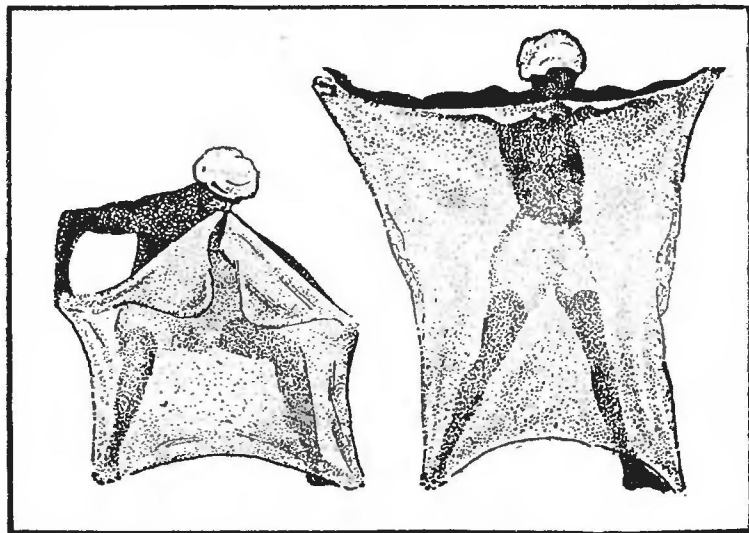


Рис. 172.

При вращении ворота происходит скручивание тайли и нагретый от близости к пламени шеллак плавится и просачивается через ткань, фильтруясь при этом. Каригар снимает выступающий шеллак специальной ложкой — чарна (charna) и бросает его в каменный сосуд, имеющий наполненное теплой водой углубление.

В выкрученном тайли остается часть продукта, именуемая кири (kiri). Этот остаток подвергается новой переработке, в результате которой он вводится в менее ценные сорта, в том числе в ТН и гранатлак. Он продается также на местном рынке вместе с лаком, извлеченным содой из тайли и называемым пассава (passawa); такая смесь носит в Индии название дабугала (dabugala) — она применима для грубых поделок.

Вместо части тайли, из которой выплавился шеллак, каригар подтягивает к себе следующую.

Возле очага стоит третий рабочий этой операции — бхилвайя (bhilwaya). Он вынимает еще тягучий шеллак из воды и пальмовым листком (pera) распределяет его на наклонном фаян-

совом цилиндре (para), полирует его шерстяной тряпочкой, а затем схватывает его сразу зубами и пальцами рук и ног и, не отходя от огня, растягивает его в тонкий лист размером около  $1 \times 1,5$  м (рис. 172). Уже самая возможность растянуть шеллак в такой лист — показатель его пластичности.

Довольно быстро застывающий благодаря большой поверхности охлаждения лист изламывается затем на маленькие кусочки. Лежащий лист виден на рис. 171.

В расправленном листе хорошо заметны недоброкачественные места — их стараются выломать для повторной переработки. При изламывании листа и возникают те характерные листочки, в виде которых шеллак общеизвестен.

Пробовали намазывать шеллак на металлические листы вместо подобного растягивания, однако при этом получалось много отходов; растягивание считается наилучшим методом и наиболее распространенным<sup>261</sup>.

Для лакокрасочной промышленности шеллак обычно подвергается для обесцвечивания отбелке хлорной известью и обработке сернистым газом для предотвращения бурения на свету. Описание этих операций здесь не приведено: беленый шеллак имеет очень высокую влажность (5—30%), что делает его не пригодным для производства грампластинок. Если учесть, что беленый шеллак обнаруживает ухудшенную растворимость и плавкость, — неприемлемость белого шеллака для производства грампластинок станет более чем очевидной.

Для экспорта листочки шеллака зашиваются в мешки или забиваются в деревянные ящики, содержащие обычно нетто 2 maunds, что соответствует 68 кг (1 maund = 75 англ. фунтов = 34 кг).

Описанный здесь процесс состоит, таким образом, из одних лишь ручных операций. Существуют и процессы, более оснащенные техникой, но о них сведения недостаточно обстоятельны.

Процесс механизированного производства (применяемый немногими фирмами, из к-рых наиболее значительные Angelo Bros., Ltd. и J. Gaulston Esq.) мало отличается в принципе от описанного выше ручного. Штоклак дробят, просеивают и подвергают мокрому помолу в шаровой мельнице; при помолу удаляется воднорастворимый краситель. Жидкостью, в которой производят помол, служит<sup>261a</sup> ~ 2%-ный раствор калиевых квасцов, возможно с добавкой эмульгаторов [например триэтаноламина  $N(CH_2CH_2OH)_3$  или скипидарно-водной эмульсии олеиновой кислоты]. Удалив раствор из шаровой

<sup>261</sup> Tschirch и Stock (см. предыд. сноску), стр. 1456 и рис. 452.

<sup>261a</sup> Thakur A. K., A technical Process for Washing Refining Sticlac. 1937 г. Bull. N 27. Ind. Lac. Res. Inst.

мельницы, продолжают молоть в ней до тонкости помола 20 меш, а затем переносят измельченный материал в центрофугу и отмывают там от последних остатков помольной жидкости. После этого вводят слегка подкисленный 30%-ный соляной раствор: земля и другие тяжелые загрязнения оседают в нем, а смола всплывает и таким образом происходит окончательная очистка. Далее следует выплавка паром. Затем шеллак намазывается на цинковые цилиндры, в которых протекает теплая вода, постепенно заменяемая холодной.

Теми же фирмами практикуется также принципиально отличный процесс очистки растворением. Для этого промытый сидлак нагревается со спиртом в аппарате с мешалкой. Спирт применяется этиловый и метиловый. Растворенный лак проходит фильтрацию или просто процеживается через сито, после чего поступает в испаритель, в котором водяным паром отгоняется растворитель, улавливаемый затем в конденсаторе. Этот процесс, называемый обычно спиртовым, используется также специально для обработки остатка — кири.

При надлежащем подборе растворителей этот процесс позволяет приготовить более чистый и потому однородный продукт<sup>261b</sup>. Упомянем, однако, о том, что шеллак, выделенный из спирта, несколько изменяется в своих свойствах. Установлено также безразличное отношение спиртового раствора шеллака к металлам (например железу)<sup>262</sup>.

Насколько можно судить по литературным источникам, наиболее распространен все же из всех процессов — ручной.

## 122. Сорта шеллака

Если стекающий с тайли шеллак не расправляется в листы, он в виде толстых плит поступает в продажу под названием гранат-лак (garnet lac, Granatlack, Rubinlack).

Иногда на капли лака, упавшие с тайли на подставленные металлические листы или пальмовые листья, прежде чем эти капли успевают остыть, ставят фабричное клеймо — образовавшиеся лепешки образуют особый сорт, в продаже кнопфлак (button lac, Knopflack).

<sup>261b</sup> Процесс описывается следующим образом: сидлак растворяют в 95% спирте не на холоду, а при 50—60°, благодаря чему в получаемом шеллаке остается около 4,5% воска. Раствор пропускают через фильтр-пресс и подвергают ректификации. Когда ректификационная колонка вернет ~65% спирта, добавляют воду, чтобы избежать дегидратации шеллака, ведущей к уменьшению растворимости. В дистилляторе остается вязкая смесь шеллака с горячей водой, которую выпускают в лотки и по остывании дробят, а затем сушат при температуре не выше 50°. Полученный продукт в США называется Shellac pure I TN или Angelo TN. См. Харрис К. П., Промышленный метод обработки шеллака. Ам. Техника и Пром. 1939, 16; 3: 145—8.

<sup>262</sup> См. Гарднер Г., Физ.-хим. исследования лаков и красок, 1931, стр. 332.

В торговле шеллак ценится прежде всего по цвету: чем шеллак светлее, тем он дороже. При этом, если речь не идет о применении шеллака для светлых лаков, исходят, очевидно, из предположения, что более темные сорта, содержащие больше красителя, хуже отмыты и могут потому содержать и другие примеси.

Самым светлым сортом является лимонный шеллак (Lemonschellack), затем различают сорта HG (high grade of orange), MG (medium grade of orange, содержит обычно аурипигмент) и наиболее дешевый — оранжевый шеллак.

Относительно стабильным сортом оранжевого шеллака считается TN. Несмотря на то что обозначение TN широко распространено, смысл его неизвестен. В Америке расшифровывают эти буквы как truly native (настоящий, природный), в Англии склонны видеть в этих буквах сокращенное обозначение поставщиков (Taluram Naturam, Belapur и Triloki Nath, Bengali).

Хотя сорт TN и считается стабильным, однако свойства его точно не фиксированы и меняются из года в год, смотря по качеству собранного шеллака<sup>263</sup>.

В германской торговле сорт \* \* \* характеризуется как несодержащий канифоли, сорт \*\* WF как не содержащий воска (WF-Wachsfrei), сорт \* \* \* WF как не содержащий ни канифоли, ни воска.

Крутиная фирма по поставке шеллака Анджело разделяет шеллак<sup>264</sup> на 23 сорта, указывая, что она применяет два горячих процесса получения шеллака и три экстракционных процесса. Для производства грампластинки фирма рекомендует одновременное применение сорта Gamma, получаемого горячим процессом, и сорта C. Pure, или C. 5, получаемого экстракционным процессом. Сорт Gamma составляет обычно 70% в смеси шеллаков рецепта грампластинки; он отличается равномерным распределением воска в шеллаке (воск этот играет по отношению к шеллаку пластифицирующую роль). В упомянутых сортах содержание нерастворимых веществ не превышает 0,4%. (Под нерастворимыми разумеется остаток, не растворяющийся в кипящем 95%-ном этиловом спирте). Нерастворимыми являются частицы земли и песка; поэтому понятно, что наличие в приобретаемом шеллаке таких частиц не только невыгодно экономически, но и нежелательно с точки зрения присутствия крупных частиц в масле. Нерастворимым кроме того полимеризовавшийся шеллак. Остальные данные состава этих сортов таковы:

Сорт	Содержание канифоли	Иодное число	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Воск
Gamma C. Pure	3% следы	23 18	0,20 0	~ 4,5% в среднем 2,5%

<sup>263</sup> Heddicke H., статья Schellack в книге Paх F. и Arndt W., Die Rohstoffe des Tierreichs. T. I, стр. 32—46.

<sup>264</sup> Брошюра фирмы Angelo Bros. Ltd. „Angelo Shellacs“, 1934, и „Shellac“, 1937.



Сорт С.5 отличается от сорта С. Pure содержанием 5% канифоли, вследствие чего иодное число его повышено до 26; в остальном его показатели те же.

Текучесть и теплосохранность сорта Gamma выше, чем С. Pure и С. 5, цвет его светлее, зато он дороже.

### 123. Экономика шеллака

Для охарактеризования роли шеллакодобычи, как отрасли хозяйства Индии, автор не располагает данными, так как из существующих монографий, известных автору<sup>265</sup>, не удалось что-либо почерпнуть специально о шеллаке. Это само по себе указывает на то, что эта отрасль не имеет в экономике страны крупного значения. Указывают, что в 1923—1924 гг. общая ценность всех экспортированных из Индии камедей и смол составляла 92 млн. рупий; эта цифра весьма незначительна по сравнению хотя бы с ценностью экспортированного за тот же год чая — 316 млн. рупий, риса и других злаков — 509 млн. рупий, джута —

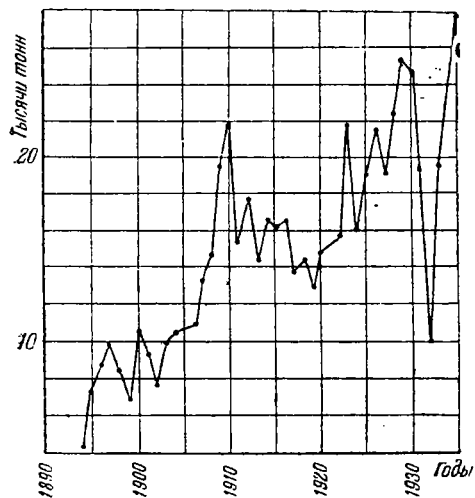


Рис. 173.

623 млн. рупий или хлопка — 996 млн. рупий. (Рупия равна 0,075 фунта стерлингов.)

О количественной стороне добычи шеллака можно судить по рис. 173, на котором приведен график отгрузки шеллака по годам из Калькутты. Год, указанный по абсциссе, — торговый, он начинается 1 ноября предыдущего календарного года и кончается 31 октября указанного года.

Этот график можно без существенной ошибки считать критерием мировой добычи шеллака, так как Калькутта является для шеллака главной экспортной гаванью<sup>265а</sup>.

Рассматривая график рис. 173, нельзя не обратить внима-

ние на то, что если исключить годовые колебания, выявится *общая тенденция возрастания добычи шеллака*, притом очень значительная. Так, средняя добыча 1920—1930 гг. превышает добычу 1895—1905 гг. больше чем вдвое. Добыча 1875—1885 гг. была, примерно, вдвое меньше добычи 1895—1905 гг. В 1936 г. добыча снова поднялась, достигнув небывалой ранее цифры в 35 тыс. т.

Из рис. 173 видно все же, что урожай из года в год подвержен значительным колебаниям. Интересно отметить, что бывают случаи высокой смертности насекомых, напоминающие эпидемическое заболевание.

Соответственно очень изменчивому от года к году урожаю подвержены сильным колебаниям также и цены на шеллак. На колебания цен имеют, однако, значительное влияние и биржевые факторы — прежде всего запасы шеллака на рынке. На рис. 174 приведены<sup>266</sup> колебания цен на шеллак по годам (тонкая линия) и рядом — запасы шеллака на лондонских складах (жирная линия). Легко видеть, что периоды значительных застав соответствуют низким ценам.

Нужно заметить, что в стоимости шеллака заметной составляющей является фрахт. Несмотря на близость СССР с границами Индии (он отделен от нее лишь узкой полосой терри-

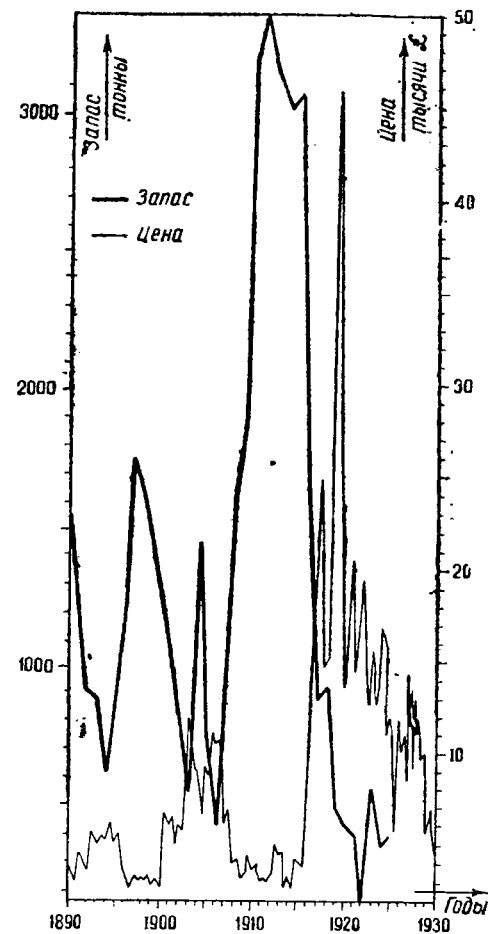


Рис. 174.

<sup>265</sup> Ретбоун Г., Индия, М. 1929. Нарайн Б., Народное хозяйство Индии, М. 1925, стр. 230.

<sup>265а</sup> Главные импортирующие порты — Нью-Йорк, Лондон и Гамбург; через Нью-Йоркский порт поступают наибольшие количества шеллака, так как США являются главным его потребителем. Об экспорте шеллака см. также Барри Т. Н., Natural Varnish resins, Лондон, 1932, стр. 284.

<sup>266</sup> График составлен Е. Stock и приведен в книге Tschirch A. и Stock E., Die Harze, т. I, рис. 130. Вместо масштаба в ящиках приведен, однако, масштаб в тысячах тонн (считая, что ящик содержит 68 кг, как сказано было в § 121) и прибавлены данные за последние годы.

**торин** Афганистана), доставка шеллака производится исключительно водным, более удобным хотя и окружным путем. Хорошие фирмы транспортируют шеллак в пароходах с рефрижераторами, во избежание слипания его в блоки (blocked shellac).

Сравнительную стоимость отдельных сортов шеллака трудно выразить устойчивыми коэффициентами; можно считать, что шеллак лимонный стоит в полтора раза дороже обычного шеллака-оранж.

#### 124. Применения шеллака

Уже в самой Индии круг применения шеллака очень широк. Он используется почти во всех ремеслах. Шеллачная пыль употребляется даже в качестве зубного порошка. Туземцы носят шеллачные украшения — для их выделки готовят шеллачную пластмассу, в которой наполнителем служит молотая обожженная глина. Применяется там шеллак и как лечебное средство (он обладает не очень сильными потогонными и мочегонными свойствами).

В Европе и Америке шеллак также находит сравнительно разнообразное применение.

Основные количества его, 40—60%, потребляются производством грампластинок.

Около 15—20% используется в электротехнической промышленности благодаря высоким изоляционным качествам шеллака, — для пропитки лент, катушек, для изготовления миканита (на основе слюды) и микарты (на основе бумаги).

Около 10—15% потребляется лакокрасочной промышленностью, использующей шеллак, главным образом, для изготовления спиртовых лаков (шеллак был первой смолой, употребленной для этой цели), политуры<sup>267</sup> и так называемых водорастворимых лаков (в которых используется способность шеллака растворяться в слабых щелочах).

До 10% шеллака потребляется в шляпном производстве для аппретуры.

Наконец, остальное незначительное количество шеллака потребляется разными производствами. Так, он идет в аппретуру<sup>268</sup>, на производство сургуча, замазок и цементов (для металлов, фарфора, стекла и пр.<sup>269</sup>), для клеев (например синтетикона), применяется в ювелирном деле, в пиротехнике,

<sup>267</sup> Для политуры применяют 15—25%-ный раствор шеллака в спирте  $d_{15} = 0,83$ , а для лаков 30—45%-ный раствор шеллака в спирте  $d_{15} = 0,81$ .

<sup>268</sup> См., например, Гуревич Е. С. и С. С., Спутник практика, 1930, гл. 32, раздел XIV. „Шеллаковая аппретура“, стр. 1173—5.

<sup>269</sup> См., например, Бродерсен Г. Г., Техно-химическая рецептура, 1927, рецепты 149, 158, 176, 181.

в изготовлении литографских чернил и туши (для придания несмываемости), при изготовлении шлифовальных кругов, в качестве светочувствительного вещества при фотографическом переносе изображения на цинк для изготовления клише и т. д.

Шеллачный воск имеет отдельное применение — для приготовления сапужных кремов и других восковых сплавов.

#### 125. Химия штоклака и шеллака

Штоклак, как это вытекает из § 121, состоит из многих веществ. Составные вещества штоклака могут быть представлены следующей схемой (курсивом в схеме показаны вещества, растворимые в воде).

штоклак					
механические включения			химические составные части		
сахара	соли	белки	красители	эфирь	смола (собственно шеллак)
			лаккаиновая кислота	эритролакцин	воск пахучее вещество

Механические включения штоклака состоят из остатков насекомых, кусочков веток и листьев, пыли (земля, песок) и посторонних прилипших частиц. Они не представляют для нас интереса.

Из химических составных частей, кроме влаги, присутствует целый ряд веществ.

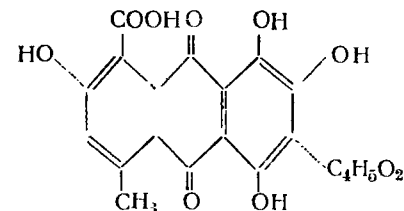
Сахара содержатся в некоторых сортах в столь значительных количествах, что наощупь чувствуется липкость. Обычно сахара представлены глюкозой и фруктозой.

Соли содержатся преимущественно калиевые и кальциевые.

Белки еще недостаточно исследованы; при операции минья они уходят преимущественно в панк.

Красителей обнаружено два: лаккаиновая кислота и эритролакцин.

Лаккаиновая кислота, которой приписано гипотетически<sup>270</sup> строение



<sup>270</sup> По Dimroth и Goldschmidt, Lieb. Ann. 1913 (399), 62; ChZ. 1913, II, 874.

производится не самым насекомым, а его симбионтом. Интересно при этом отметить сходство этой формулы лаккаино-вой кислоты с установленными Димротом и его учениками формулами кермесовой и карминовой кислот<sup>271</sup>, отличающимися от вышеприведенной только нерасшифрованным радикалом (вместо  $C_4H_5O_2$  кермесовая кислота содержит  $CO \cdot CH_3$ , а карминовая кислота  $C_6H_{11}O_5$ ).

Лаккаиновая кислота растворима в воде (возможно, благодаря своей карбоксильной группе), почему и отмывается при операции миньяо. Именно она давала поступающий ранее в продажу краситель лак-дэй или лак-лак (осажденный из содового раствора мелом и глиной). Краситель этот употреблялся для протравного (с оловянной протравой) крашения шерсти в пунцовые цвета<sup>272</sup>.

Теперь он в Европу более не привозится<sup>272а</sup>, но в Индии им продолжают пользоваться.

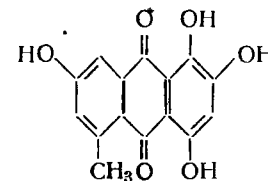
Лаккаиновая кислота может служить хорошим индикатором<sup>273</sup>, так как дает отчетливое изменение цвета: от желтого (в кислой среде) к фиолетовому (в щелочной среде). Нестойкость к щелочам — одна из причин выхода этой краски из употребления в Европе.

В равных сортах штоклака содержание этого красителя неодинаково; так, в паласе его содержится 4—6%, а в штоклаке, снимаемом с растения *Pithescolobium Samal*, содержание его доходит до 12%.

Этот краситель в общем изучен еще далеко недостаточно. Так, например, сравнительно недавно (в 1934 г.) установлено, что краситель состоит из двух различных веществ — одного красного, названного  $\alpha$ -лаккаиновой кислотой, и другого желтого, названного  $\beta$ -лаккаиновой кислотой<sup>273</sup>.

Эритролактин, второй краситель, не содержит карбоксила и нерастворим в воде. Поэтому он не удаляется при отмывке;

он-то и сообщает шеллаку его характерный желто-оранжевый цвет. В нем, как и в лаккаиновой кислоте, установлено наличие четырех гидроксильных групп<sup>274</sup>, а так как его эмпирическая формула  $C_{15}H_{10}O_6 \cdot H_2O$ , то возможно, как это предполагает Чирх, что он представляет собою тетраоксиметилантрахинон, родственной лаккаиновой кислоте:



Впрочем, положение метильной и гидроксильных групп не может еще считаться установленным.

Чирх, как уже упоминалось, отмывавший насекомое на ветке последовательным рядом растворителей, обращает внимание<sup>274</sup> на то, что насекомые, перед тем как их обесцвечивают слабой щелочью, очень мало отличаются по виду от ветки, так что возможно, что краситель (как, впрочем, и сам лак) вырабатывается в интересах сомосохранения (мимикрия).

В эфирной вытяжке в присутствии соды эритролактин дает характерное красно-фиолетовое окрашивание. Этим пользуются для обнаружения природного шеллака в каком-либо продукте<sup>275</sup>.

Заметим также, что эритролактин принадлежит к числу сублимирующихся и разлагающихся при нагреве продуктов. Цвет шеллака обусловлен как самим эритролактином, так и сопровождающимися его бурными продуктами разложения.

Сложные эфиры, содержащиеся в штоклаке, лишь в небольшой мере уносятся в панк, преимущественно же остаются вместе со смолой.

В состав эфиров входят восковые вещества и, повидимому, пахучее вещество.

Восковые вещества, входящие в то, что обычно называют «шеллачным воском», еще твердо не установлены.

<sup>271</sup> Tschirch A. и Lüdy F., Über den Stocklack. *Helv. Chim. Acta* 1923, 6; 994.

<sup>272</sup> Исследуемую пробу дигестируют спиртом, фильтруют от воска, прибавляют хорошую порцию эфира и встряхивают с разбавленной содой. Для обнаружения шеллака пользуются реакцией Либерман-Шторка (к небольшой порции смолы, растворенной в 1 мл уксусного ангидрида и помещенной на фарфоровую пластинку, добавляют 2 капли  $H_2SO_4$  уд. в. 1,7) — шеллак дает слабое зеленое окрашивание, чем отличается от других естественных смол.

<sup>271</sup> Кермесовая кислота — краситель кермеса, карминовая кислота — краситель кошенили. Кермес и кошениль — природные краски, известные с давних пор и имевшие раньше значительное применение; рыночные продукты представляли собой обычно просто высушенные насекомые, в которых содержался краситель. Подробнее см. Георгиевич Г. и Граммужен Е., *Химия красящих веществ*, 1922, стр. 606—8, Vuchet H., *Lehrbuch der Farbenchemie*, 1914, стр. 522—6, и Maue F., *Chemie der organischen Farbstoffe*, 1935, раздел *Insektenfarbstoffe*, стр. 85 сл. (в печати русский перевод, стр. 108 сл.).

<sup>272</sup> См. Петров П. П., *Технология красильных веществ*, Лекции 1890—91 г., ч. I, стр. 150.

<sup>272а</sup> Впрочем, указывают, что краска для живописи под названием голландского кармина представляет собой лак-дэй; для живописи эта краска недостаточно светопрозрачна. См. Рербург Ф. И., *Художник о красках*, М. 1932, стр. 27.

<sup>273</sup> Tschirch и Stock (сноска 260), стр. 1483 и сл.

Повидимому, в шеллачном воске содержится два сложных эфира, из которых лишь один (~75% всего воска) растворим в кипящем спирте (что и затрудняет отделение воска от шеллака спиртом). Этот растворимый воск называется лаксхадиацеровым, а не растворимый — лакцеровым.

Полагают, что лаксхадиацеровый воск состоит из спирта  $C_{25}H_{52}O$ , названного лаксхадиацеровым, иначе лаксхадиацерином, возможно тождественного с неоцерилловым спиртом из пчелиного воска, и кислоты  $C_{26}H_{52}O_2$ , названной лаксхадиацеровой, а лакцеровый воск — из лакцерового спирта (лакцерином)  $C_{32}H_{66}O$  и лакцеровой кислоты  $C_{32}H_{64}O_2$ .

В обычно отделяемой вместе с воском части обнаружен в количестве ~2%, кроме эфиров, углеводород  $C_{25}H_{52}$ , названный лаксхадиацерином.

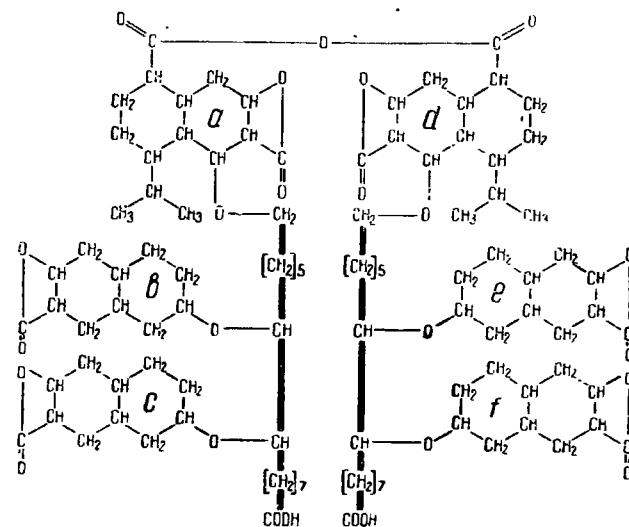
Надо отметить, что все эти названия можно встретить в литературе с корнем «тахардиа» там, где в этой книге стоит «лаксардиа». Дело в том, что Чирх, давший названия этим веществам, изменил их затем в 1936 г., чтобы согласовать с классификацией Мадигассана. Здесь названия были приведены в их новой транскрипции.

Пахучее вещество содержится в очень малых количествах. Строение его еще не установлено. Оно кристаллизуется в бесцветных пластинках и сублимируется с характерным шеллачным (несколько напоминающим шоколад) запахом.

Смола, или собственно шеллак, представляет, конечно, наибольший интерес.

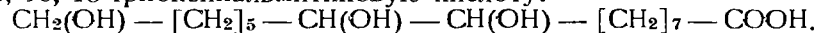
Строение шеллака, к сожалению, до сих пор еще не установлено. То, что шеллак по своему химическому строению отличается от всех других смол, замечено уже давно; в классификации смол Чирха, предложенной в 1900 г., он отнесен в отдельную группу так называемых алифаторезин, в которой он является пока единственным существенным представителем.

Над установлением строения шеллака ведутся работы, и в 1932 г. в качестве рабочей гипотезы предложена была даже структурная формула. Предложившие эту формулу Нагель и Елизавета Бауман<sup>276</sup> считают, что мономер шеллака имеет очень большой молекулярный вес — 1831,3 и состоит из 106 углеродных атомов, 158 водородных и 25 кислородных ( $C_{106}H_{158}O_{25}$ ), причем способ соединения этих 289 различных атомов может быть гипотетически представлен следующей структурной формулой<sup>277</sup>.



Эту формулу, конечно, никак нельзя еще считать обобщенной — она дает лишь наглядное представление о возможном строении шеллака.

Рассматривая эту формулу, прежде всего обратим внимание на то, что в молекуле шеллака содержатся две частицы алейритиновой кислоты, представляющей собою<sup>278</sup> 9, 10, 16-триоксипальмитиновую кислоту:



То, что карбоксил алейритиновой кислоты остается в номере шеллака свободным, объясняет его растворимость в щелочах.

Самое название алейритиновой кислоты дано Чирхом в 1898 г., так как в то время полагали, что растением, на котором живут насекомые, является *Aleurites Laccifera*, и хотя это в дальнейшем не подтвердилось, название сохранилось.

Далее, рассматривая структурную формулу Нагель-Бауман, заметим шестикратно повторенное в разных замещениях ядро внутреннего ангидрида декагидрофталин-2-окси-3-карбоно-

у одного ядра отсутствует изопропил, а два ядра почему-то изображены замещенными не так, как это предположили Нагель и Бауман.

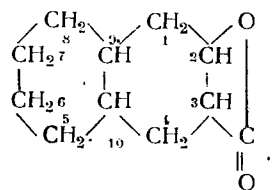
В книгах Петров Г. С., Искусственные смолы и пластмассы, М. 1937 и Лосев И. П. и Петров Г. С., Введение в химию искусственных смол и пластических масс, М. 1938, повторено то же неправильное замещение, которое показано в книге А. М. Настюкова.

<sup>278</sup> Harries C. и Nagel W., Chem. Umschau 1922, стр. 135.

<sup>276</sup> Nagel W. и Baumann E., Vergleichende Studien über den Härtungsprozess bei Schellack und Phenolformaldehydharzen, Siem 1932, 11; 2: 99—113.

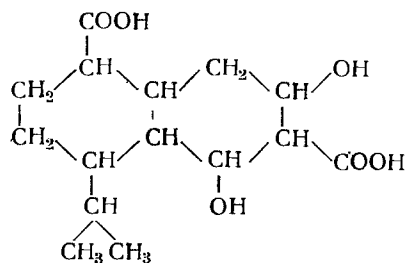
<sup>277</sup> В книге Настюков А. М., Введение в курс технической химии пластмасс, М.-Л. 1934, стр. 64, где приведена эта формула, к сожалению,

вой кислоты (цифры отвечают обычной нумерации углеродных атомов нафталинового ядра):



Это основное ядро в случаях *a* и *d* формулы Нагеля-Бауман имеет гидроксил в положении 4, карбоксил в положении 8 и изопропил в положении 5, в случаях же *b*, *c*, *e* и *f* присоединяет спиртовый гидроксил алейритиновой кислоты в положении 6.

В соответствии со структурной формулой Нагеля-Бауман, ядра *a* и *d* приводят при гидролизе к образованию кислоты строения:



Полученную таким путем кислоту называют шеллолевой. Если бы формула Нагеля-Бауман оказалась верной, эту кислоту можно было бы, таким образом, считать 2,4-диокси-5-изопропил-3, 8-декагидронафталиндикарбоновой кислотой.

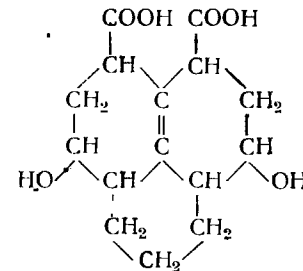
Согласно формуле Нагеля-Бауман ядра имеют в основном гидронафталиновый характер, т. е. как и сама алейритиновая кислота, являются насыщенными.

Напомним, что в том же классе гидроароматических соединений находятся такие важные вещества, как нафены (нефти), терпены (эфирных масел), политерпены (каучука) и др. Сам декагидронафталин (или иначе, декалин), от которого, согласно Нагелю-Бауман, производятся упомянутые ядра, имеет техническое значение как растворитель<sup>279</sup>.

Впрочем шеллолевая кислота не является вполне насыщен-

ным соединением — она, по видимому, содержит одну двойную связь.

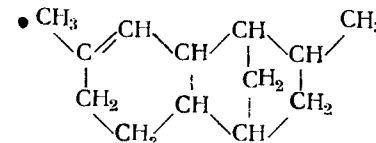
Шеллолевой кислоте соответственно брутто-формуле  $C_{13}H_{20}O_6$ , отвечающей сжиганию, раньше приписывалась структурная формула с одной двойной связью<sup>279a</sup>:



Чтобы к тому же подчеркнуть ее ненасыщенный характер, самую кислоту в этом случае называли шеллендиольдикислотой, однако во избежание путаницы мы сохраняем дальше прежнее название. Таким образом, в этом случае кислота происходит уже не от гидронафталинового ядра, а от нового

углеводорода , названного шелланом.

В дальнейшем<sup>280</sup> Нагелю удалось получить из шеллолевой кислоты осторожной обработкой  $H_2$  углеводород, имеющий брутто-формулу  $C_{13}H_{20}$ . Соответственно этой формуле пришлось заключить, что углеводород не являлся шелланом; ему было приписано строение



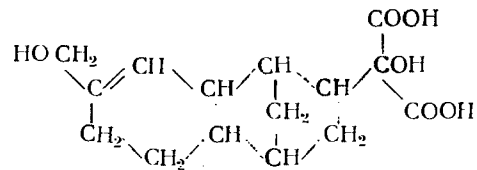
Нагель принял, что шеллолевая кислота, отличающаяся от

<sup>279a</sup> Harries C. и Nagel W., Untersuchungen über die Natur des Schellacks; über die Schellolsäure. Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 1922, 55; 3: 3833—48.

<sup>280</sup> Nagel W. и Mertens W. W., Zur Kenntnis des Schellacks, XI Mitt. Über die Konstitution der Schellolsäure. Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 1937, 70; 11: 2173—9.

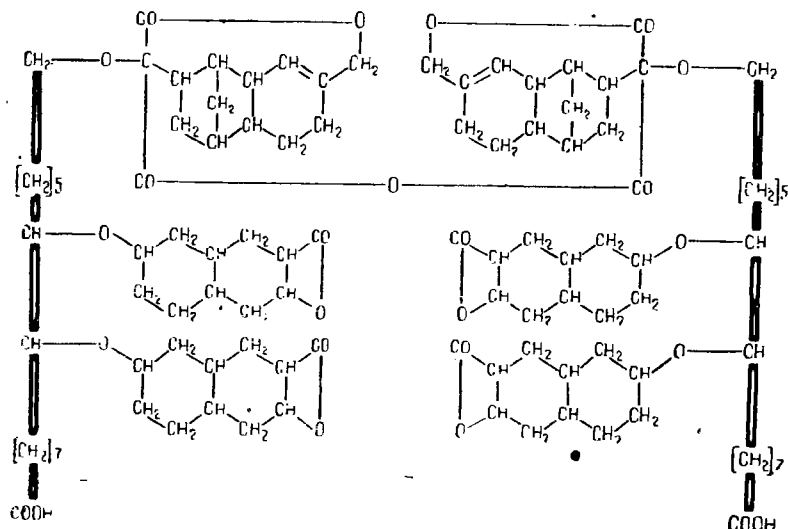
<sup>279</sup> О нем см. Орлов Н. Н., Каменноугольная смола и ее переработка, Харьков, 1930, стр. 74—6, а также Вольф Г., Растворители жиров, масел, восков и смол (пер. с нем.), М.-Л. 1932, стр. 53—4.

этого углеводорода наличием двух гидроксильных и двух карбоксильных групп, имеет следующее строение:



т. е. является производной гартроновой (оксималоновой) кислоты  $\text{HOOC} \cdot \text{CHON} \cdot \text{COOH}$ . Такое строение оправдывается происходящим при нагревании отделением  $\text{CO}_2$ , наблюдаемым также у малоновой кислоты. Положение карбоксильных групп Нагель считает установленным в этой формуле с большей вероятностью, чем положение гидроксильных <sup>280a</sup>.

Соответственно новой, более обоснованной, формуле шеллолевой кислоты, Нагель изменил и структурную формулу шеллака:



Кроме алейритиновой и шеллолевой кислоты в этой формуле имеются и другие кислотные группировки. Эти «шеллачные кислоты» приняты однократно. Строение их гипотетично. Наибольший их выход отвечает как раз отношению четырех молекул их на две молекулы шеллолевой кислоты.

В формуле Нагеля ни одна из карбоксильных групп шеллолевой кислоты не свободна: одна из них находится во внутренней ангидридной связи с гидроксилом, принадлежащим той же шеллолевой кислоте, другая образует ангидрид кислоты с тождественной карбоксильной группой другой молекулы шеллолевой кислоты.

Не следует, однако, думать, что шеллак состоит из мономерных молекул. Напротив, те же Нагель и Бауман полагают, что шеллак подвергается процессам полимеризации (с отщеплением воды) и агрегирования молекул.

Этими сведениями о строении молекулы шеллака наши знания пока ограничиваются. Легко видеть, что в этой области добыто еще чрезвычайно мало достоверного материала.

Количественные соотношения отдельных веществ, находящихся в штоклаке, подвержены заметным колебаниям и зависят не только от вида растения, но даже от сезона урожая. Чтобы охарактеризовать примерное соотношение частей, приведем данные анализа кузума <sup>281</sup>:

Влага . . . . .	1,9%
сахара, белки, соли . . . . .	2,0%
красители, растворимые в воде . . . . .	2,1%
воск . . . . .	6,5%
механические примеси . . . . .	9,0%
смола . . . . .	78,5%

После всех сведений о составляющих штоклак веществах можно сообщить, что упоминавшееся выше (§ 118) последовательное растворение штоклака на ветке велось Чирхом следующим образом: холодной водой вымывались белок, соли, сахара и лаккайновая кислота, затем холодным спиртом собственно шеллак, после этого горячим ксилолом воск и, наконец, разбавленной щелочью со спиртом эритролактин; после

Chemical Nature of Shellac. Ind. and Eng. Chem., 1938, 30, 4: 449—5170.)  
О методах выделения шеллолевой кислоты и разделения составных частей шеллака см. кроме цитированных статей Нагеля и Баттахария описания экстрагирования хлороформом, эфиром, лигроином, этилацетатом и ацетоном в статье Schaeffer B. B., Weinberger H. и Gardner W. H., Nature and Constitution of Shellac. Ind. and Eng. Chem. 1938, 30: 4: 451—8.

<sup>281</sup> Tschirch и Schaeffer, Chem. Umschau 1925, стр. 309.

<sup>280a</sup> Взгляды Нагеля не являются общепризнанными. Константы шеллолевой кислоты, выделенной другими методами, не совпадали с данными Нагеля. Однако теперь высказывают мнение, что продукты, которые выделил Баттахария (Bhattacharya R., Note on the constitution of lac. Journ. of the Soc. of Chem. Industry, март 1935, 82—6г; Он же, Note on shellolic acid. Chem. and Industry, 1936, 55; 16: 309.), и продукты, которые выделил Гарднер (Schaeffer B. B. и Gardner N. H., Nature and Constitution of Shellac. Ind. and Eng. Chem. 1938, 30; 3: 333—6.), являются полиэстерами кристаллической шеллолевой кислоты Нагеля (см. Wagner S. E.,

такой обработки на ветке оставалось лишь само насекомое, которое легко теперь поддавалось изучению, и, в частности, мог быть обнаружен симбионт.

### 126. Свойства шеллака

Шеллак имеет уд. вес  $d_{15,5}^{15,5} = 1,207 \pm 1\%$ . Таким образом, он тяжелее других природных смол (уд. вес их колеблется между 1,05 и 1,095), но легче большинства искусственных смол (уд. вес 1,10 — 1,71).

Как и большинство смол, шеллак обладает триоболуменесценцией: при растирании в темноте он светится беловато-желтым светом. Он обнаруживает также и флюоресценцию, особенно удобно различимую при свете кварцевой лампы со специальным светофильтром<sup>282</sup>.

Рентгенографическое исследование установило кристаллическую структуру шеллака<sup>283</sup>.

Из прочих свойств шеллака остановимся только на некоторых<sup>284</sup>.

**Растворимость.** Шеллак растворяется в спиртах одноатомных (метиловом, этиловом, бутиловом, пропиловом, амиловом, бензиловом) и двухатомных (этиленгликоле, бутиленгликоле), в сероуглероде, в щелочах (буре, соде, нашатырном спирте), в ледяной уксусной кислоте, муравьиной, частично растворяется в хлороформе, четыреххлористом углероде, анилине, масляной кислоте, молочной кислоте, но не растворяется в ряде других галоидопроизводных углеводородов (метилхлориде, этиленхлориде, трихлорэтилене), в эфирах уксусной кислоты (метиляцетате, этиляцетате, бутиляцетате и т. д.), в воде, в этиловом эфире, в глицерине, в углеводородах (петролейном эфире, бензине, бензоле, толуоле, ксилоле)\* и др.

Впрочем, растворимость шеллака, как и других смол, зависит от множества факторов, так что указания, даваемые в этом отношении отдельными исследователями, часто расходятся и не могут считаться вполне надежными<sup>285</sup>. Вряд ли здесь вообще во всех случаях имеют место простые растворы.

В воде шеллак набухает и многие свойства такого набухшего шеллака изменяются. Однако вода, содержащая следы соляной кислоты, не оказывает (при обычной температуре) на чешуйки шеллака действия даже при шестимесячном погружении<sup>286</sup>.

Во влажной атмосфере шеллак утрачивает блеск<sup>286а</sup>.

Очень интересно отметить, что олеиновая, пальмитиновая и стеариновая кислоты в горячем состоянии легко растворяют шеллак; этим пользуются на производстве граммафонных пластинок для очистки мегаллических поверхностей (плит, вальцев и т. п.) от остатков массы. Эти растворители легко растворяют шеллак, долго подвергавшийся нагреванию, что, как мы увидим ниже, существенно как раз для плит, горячих вальцев и т. п., в то время как растворимость долго нагревавшегося шеллака в других растворителях падает<sup>287</sup>.

**Характерные числа.** Для веществ сложного строения аналитические возможности сводятся в основном к установлению брутто-формулы путем «элементарного» анализа и к выяснению содержания отдельных характерных радикалов. Это последнее и оценивается обычно числами.

Так, например, можно обрабатывать исследуемый продукт щелочью, так что произойдет лишь нейтрализация свободных кислотных групп, а эфирно связанные останутся незатронутыми; можно также обрабатывать тот же продукт той же щелочью в более интенсивном режиме, так чтобы не только нейтрализовать свободные кислотные группы, но и произвести отделение эфирных остатков от кислотных и нейтрализовать эти освобожденные кислотные остатки. Соответственно этому в первом случае говорят о кислотном числе, во втором случае — о числе омыления. Оба числа приняты измерять числом миллиграммов КОН, затраченных на 1 г исследуемого вещества. В этих же единицах выражают и определяемое (в отличие от предыдущих) расчетом эфирное число, характеризующее тот практически неосуществимый способ определения, при котором щелочь расходовалась бы только на омыление (разделение эфирных остатков от кислотных и нейтрализацию последних), но не на нейтрализацию свободной кислотности.

На основе простых стехиометрических расчетов эти величины могут быть вычислены для веществ известного строения;

<sup>282</sup> Цветная фотография флюоресценции шеллака приведена на табл. II в книге Tschirch A и Stock E. Die Harze, B. I.

<sup>283</sup> Nárá y-S z a b o St., Biochem. Zeitschr. 1927, 185; 87.

<sup>284</sup> Обзор физических свойств шеллака дал Verman L. C., Fundamental Physical Properties of Lac. London Shellac Research Bureau, Technical Papers, № 3 и № 4.

<sup>285</sup> Таблицу растворимости смол см. в книге Вольф Г., Растворители жиров, масел, восков и смол (пер. с нем.), 1932, стр. 182—3 и Tschirch A. и Stock E., Die Harze, B. I, 1933, вкладной лист, между стр. 110 и 111, специально для шеллака — B. II, 2 Hälfte, 2 Teil, стр. 1515, также в брошюре Angelo Bros. (см. сноску 264), стр. 12—14.

<sup>286</sup> Aldis R. W., A note on the swelling of Schellac. Ind. Lac. Res. Inst. 1932 г. Res. Note № 3.

<sup>286а</sup> См. например, Hadert H., Schellack als Farbenbindemittel, der Farben-Chemiker 1934, 5; 9: 328.

<sup>287</sup> Кривую уменьшения растворимости шеллака в спирте после нагревания см. Steinkopf Th., Kolloidchemische Technologie 1927, стр. 292, рис. 139.

сравнение расчетных величин с экспериментально найденными является одним из способов проверки предполагаемого строения. Для шеллака:

Кислотное число      Эфирное число

по формуле Нагеля-Бауман . . . . .	61,3	275,7
по прямому определению <sup>288</sup> в шеллаке TN	66	225

Еще одним характерным числом является иодное число. Способность иода присоединяться в количестве двух атомов по месту каждой двойной связи используется для суждения о содержании последних в исследуемом продукте. Иодное число принято измерять числом граммов  $J_2$ , затрачиваемых на 100 г исследуемого вещества. Из сказанного выше видно, что шеллак не должен иметь большого иодного числа, так как в нем присутствует лишь очень мало двойных связей. Напротив, канифоль, часто добавляемая к шеллаку перед его выплавкой, содержит много двойных связей и имеет поэтому высокое иодное число. Иодное число шеллака составляет 12—18, а иодное число канифоли лежит около 228. Таким образом, по иодному числу можно составить представление о содержании канифоли в шеллаке.

**Поведение при нагревании.** В производстве грампластинок используются свойства шеллака как типичной термoplastической смолы, поэтому его поведение при нагревании представляет особый интерес и на нем следует остановиться подробнее.

При нагревании в шеллаке происходят не только обратимые, но и необратимые процессы — последние связаны с так называемой полимеризацией шеллака<sup>289</sup>, о которой упоминалось в предыдущем параграфе, когда говорилось об агрегации. Всякий шеллак, выплавленный из штоклака, был подвергнут нагреванию и имел, следовательно, основания для полимеризации.

При достаточно далеко проведенной полимеризации шеллак затвердевает в почти твердую (даже в нагретом виде) роговидную массу, имеющую ноздреватый вид благодаря выделяющемуся при полимеризации небольшому количеству водяных паров. Шеллак может потерять при полимеризации до 5% своего веса (небольшая потеря веса не прекращается даже после 800 час. нагревания при 180°). Такой полимеризованный шеллак при вторичном нагревании до температур, достигающих, а иногда и превышающих температуру полимеризации, не плавится, но превращается в мягкую резиноподобную массу.

<sup>288</sup> По Bayley-Parker, Wolff, Die natürlichen Harze, 1928.

<sup>289</sup> Некоторые авторы применяют для этого процесса термин *curing*, более близкий к „вулканизации“ и кажущийся нам менее подходящим.

Такое полимеризованное состояние не при всех условиях одинаково быстро достигается. Время, в течение которого шеллак сохраняет при данных тепловых условиях свою плавкость, назовем *теплосохранностью шеллака*<sup>290</sup>.

Количественное представление о теплосохранности дает рис. 175, на котором по абсциссам в логарифмическом масштабе отложена теплосохранность в единицах времени, а по ординатам — температура нагрева; данные относятся к чистому кузуму<sup>291</sup>. Из этого графика видно, что до температуры  $\sim 220^\circ$  существует закономерность, по которой повышение температуры на 20° каждый раз укорачивает время полной полимеризации вдвое. Выше 220° дальнейшее повышение температуры не производит уже столь сильного действия.

Теплосохранность зависит не только от температуры; на нее могут оказывать влияние своим присутствием также и некоторые вещества. Так, например, гексаметилентетрамин ускоряет процесс полимеризации и, присутствуя в количестве 10%, при 180° уменьшает теплосохранность в 9 раз. Напротив, присутствующий в таких же условиях, т. е. в количестве 10% при 180°, едкий натр, замедляя процесс полимеризации, увеличивает время теплосохранности в 99 раз против чистого шеллака.

В работе Ранганасана и Альдиса приведены данные относительно влияния десятков разнообразных веществ; в качестве вывода из их наблюдений следует, что ускоряющим действием обладают: кислоты, эфиробразующие катализаторы, аммиак и выделяющие аммиак вещества; замедляющим действием обладают щелочи и растворители.

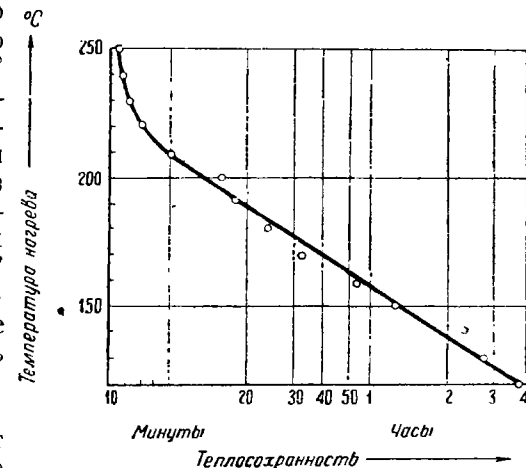


Рис. 175.

<sup>290</sup> Английский термин „жизнеспособность при нагревании“ — „the life under heat“ — введен кажется впервые в работе Ranganathan S. и Aldis R. W., The heat curing of shellac. Part I. Bull. № 14; of the Indian Lac Research Institute, 1933. Продолжение: Rangaswami M. и Aldis R. W., The heat curing of shellac. Part II, *ibid.* 1934, № 19.

<sup>291</sup> Для графика использованы цифры табл. I приведенной в предыдущей ссылке работы.



Некоторые вещества по этим признакам трудно отнести к той или иной группе; например олеиновая кислота, как кислота, должна быть ускорителем, однако при нагревании она стремится растворить шеллак и, как растворитель, должна быть замедлителем. Практика показывает, что замедляющие качества олеиновой кислоты берут верх и она незначительно, в 1,6 раза, замедляет процесс (также присутствуя в количестве 10% при 180°).

Ранганасан и Альдис полагают, обобщая, что вещества, облегчающие процесс отщепления воды, являются ускорителями; напротив, такие вещества (как, например, щелочи), которые вступают в связь с карбоксильной группой и тем снижают ее реакционную способность, являются замедлителями. Этим объясняется, впрочем, роль не всех веществ и приходится допустить, что некоторые вещества могут в какой-то мере влиять каталитически на второй процесс полимеризации — агрегирование молекул.

При повышении температуры, когда сама величина теплосохранности заметно падает, влияние ускорителя становится менее выраженным (например 5% мочевины ускоряют при 120° процесс в 33 раза, а при 180° только в 3,7 раза — каждый раз по отношению к чистому шеллаку при той же температуре).

С повышением содержания этих добавок обычно возрастает и их действие. Однако здесь не наблюдается прямой пропорциональности. Например, замедляющее действие едкого натра усиливается с повышением его содержания сперва быстро, а затем после примерно 7%, когда полностью нейтрализованы карбоксильные группы шеллака, медленнее.

С точки зрения прессования представляет интерес влияние давления на теплосохранность. Оказывается, что давление производит замедляющее действие. Так, например, при 150° шеллак под давлением в 155 кг/см<sup>2</sup> не успел полимеризоваться даже за 3½ часа, в то время как при атмосферном давлении (см. рис. 175) теплосохранность шеллака при 150° составляет всего 1 час 15 мин.

Замедляющее действие давления объясняется (по принципу Лешателье) тем, что реакция полимеризации приводит к увеличению объема (благодаря выделяющимся парам воды) и, таким образом, давление препятствует самой ангидризации. И действительно, при экспериментальном прессовании в пористых (типсовых) формах замедляющее действие давления не было замечено, так как пары воды имели возможность удаляться.

Очень знаменательно, таким образом, что затруднение удаления выделяющихся паров воды замедляет полимеризацию. Но еще более знаменательно, что умышленно введенный пар в сочетании с давлением не только замедляет полимеризацию,

но даже вызывает деполимеризацию, регенерируя шеллак в его плавкой форме за счет обратного присоединения воды и возвращения шеллака к его прежнему виду.

Деполимеризованный шеллак не вполне, впрочем, идентичен со свежим, так, он значительно темнее, время его теплосохранности меньше, кислотное число больше, склерометрическая твердость несколько меньше. При хранении деполимеризованного шеллака замечается некоторая реполимеризация — например текучесть шеллака уменьшается<sup>292</sup>.

Чем выше температура, при которой происходит полимеризация и чем она длительнее, тем дольше приходится вести и деполимеризацию. Замечено, впрочем, что лучше вести деполимеризацию более быстро, но зато при более высоком давлении, так как в этом случае склонность к реполимеризации меньше.

Предложены были и разные другие способы регенерации и утилизации полимеризованного шеллака, на которых здесь останавливаться не будем<sup>293</sup>.

Процессы, происходящие при нагревании шеллака, не ограничиваются описанной выше полимеризацией. Так, например, сопутствующий собственно шеллаку эритролактин при нагревании сублимируется и разлагается с образованием бурых продуктов, пахучее вещество также сублимируется и т. д. Сухой шеллак может потерять при нагревании в течение одного часа при 105° до 2% своего веса за счет летучих частей<sup>294</sup>.

Для производства граммофонных пластинок очень важно, чтобы пластинка, вынутая из прессформы, имела очень малую усадку при охлаждении до температуры помещения; представляет поэтому большой интерес ход кривой коэффициента теплового расширения шеллака в зависимости от температуры.

Данные соответствующих наблюдений<sup>295</sup> представлены на рис. 176. График обнаруживает наличие перелома в кривой термического расширения шеллака при 46°. Наличие этого перелома, или, точнее говоря, значительное уменьшение коэффициента теплового расширения шеллака при температурах ниже 46° используется в производстве граммофонных пластинок таким образом, что пластинки вынимаются из прессформы

<sup>292</sup> Рангасвами и Альдис (см. сноску 290) отмечают, что старые граммофонные пластинки могли бы быть сделаны более текучими и плавкими путем их предварительной обработки в автоклаве.

<sup>293</sup> Обзор их дал Aldis R. W., Reconditioning Shellac. Res. Note № 7 и Further notes on reconditioning Shellac. Res. Note № 11, изд. Ind. Lac Research Institute.

<sup>294</sup> Гарднер Г., Физико-химическое исследование лаков и красок (пер.) Л. 1931, стр. 325.

<sup>295</sup> Samsoen M. O., Recherches sur l'état vitreux. Bull. de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 1929. 128; 185.

раньше, чем они достигают комнатной температуры, обычно при температуре 40—50°, и несмотря на это, не претерпевают нежелательных деформаций.

Подсчет коэффициента теплового расширения в его обычном выражении (как процентный прирост объема при нагреве от  $t$  до  $t + 1^\circ$  относительно объема при  $t$ ) на основе данных рис. 176 дает величины: для  $-81^\circ$   $\alpha = 0,3 \cdot 10^{-3}$ ; для  $47^\circ$   $\alpha = 1,31 \cdot 10^{-3}$ ; для  $190^\circ$   $\alpha = 1,49 \cdot 10^{-3}$ .

Чтобы сравнить эти значения с приведенными в табл. IX для металлов, необходимо их уменьшить в три раза, так как

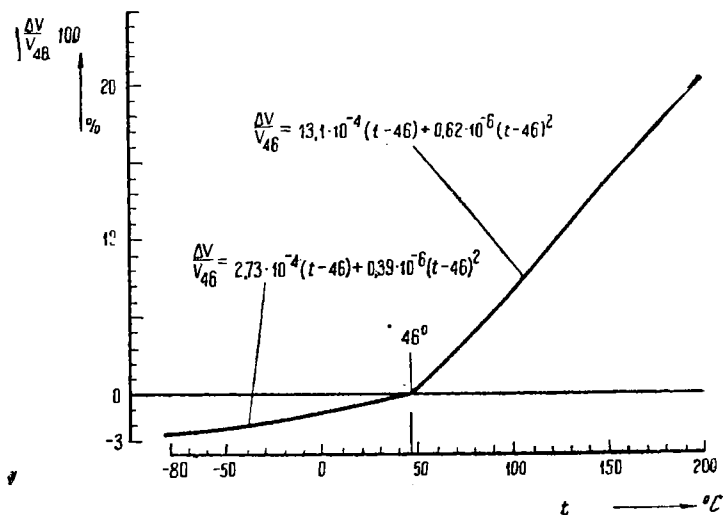


Рис. 176.

в таблице были приведенные линейные коэффициенты, а здесь мы имеем дело с объемными. Даже при наиболее высоких температурах (190°) коэффициент расширения шеллака оказывается, таким образом, ниже коэффициента расширения металлов, иначе говоря, в прессформе шеллак не может обнаружить усадки (т. е. отклонения от формы, заданной металлом).

С точки зрения точности воспроизведения формы очевидно, что искажение формы канавок будет тем меньшим, чем ниже коэффициент теплового расширения как металла, так и пластмассы. С этой точки зрения интересно указать, что, например, коэффициент расширения феноло-альдегидных смол в несколько раз превышает шеллачный и имеет величину большую, чем таковой для металла прессформ, в соответствии

с чем и обнаруживается явная усадка (до 1% в практических условиях<sup>296</sup>).

Особый интерес представляет процесс плавления шеллака.

Для шеллака TN значения величин по формуле Гувинка (70) оказались равными  $A = 10^{45}$ ;  $K = 40 \cdot 10^3$ , таким образом

$$\varphi = 10^{45} \cdot e^{-\frac{40 \cdot 10^3}{T}}$$

Так как по сказанному в § 111 за температуру размягчения Гувинк принимает ту температуру, при которой  $\varphi$  получает значение  $10^{-8}$  ре, то отсюда вычисляется температура размягчения шеллака, так как очевидно

$$T_{\text{разм.}} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot \lg e}{\lg 10^{45} - \lg 10^{-8}} = 327^\circ,$$

т. е.  $t_{\text{разм.}} = 54^\circ$ .

Однако, строго говоря, резкой температуры плавления шеллак не обнаруживает. Тамман<sup>298</sup> говорит поэтому не о температуре плавления, а о диапазоне размягчения, заключенном между нижней температурой  $t_1$ , в которой утрачивается хрупкость и верхней температурой  $t_2$ , в которой возникает тягучесть. Для шеллака он приводит  $t_2 = 56,5^\circ$  и  $t_1 = 30,5^\circ$ . Верман<sup>299</sup> обращает внимание на то, что в этом диапазоне размягчения шеллака лежит и упомянутая выше точка перелома кривой термического расширения. Отметим, что здесь же лежит и температура, найденная по формуле Гувинка.

Однако при  $t_2$  шеллак лишь приобретает тягучесть, настоящее же размягчение начинается при 60—70° и вполне жидкое состояние достигается при 75—85°.

О вполне определенной температуре плавления шеллака нельзя говорить не только потому, что она у него не выражена с достаточной резкостью, но и потому, что она недостаточно постоянна. Уже упоминалось, например, что долгое хранение шеллака при недостаточно низких температурах приводит к повышению его температуры плавления. Так, одно лето хранения шеллака в Индии приводит к повышению его температуры плавления приблизительно на 10°, три-четыре года лежания шеллака в Индии могут сделать его совершенно неплавким.

<sup>296</sup> В сводке свойств пластмасс, приведенной в октябрьском номере журнала Modern Plastics за 1938 г. (вклейка на стр. 172) указана усадка прессования — в промилях — для фенолоформальдегидных смол без наполнителей 9—11‰, для этилцеллюлозы 4—7‰, для шеллака 2‰.

<sup>297</sup> Заметим, что для шеллака можно говорить о величине  $\varphi$  (а не  $\psi$ ) лишь потому, что при температурах выше 50° шеллак имеет  $n = 1$  и обнаруживает чистую текучесть.

<sup>298</sup> Тамман Г.-Стеклообразное состояние (пер. с нем.), М., Л. 1935, стр. 22.

<sup>299</sup> Verma (см. сноску 292), раздел Thermal Expansion.

**Точность** экспериментального определения температуры плавления шеллака невысока; нет к тому же однообразия применяемых для этой цели методов.

Сорт шеллака также оказывает влияние на его температуру плавления, например температура плавления кузума ниже, чем шеллака, полученного с других деревьев; не безразлично и время сбора: ари (ari), собираемый до выхода насекомых, имеет более низкую температуру плавления, чем пунки (phunki), собираемый после их выхода.

Повышение содержания влаги в шеллаке приводит к понижению его температуры плавления.

С точки зрения совершенства процесса прессования имеет значение текучесть расплавленного шеллака. Она возрастает с повышением содержания канифоли, а также от присутствия небольших количеств влаги.

Отметим, наконец, низкую теплопроводность шеллака, равную  $5,8 \cdot 10^{-4}$  кал/сек·см·С при 35° и понижающуюся с дальнейшим подъемом температуры.

**Прочность.** По шкале Моса шеллак занимает место между поваренной солью и гипсом, т. е. имеет твердость около 2,5. Твердость шеллака выше при нанесении его на поверхность без помощи растворителей, чем при применении последних. Таким путем, например, производится лакировка хороших игральные карт — на поверхность их наносится шеллачный порошок, и затем он расплавляется. На поверхности грампластинных пластинок имеется такая обогащенная шеллаком пленка, возникающая естественно в процессе прессования (см. § 112).

Пленка шеллака, воск которого удален центрифугированием спиртового раствора, имеет меньшую прочность в отношении царапания и истирания, чем пленка шеллака, содержащего воск. Полагают поэтому, что воск улучшает прилипание пленки к металлу.

Уже упоминалось, что шеллак применяется в качестве склеивающего вещества ввиду его высокой способности прочного приставания к разнородным материалам, несмотря на отсутствие в нем видимой «клейкости». Особенно велика адгезия шеллака к меди. В производстве грампластинных пластинок это обнаруживается в сильном прилипании отпрессованной пластинки к медным матрицам; уж по этой одной причине даже матрицы, с которых не снимается значительный тираж, например для пробных пластинок, необходимо покрывать никелем<sup>300</sup>.

<sup>300</sup> Этому наблюдению противоречат данные табл. VII цитированной выше статьи Verman (см. сноску 284), по которым прочность склейки шеллаком никеля выше, чем меди.

Модуль упругости обычно затруднительно измерять непосредственной нагрузкой, так как наступающая при этом пластическая деформация искажает картину. С пластической деформацией можно, однако, не считаться, когда измерения производятся мгновенно; такой мгновенной нагрузкой являются напряжения, возникающие при распространении в геле звуковых колебаний. Поскольку зависимость между модулем упругости и скоростью звука в твердых телах известна, можно из экспериментального наблюдения скорости звука в твердом теле установить модуль упругости этого тела. Для шеллака (к сожалению, беленого) такие наблюдения производились<sup>301</sup> и дали величину порядка 7000—12500 кг/см<sup>2</sup>. Найдено также (правда, другим методом<sup>302</sup>), что величина эта возрастает до 26 000 кг/см<sup>2</sup> после двадцатичасовой термической обработки при 110°.

**Биохимические свойства.** Шеллак (технический продукт) может служить средой для некоторых микроорганизмов и это обстоятельство существенно с точки зрения условий хранения шеллака.

Очень характерная для долго лежащего шеллака волокнистая войлокоподобного вида поверхность происходит от наростов плесневого грибка. Некоторый свет на условия образования спор грибка проливает случайное наблюдение Мадигассана<sup>302</sup>.

Обнаружив на тыльной стороне червеца *Lakshadia communis* личинку паразита, Мадигассан, желая стерилизовать, подверг ее кратковременному нагреванию в закрытой ватой стеклянной трубке над пламенем бунзеновской горелки; температуру, достигнутую при этом, он оценивает приблизительно в 70°. Через 4 дня после этого он обнаружил, что личинка оказалась совершенно заросшей соломенно-желтыми спорами *Aspergillus flavus*.

Таким образом, можно считать, что эффективными носителями спор грибка являются паразитические личинки, способствующие развитию спор в условиях благоприятной для термофильных организмов повышенной температуры.

В борьбе с подобной порчей шеллака на складах при хранении следует кроме прямого предохранения шеллака от разогревания применять улучшенное проветривание.

### б) Другие связующие

Хотя кроме шеллака очень часто вводят в композицию и другие связующие, ни одно из них не имеет значения, хотя бы

<sup>301</sup> Smoluchowski, Akustische Untersuchungen über die Elasticität weicher Körper. Sitz. d. K. Akad. d. Wissensch., Wien. Math. Kl. II A, 1894, 103; 739.

<sup>302</sup> Madhigassan S., *Aspergillus flavus* in blocked fresh lac. Schülern-Festschrift für Alexander Tschirch., 1926, стр. 300—1.

в незначительной мере приближающегося к значению шеллака. Роль второстепенных связующих по большей части сводится лишь к созданию некоторой экономии шеллака и к улучшению некоторых его показателей (например повышению температуры плавления). В качестве таких добавок к шеллаку применяют другие природные смолы, иногда и некоторые искусственные смолы, а также бигуминозные вещества.

### 127. Естественные смолы

Из естественных смол, употребительных в качестве добавки к шеллаку, следует назвать прежде всего копал.

Копалами называют твердые высокоплавкие смолы, происходящие от различных растений подсемейства цезальпиновых (*Cesalpinoideae*) из семейства бобовых, а также подсемейства араукарий (*Aguauciaceae*) из семейства хвойных (последние смолы Чирх называет агатокопалами в отличие от первых, называемых им настоящими копалами).

Из агатокопалов существенны каури и манилла, из настоящих копалов занзибар, сиера-леоне, конго, ангола, камерун и др.

Поставщиками каури являются Новозеландия и Новокаледония, поставщиками маниллы Филиппинские и Зондские острова. Остальные копалы добываются в Африке.

Состав копалов еще менее изучен, чем состав шеллака.

Копалы в незначительной части снимаются непосредственно с деревьев («молодые копалы»), чаще извлекаются из почвы между корнями этих деревьев и, главным образом, извлекаются из земли, где уже отсутствуют произведшие их растения («ископаемые копалы»).

Таким образом, копалы представляют продукт, прошедший большее или меньшее время старения, и приближаются в этом отношении к янтарю. Процессом старения и объясняются как твердость, так и высокоплавкость, присущие копалам.

Твердость отдельных сортов копала неодинакова. Например каури и манилла относятся к мягким копалам, занзибар, сиера-леоне и конго — к твердым; твердые копалы также неодинаковы по твердости — они были перечислены в порядке убывающей твердости. В общем твердость копалов лежит между 2,5 и 3 по шкале Моса.

Для охарактеризования высокой температуры плавления копалов укажем, что по методу Кремер-Сарноу-Нагеля (см. § 168), дающему для шеллака 80—85°, большинство копалов обнаруживает температуру плавления, лежащую между 105 и 130°.

Добавление копала к шеллаку как раз и объясняется обычно желанием повысить твердость или температуру плавления; этим повышается теплостойкость готовой пластинки.

Однако этим не ограничивается ценность копала как компонента пластиночных композиций — он обладает еще способностью удерживать в растворенном состоянии шеллачный воск.

Дело в том, что шеллачный воск при чрезмерном его содержании в шеллаке оказывается несвязанным и (подобно маслу, отделяющемуся от жмыхов) выжимается на поверхность, где образуются сальные пятна, портящие вид пластинки.

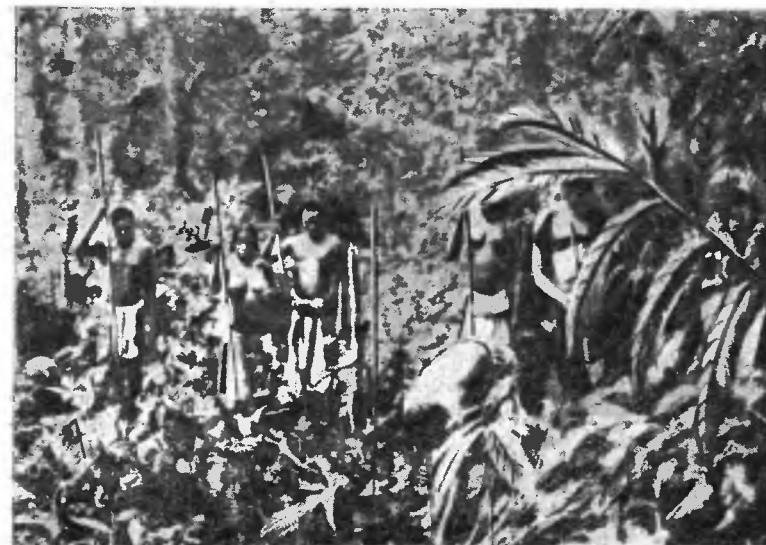


Рис. 177.

Имеется сообщение<sup>303</sup>, по которому очень тщательными опытами показано, что более 1,5—1,75% воска в шеллаке содержаться не должно, так как приходится заботиться об его иммобилизации. Таким иммобилизатором шеллачного воска и является в частности копал. В производстве граммофонных пластинок наибольшее значение имеет конго-копал (хотя некоторые предприятия пользуются, повидимому, и манилла-копалом, более мягким).

Сбор конго-копала производится в болотистых лесах Бельгийского Конго. Туземцы прощупывают почву с помощью палок-копий и, обнаруживая кусочки копала, извлекают их руками (рис. 177) и бросают в корзины. После отделения от посторонних тел сортируют куски на мягкие и твердые. По-

<sup>303</sup> Сделано М. А. J. Gibson в прениях по докладу Брайсона в группе пластмасс Society of Chem. Industry.

следние промываются щелочью и водой. В отличие от шеллака переплавка на месте не производится.

Манила-копал лишь частично извлекается из земли; кроме того, он выделяется в результате искусственных горизонтальных надрезов на громадных пинацеях *Agathis Panmaha*.

Интересно отметить, что в 1907 г. разновидность копала была найдена на Кавказе близ Шуши<sup>304</sup>. Копал этот относился к ископаемым, был очень тверд и высокоплавков. По неизвестным автору причинам копал этот забыт и не собирается.

Не останавливаясь на других экзотических смолах, являющихся лишь редко компонентами пластиночных композиций, отметим из естественных смол лишь к а н и ф о л ь.

В отношении канифоли мнения противоречивы; с одной стороны, ее считают нежелательной добавкой, понижающей механические свойства шеллака, и ограничивают допустимое содержание канифоли в самом шеллаке; с другой стороны, ее подчас вводят в композицию умышленно (см., например, приведенный в § 141 рецепт), ради экономии того же шеллака и ради повышения текучести композиции.

Канифоль (гарпиус) в отличие от шеллака и копала широко распространена в природе. Получается канифоль из живицы (терпентина) смолы, вытекающей при подсочке древесины хвойных деревьев, путем отгонки из нее скипидара.

Канифоль имеет невысокую температуру плавления (55—83° по Кремер-Сарнову), повышающуюся при хранении в результате процессов старения, связанных с поглощением кислорода из воздуха.

Более подробное описание канифоли здесь не требуется, так как по канифоли можно найти много сведений в русской литературе<sup>305</sup>.

В последнее время<sup>305а</sup> вместо канифоли применяют продукт ее окисления — в и н с о л (*vinsol* или *bresin*), более твердый, имеющий более высокую температуру плавления (90—115°), менее липкий и менее взрывоопасный. Получается он дальнейшей обработкой растворителями (например дихлорэтаном) остатка от экстрагирования канифоли из смолосодержащей древесины (пневого осмола).

<sup>304</sup> Puhäjä, Chem. Revue Fett-, Harz Ind, 1909, 16; 72 — Farb. Ztg. 1909, 14; 1089. Любавин, Техническая химия, т. VI, стр. 78—86.

<sup>305</sup> См., в частности, Тищенко В., Канифоль и скипидар, СПб, 1895; Ногин К. И., Канифольно-скипидарное производство, Л, 1929; Никитин Н. И., Химическая переработка древесины, Л, 1924.

<sup>305а</sup> Genin G., Une nouvelle catégorie de résines: les résines vinsol. MP 1936, 12; 4: 113—5. Modern Plastics, окт. 1938, 298.

## 128. Битуминозные и другие вещества

Битуминозные вещества имеют значительно менее ценные свойства, чем шеллак, и применяются они, главным образом, в случаях, когда стремление удешевления композиции берет верх над качественными требованиями. Из таких битуминозных веществ назовем асфальтиты (например гильсонит) и пирогенные остатки (дегти и пеки<sup>306</sup>).

Искусственные смолы применяются в качестве добавки очень редко, хотя введение многих из них (например нитроцеллюлозы) многократно предлагалось.

Пластинки, в которых наряду с шеллаком присутствуют значительные количества других связующих, являются своего рода переходной ступенью к несодержащим шеллака пластинкам других типов, о которых будет идти речь в гл. XIII.

## 3. Наполняющие, красящие, армирующие и прочие вещества

Наполнители, применяемые для грамофонных пластинок разными фирмами, гораздо более разнообразны, чем связующие.

Наполнители применяются во многих производствах. Приведем здесь (в алфавитном порядке) краткий список наполнителей: апатит, асбест, барит, гипс, глина, графит, диатомит, доломит, зола, известняки, ил, кирпич, кожаный порошок, кокс, кора, кремнезем, крокус, магнезит, мел, мрамор, опилки, охра, пемза, песок, пробковая пыль, сажа, сланцы, слюда, талк, торф, уголь.

Этот список никак не претендует на полноту<sup>307</sup> — он ставит себе целью лишь показать разнообразие веществ, могущих служить наполнителями.

Перечисленные и многие другие наполнители предлагались и для изготовления грамофонных пластинок. «Наполнить» грамофонную пластинку можно, в конечном счете, любым достаточно мелким порошком. Однако далеко не всякий порошок даст пластинку с высокими показателями.

При всем разнообразии возможных и применяемых разными фирмами наполнителей можно указать на несколько, являющихся типичными: таковы бариты, кремнезем, силикаты.

<sup>306</sup> Подробности см. Крейцер Г. Д., Асфальт и его применение в технике, Л., 1935. Абрагам Г., Асфальт и другие битумы (пер. с англ.), 1934. Маркусон И., Асфальт (пер. с нем.), 1926.

<sup>307</sup> Более полный, но также не исчерпывающий список см. Ферман, А. Е. и Щербakov Д. И., Наполнители и отяжелители. „Нетрудные ископаемые“, Изд. Акад. Наук. т. IV, 1929 г., стр. 107—10.

## 129. Минеральные наполнители

**Барит или тяжелый шпат.** По химическому составу — сернокислый барий  $BaSO_4$ , твердость по Мосу 3—3,5, уд. вес 4,3—4,7, цвет белый.

Из зарубежных месторождений самые крупные находятся в Германии и США. В СССР наиболее важно Кавказское месторождение (в Грузинской Республике близ г. Кутаиси в районе сел Мамацминда, Дерчи, Ватетра). Имеется, кроме того, барит на Южном Урале (в Чувашской степи у ст. Миасс, близ Златоуста и у ст. Кыштым — в Кузнецихе), на Алтае и в Азербайджанской Республике.

Кроме того, сернокислый барий готовится также химическим путем — осаждением растворимых бариевых солей сульфоионами (он носит в этом случае торговое название бланфикс, Permanentweiss).

Значение барита, как наполнителя в производстве граммафонных пластинок, последнее время уменьшилось. Одно время он был главным наполнителем.

К группе баритов следует отнести и родственный с баритом целестин; по химическому составу — сернокислый стронций  $SrSO_4$ . Твердость по Мосу 3—3,5, уд. вес 3,9—4, цвет белый.

Самые значительные месторождения в Англии (в Глукестере), где находится наиболее чистая разновидность. В СССР — в Фергане и других местах.

Имеет гораздо меньшее значение, чем барит, но также применяется в производстве граммафонных пластинок<sup>308</sup>.

Применения принадлежащего к этой же группе сернокислого кальция (гипса  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и ангидрита  $CaSO_4$ ) ввиду неустойчивости его относительно действия воды избегают.

**Кремнезем.** По химическому составу ангидрид кремневой кислоты  $SiO_2$ , более или менее гидратированный ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ). Чистый кварц имеет твердость по Мосу 7 и уд. вес 2,65. Гидратированные разновидности имеют более низкую твердость (ок. 5,5) и более низкий уд. вес (ок. 2).

Число природных разновидностей очень велико: гейзерит, трепел, кизельгур и др. в большей или меньшей мере являются чистым и доступным экономически кремнеземом.

В СССР интересным видом кремнезема является обнаруженный лишь в 1930 г. и с 1933 г. уже добываемый на Урале (в 45 км от Челябинска) пылевидный кварц, так называемый маршаллит. Из всех свойств этого наполнителя приходится

прежде всего считаться с его чрезмерно высоким абразивным действием<sup>308a</sup>.

Впрочем, площадь месторождения велика и разведки обнаруживаемого производства участков, нежели разрабатываемое ныне Тактубайское месторождение (например, ст. Бергильда и др.).

Кремнезем — существенный наполнитель граммафонных пластинок.

**Силикаты.** По химическому составу соли кремневой кислоты; так, например, алюмосиликат, минерал каолинит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , содержится во многих горных породах: глинах, мергелях, сланцеватых глинах и глинистых сланцах. Твердость обычно невелика, уд. вес ок. 2,5.

В производстве граммафонных пластинок применяется очень часто в виде пылевидного отхода производства кровельного шифера<sup>309</sup>, реже в виде каолина, талька.

В СССР из сланцев существенны ларский (Кавказ, к востоку от Военно-Грузинской дороги, между ст. Ларс и Казбек) и криворожский (Украина, Днепропетровская область, Кривой Рог).

К этой же группе могут быть отнесены глины, богатые окисями и гидроокисями других металлов, например железа, марганца, — таковы охра, мумия, железный сурик, сиена, умбра и др. Эти последние окрашены в желтые, коричневые и красные цвета и потому могут одновременно выполнять в массе роль минеральной краски<sup>310</sup>. Наконец, особо следует упомянуть об относящихся к этой же группе сукновальных глинах (бентонит, фуллерова земля, флоридин), представляющих как добавка интерес в том отношении, что они способны удерживать от выделения на поверхность шеллачный воск.

Относящиеся к группе силикатов наполнители очень распространены в производстве граммафонных пластинок. Мно-

<sup>308a</sup> О маршаллите см. Орешкин И. И., Нагайбакское месторождение пылевидного кварца, МС 1935, 10; 5:1—5. Его же, Петрографическое изучение пылевидного кварца и вмещающих пород месторождений в районе г. Магнитогорска, МС 1936, 11:8—9:15—20; Иванов А. И., Руднева А. Ф., Нейтуль Р. А., Пылевидный кремнезем магнитогорского района, МС 1935, 10; 8:32—9. Иванов А. И., Исследования пылевидного кремнезема с целью получения высокодисперсных фракций, МС 1935, 10; 9:19—25.

<sup>309</sup> О применении сланцев в резиновом производстве см. между прочим Scott J. R., Slate Flour in Rubber Mixings, Journ. of the Research Association of British Rubber Manufacturers 1932, 1; 12:115—26. Ref. Rubb. World, 1933, 89; 1:40.

<sup>310</sup> В связи с этим интересно отметить, что в 1934 г. фирмой Telefunken выпущены были на рынок коричневые пластинки, повидному основные на подобных наполнителях, Helios, Radio 1934, 11; 12:762. Цветные пластинки не смогли, однако, получить признания публики.

<sup>308</sup> См. статью Strontium Sulphate, a new Filler, India Rubber Journal 1927, 73; 25:991—2. Также — Scott J. R. Strontium Sulphate as a Rubber Filler J. Rub. World 1931, 82; 14:12—14.

гие из них применяются не в естественном, а в термически обработанном виде. Термическая обработка часто ведет к повышению степени дисперсности.

О связи кристаллической структуры наполнителя с его поведением в композициях граммофонных пластинок, к сожалению, пока настолько мало имеется данных, что судить по микрофотографии наполнителя о его свойствах в композиции еще невозможно. Поэтому микрофотографии отдельных наполнителей здесь не приводятся. Более обстоятельное описание отдельных из перечисленных материалов здесь вряд ли целесообразно. Имея дело с горными породами, мы не можем претендовать на однородность даже в пределах одного, а тем более разных месторождений. Поэтому, например, сказанное о советском шифере ларского месторождения никак не может быть безоговорочно отнесенным не только к советскому шиферу криворожского месторождения, но тем более к германскому шиферу из Тюрингии или английскому из Девоншира и т. п.

Знание специфических особенностей наполнителей, доставка которых рентабельна для пластиночного предприятия какой-либо местности, остается поэтому делом данного предприятия.

Именно из этих соображений более важно иметь общие методические представления о составлении рецептуры, нежели знать рецепты той или иной географически отдаленной фирмы. Рецепт может быть без изменений плодотворно перенесен лишь с сохранением требуемого для него конкретного сырья (не говоря уж, конечно, о технологическом процессе), поэтому ценность тщательно соблюдаемого фирмой в секрете рецепта не столь уж велика для предприятия, территориально весьма удаленного от этой фирмы.

Некоторые рецепты содержат не один, а несколько наполнителей, о чем упоминалось уже в § 114, — это придает большую оперативность в выборе свойств наполняющего вещества в целом.

В принципе наиболее желательны рецепты, состоящие из минимального числа компонентов, как наиболее легко поддающиеся контролю и наиболее простые в организационно-производственном отношении. Учитывая аналогию с резиновым производством, можно привести следующее<sup>311</sup>: «В старых руководствах, содержащих рецепты резиновых смесей, можно встретить много формул с целым рядом минеральных ингредиентов, включенных, повидимому, просто в целях удешевления материала. Такие рецепты создавались, повидимому, годами путем постепенного их накопления. По крайней мере

часто нельзя понять, почему такие наполнители, как барит, углекислый кальций, литопон и окись цинка, должны вместе находиться в одной смеси». Эти слова относятся по существу и к некоторым граммофонно-пластиночным рецептам.

### 130. Сажа

Из неминеральных наполнителей следует особо остановиться на саже.

Сажа готовится<sup>312</sup> на сажевых заводах, как продукт неполного сгорания органических соединений — дерева, смолы, горючих сланцев, нефти и ее погнонов, жиров, масел, горючих газов и т. п.

Частицы углерода (те самые, которые, будучи раскаленными, придают пламени способность светиться), не встречая достаточного количества кислорода, чтобы сгореть, оседают на холодных поверхностях в виде мелкого аморфного углерода — сажи.

Когда приток воздуха очень мал, сажа выделяется обильно и при этом частицы ее оказываются более крупными; ценится, напротив, тонкодисперсная сажа. К тому же при слишком малом доступе воздуха ослабляется горение и, как следствие, снижается температура, так что некоторая часть сжигаемого вещества успевает лишь испариться, но не сгореть, и осаждается вместе с сажей, ухудшая этим ее качество. При большем доступе воздуха сажа получается лучшего качества, зато с меньшим выходом.

Качество сажи при осаждении ее в камерах определяется также удаленностью от горелок. По мере удаления от места сжигания в саже оказывается меньше продуктов сухой перегонки, да и сами осаждаемые частицы более тонки; поэтому сажа из последних камер более легкая, более тонкая и выше ценится.

Вместе с несгоревшими частицами в саже остается минеральная негорючая часть — зола. Присутствие золы делает сажу гигроскопичной.

Сажа, получаемая подобным сжиганием легких жидкостей — керосина, солярового масла и т. п., так называемая ламповая копоть не только по содержанию примесей, но и по размерам частиц уступает значительно более тонкой

<sup>312</sup> Подробности см. Келлер И., Производство сажи, 1931. Максимов Н., Сажевые заводы, 1933. Саркисянц Т. А., Организация производства сажи из естественного газа, 1932. См. также Bryson H. C., Uses of carbon black in plastics and gramophone record industries. Industrie chimique 1934, 10; 115, 300—2. и Либуркин Д. X., Сажевая промышленность США. Америк. Техн. и Пром. 1939, 16; 2: 92—7

<sup>311</sup> Cotton F. N., Перевод статей под заглавием „Ингредиенты резиновых смесей“, стр. 18.

и чистой саже, получаемой сжиганием природных горючих газов.

Такая газовая сажа готовится, например, в США сжиганием горючих газов, выделяющихся из трещин в неф-

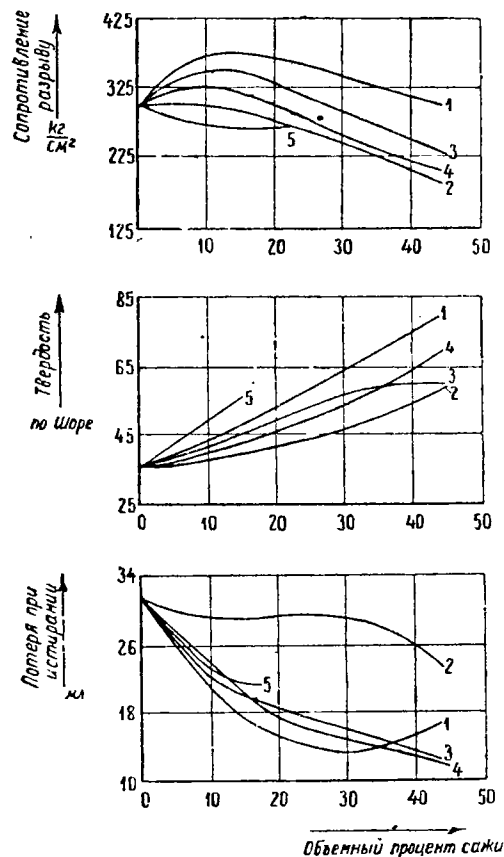


Рис. 178.

теносных областях Пенсильвании, причем сажа осаждается на холодных металлических частях (например барабанах). Полученная таким путем сажа, наиболее пригодная для изготовления граммофонных пластинок, носит рыночные названия Micronex, Casot, Spheron, Agrou и т. п.<sup>313</sup>. При этом в сажу превращается лишь 2—4% содержащегося в природных газах углерода.

Те же газы могут быть с целью увеличения выходов вместо сжигания подвергнуты термической обработке — действию высоких температур (до 1700°) и давления в закрытых камерах. Полученный продукт носит название термактомического углерода или сажи термакс (Thermax), имеет несколько сероватый цвет и менее активен, чем микронекс.

К этой же группе могут быть отнесены сажи фумонекс (Fumopex) и гудвин (Goodwin), получаемые при неполном сгорании природного газа при высокой температуре, — они также менее активны, чем микронекс, хотя и стоят в этом отношении выше, чем термакс.

К активности этих саж приближается и так называемая ацетиленовая сажа, получаемая термическим разложением ацетилена.

Когда выше говорилось об активности, имелось в виду увеличение сопротивления разрыву, повышение твердости и уменьшение истираемости — эти качества идут в общем параллельно, как это видно из рис. 178, где сопоставлено действие разных саж на сопротивление разрыву, твердость и истираемость резиновых смесей. По оси абсцисс здесь каждый раз отложено объемное содержание сажи (отнесенное к объему каучука), а кривые относятся к сортам: 1 — Micronex, 2 — Thermax, 3 — Goodwin, 4 — Charlton, 5 — Super Spectra. Кроме упомянутых выше сортов здесь упоминается еще сорт Charlton, представляющий наиболее высококачественную ламповую сажу. Из рисунка видно, что о точной пропорциональности в изменениях отдельных качеств не может быть и речи, но порядок саж в общем сохраняется. Кроме того, здесь упоминается еще сорт Super Spectra, получаемый канальным процессом из природных газов. Эта сажа, отличающаяся особенно высокой дисперсностью, более других отклоняется от общего порядка, занимая лишь по показателю твердости принадлежащее ей соответственно ее дисперсности место.

Существуют способы добавочной обработки, назначением которых является удаление из сажи смолистых веществ, придающих ей жирный вид; таким приемом является так называемое кальцинирование, состоящее в прокаливании сажи без доступа воздуха: эта операция является обязательной для так называемых пламенных или печных саж, лучший сорт которых носит название голландской сажи; пламенная сажа готовится сжиганием тяжелых жидкостей, например креозотовых масел и мазута, и твердых веществ (осмола, горючих сланцев) и представляет наименее ценный сорт сажи.

Лучшие сорта сажи состоят из частиц в 50—200 м $\mu$ , т. е. настолько мелких, что фотографировать их удается лишь в ультрафиолетовом свете. Хорошая сажа — исключительно активный наполнитель и потому роль сажи в граммофонно-пластиночных композициях очень велика.

Заметим, что так называемая финляндская сажа не представляет собою сажи в описанном выше смысле, так как получается механическим измельчением прокаленного угля.

Сам по себе уголь также находит применение в виде костяного угля. Костяной уголь готовится обжигом кости без доступа воздуха и содержит обычно менее 10% углерода.

Костяной уголь является широко практикуемой добавкой в массу граммофонных пластинок, чему он обязан, главным образом, своей высокой адсорбционной способностью. Быть

<sup>313</sup> Об отечественной сажевой промышленности см. Воронцов С. и Пирожков Н., Проблема сажи, ЖРП 1936, 10; 1:28—9. Также ЖРП 1938, № 4, 5, 10.



может иметь благоприятное влияние<sup>314</sup> и строение минеральной соли, фосфорнокислого кальция, содержащегося в больших количествах в костяном угле.

### 131. Армирующие вещества

Как уже говорилось в § 110, роль армирующих веществ лучше всего выполняют волокна благодаря особенностям своей формы.

Естественно, что чем меньше поперечник волокна, тем более волокно приемлемо с точки зрения влияния на шипение. По этому признаку волокна располагаются следующим образом:

Волокно	иск. шелк	шерсть	хлопок	пенька	леп	шелк
Средний поперечник в $\mu$	25—100	15—60	12—40	16—30	12—26	10—21

Еще более тонки минеральные волокна; например асбест (в виде южноафриканского крокидолита из Капской провинции) имеет поперечник в 9  $\mu$ , а серпентин (в виде уральского хризотила) всего лишь 0,75  $\mu$ .

Присутствие самых незначительных количеств волокна очень резко сказывается на свойствах массы — масса становится малотекучей, непузырящейся, менее хрупкой.

Внутренние напряжения, возникающие при усадке, также выравниваются волокнистым наполнителем, принимающим их в известной мере на себя.

Однако наличие грубого волокна способствует комкованию массы и увеличивает шипение — волокно длиннее 1,5 мм применять не рекомендуется.

Короткие волокна редко нарезаются из свежего волокна на кнопорезках — чаще используют угары текстильного производства. Так, например, можно указать на линтер — пух и волоконца, остающиеся на хлопковом семени после очистки хлопка-сырца в джинах, очесы — короткие волоконца, получаемые при чесании трепаного льна, короткие во-

<sup>314</sup> По этому поводу уместно процитировать слова Таммана: „В живой природе неправильное волокнистое строение встречается там, где требуется, чтобы крупное тело обладало возможно высокой прочностью при возможно малом количестве твердого вещества. Например, кости, отвечающие особенно высоким требованиям, заключают в себе твердое вещество — трехосновный фосфорнокислый кальций — в виде неправильных волокон, распределенных в коллагенном веществе“, 1. с. стр. 30.

локонца угаров шерсти, получаемые из угарного волчка, нагонный сбой — шерстяные волоконца, получаемые при начесе суконных тканей, хлопчатобумажный пух, уносимый вентилятором от стригальных и ворсовальных машин ситценабивного производства, и т. д.<sup>315</sup> Были также попытки использования для этой цели отходов мехового производства.

Иногда применяются<sup>316</sup> специальные операции по придаче волокнам гидрофобности для уменьшения неприятностей, связанных в готовой пластинке с наличием гигроскопичных компонентов.

Армирующее — не обязательный компонент массы и может в ней отсутствовать вовсе. Лучшие фирмы применяют рецепты, не содержащие армирующих.

### 132. Прочие вещества

На применении красящих веществ не приходится особо останавливаться, так как использование их не связано здесь с какими-либо химическими процессами крашения — красящее вещество просто замешивается со всеми остальными ингредиентами, обычно вполне инертными относительно этих красящих веществ. Широкое применение в грамофонно-пластиночных композициях веществ типа сажи обуславливает в качестве наиболее обычного — черный цвет пластинок.

В отсутствии сажи пластинка имеет неприятный грязный цвет.

Нужно заметить, что черный цвет принципиально мало желателен для термопластических масс, дефектом которых является обычно их низкая теплоустойчивость: благодаря черному цвету грамофонная пластинка скорее прогревается на солнце, чем светлые тела, и потому быстро коробится в прямых солнечных лучах.

Впрочем, как упоминалось, выпускавшиеся на рынок цветные пластинки, обаянные своим цветом охром и тому подобным минеральным наполнителям, не оправдали себя. Предлагался для этой цели и ультрамарин.

Для подцветки иногда применяются и органические красители. Из последних можно указать на черный краситель нигрозин (так называемый нигрозин-основа; спирторастворимый хлоридат) и синий индулин<sup>317</sup>, относящиеся к группе ортохинонимидных красителей.

Производя в § 110 разбивку композиции на группы характерных компонентов, мы упомянули о специальных до-

<sup>315</sup> Подобные материалы носят часто название флок (от Flockseide, Flockwolle; английское flock относится обычно к шерстяным очесам).

<sup>316</sup> W o r m s G., Le Génie Civil, 1934, 104; 11; 243—7.

<sup>317</sup> См., например, амер. пат. 1781711 (1930 г.).

бавках, причем указали, что вещества эти выполняют вспомогательную роль относительно того или иного из основных компонентов. В предыдущем рассмотрении не раз уже упоминалось о том, что отдельные вещества способны устранять дефекты других веществ. Например, упоминалось о том, что копал, сукновальная глина, костяной уголь и др. могут играть роль и м м о б и л и з а т о р о в шеллачного воска. С этой точки зрения эти вещества можно было бы считать специальными добавками; в то же время, однако, они принадлежат к тем группам веществ, с которыми они были рассмотрены.

Вообще деление на группы, приведенные в § 110, не свободно от условностей: например сажу можно считать и активным наполнителем и красителем.

С этими оговорками можно назвать два типа веществ, до сих пор не упоминавшихся и могущих быть отнесенными к группе специальных добавок.

Первым типом таких веществ являются в л а г о у д е р ж а т е л и. Они применяются тогда, когда массу, имеющую слишком высокую влажность, необходимо обезопасить от связанных с этой высокой влажностью дефектов пластинки. Влагоудержателями являются вещества, способные перевести гигроскопическую влагу в кристаллогидратную. Таким веществом может служить, например, ангидрит. В некоторых случаях применяют для этой цели негашеную известь, однако содержание последней даже в количестве лишь 0,3% в смеси может уже сказаться отрицательно, повидимому, благодаря действию щелочей на шеллак. К этим веществам можно прибегать лишь с известной осторожностью.

Второй неупомянутый до сих пор тип специальных добавок — с м а з к и. Это — вещества, облегчающие отставание готовой пластинки от матрицы. По составу эти вещества представляют собой обычно мыла, например стеараты щелочно-земельных или тяжелых металлов. Избыточное количество этих веществ также вредно<sup>317а</sup>.

Само собой разумеется, что «активаторы», упоминавшиеся в § 112, также могут быть причислены к группе специальных добавок. Так, например, относительно упоминавшейся в приведенном параграфе стеариновой кислоты в резиновой промышленности установлено, что в ее отсутствие нельзя получить полного эффекта от газовой сажи.

<sup>317а</sup> Отнесение многих из этих веществ к одной лишь группе смазок также не лишено условности. Так, например, при перетире пигментов в лакс-красочной промышленности широко применяются введение добавки стеарата алюминия, нафтената цинка и т. д. в роли стабилизаторов в красочной суспензии. См. Дринберг А. Я., Химия и технология пленкообразующих веществ, часть II, Л. 1938, стр. 314.

## Глава XI

### ПРИГОТОВЛЕНИЕ МАССЫ

Все приготовление массы сводится по существу к получению достаточно равномерного распределения дисперсных порошков в застывшем плаве связующих.

Все операции приготовления массы сводятся поэтому к операциям измельчения, классификации и смешения. Им предшествуют еще незначительные подготовительные операции, с которых и начнем.

#### 133. Сушка

Первым требованием, предъявляемым к материалам, идущим в переработку на пластиночный состав, является незначительная влажность, так как влага, находясь в массе, при последующем нагреве обратится в пар и придаст массе очень нежелательную пузырчатость. Поэтому влажные материалы подвергаются просушиванию.

Для этой цели применяются как сушилки периодического действия, так и сушилки непрерывного действия.

Обогрев производится обычно паром, редко дымовыми газами; в последнем случае не допускают прямого контакта дымовых газов с материалом, опасаясь его загрязнения.

При высушивании материалов рассматриваемого производства имеют дело не столько с удалением больших количеств влаги, сколько с доведением материала до низкой конечной влажности, поэтому предпочтителен противоточный тип сушилок.

Сушилки применяются не только действующие при атмосферном давлении, но и вакуумные. Последние предпочтительны в тех случаях, когда желательно производить высушивание при более низких температурах, а также, когда приходится сушить высокодисперсные вещества (например сажу), легко увлекаемые током воздуха.

Конструктивных типов сушилок много<sup>318</sup>. В рассматриваемом производстве, повидимому, наибольшее распространение имеют пока камерные сушилки периодического действия (сушильные шкафы), барабанные и шнековые сушилки непрерывного действия и вакуум-сушилки периодического действия.

Нужно различать механически привнесенную влагу от гигроскопической. Заблаговременное удаление гигроскопической влаги нецелесообразно, так как материал снова поглотит из воздуха влагу, приняв гигроскопическую влажность, равновесную при имеющейся относительной влажности воздуха<sup>318а</sup>.

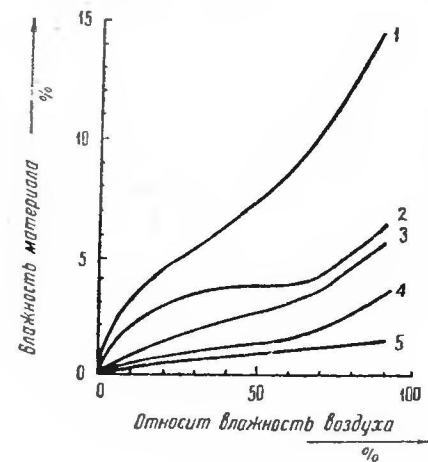


Рис. 179.

Впрочем, в специальных мешках из пергаминая бумаги удается хорошо сохранять вещества, доведенные высушиванием до влажности более низкой, чем равновесная.

Представление о равновесной гигроскопической влажности некоторых материалов дает рис. 179. На этом рисунке<sup>319</sup> кривая 2 относится

к саже, кривая 3 — к инфузорной земле, кривая 5 — к каолину. Кроме того, на графике дана кривая 1 для бумаги (этикетки), кривая 4 — для ацетилцеллюлозы (пластинки других типов).

Можно полагать, что влажность до 0,03—0,5% перед смешиванием не вызовет неприятных последствий.

### 134. Подготовка боя

Бой производства, незагрязненные отходы производства и бракованные граммофонные пластинки подлежат вторичной переработке, для чего они добавляются в массу вместе с другими порошками. Исключительно строгие условия браковки, характерные для этого производства, вызывают относительно

<sup>318</sup> Подробности по сушильной технике см. Лурье М. Ю., Сушильное дело, Л. 1934. Magg O., Das Trocknen und die Trockner, 1923. Hirsch M., Die Trockentechnik, 1927.

<sup>318а</sup> Теоретические основы сушки гигроскопических веществ изложены в книге Ledoux E., Séchage des produits hygroscoпiques, adsorption de la vapeur d'eau, Париж 1937.

<sup>319</sup> Lindsay D. C., Гигроскопические свойства промышленных материалов, С.-П. Т. 2, 1927, 8.

высокий процент брака, — весь этот брак возвращается для вторичной переработки.

Первой операцией подготовки боя к последующей переработке является удаление с него этикеток. Операция эта необходима ввиду того, что в противном случае после измельчения этикетка будет разорвана на клочки, имеющие грубую структуру и вызывающие в готовой пластинке повышенное шипение. Выделение же волокна из молотой массы хотя и возможно, но мало желательно в пожарном отношении.

При наиболее примитивном способе работы место этикетки выламывают вручную. При механизированном — место этикетки вырубает обычно на ручном станке. В обоих случаях теряется значительное количество массы, находящейся в зоне этикетки.

Наиболее совершенным способом является снятие обеих этикеток с каждой бракованной пластинки до дробления. Служащий для этой цели небольшой станок изображен на рис. 180.

Рабочей частью его являются два диска 1 и 2, обогреваемых электрическим током, примерно, до 400° на поверхности. Из этих дисков нижний 1 неподвижен, а диск 2 может опускаться вниз.

Для снятия этикеток рабочий кладет пластинку на диск 1 и сдвигает ее вглубь до упора с обоими штырьками 3—3, чем обеспечивается положение дисков как раз над этикеткой. Вслед за этим рабочий тотчас нажимает на педаль, не показанную на рисунке, благодаря чему оттягивается вниз трос 4 и рычажная передача заставляет опуститься диск 2.

В тонком слое массы, держащем этикетку, немедленно благодаря высокой температуре происходит плавление; рабочий отпускает педаль и вынимает пластинку, освобожденную от этикеток, выбрасывая самые этикетки. Вся операция длится около 30 сек.

Сравнительно невысокая производительность операции горячего снятия этикеток, конечно, компенсируется эффектом значительной экономии массы (подэтикетная масса в пластинках Ф23 составляет более 10% всей массы).

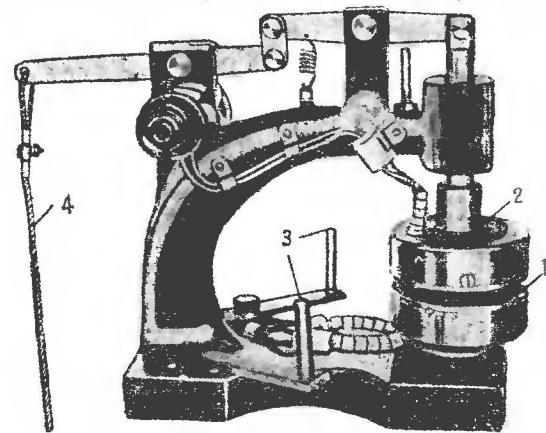


Рис. 180.

## 135. Дробление и пульверизация

Материалы, имеющие крупно кусковой вид (например асфальт, бой), перед измельчением в тонкий порошок должны пройти грубое дробление.

Подходящая для этой цели машина — дробильные валки — показана на рис. 181. Материал загружается в расположенный наверху бункер и попадает из него на вращающиеся навстречу друг другу валки с зубьями. Один из валков укреплен в постоянных подшипниках, он получает привод и передает вращение через сцепленную пару шестерен другому валку. Другой валок имеет скользящие подшипники; он прижимается к первому пружинами, служащими предохранением при попадании слишком крупных и твердых частей; изменением степени натяжения этих пружин производится и регулировка крупности размола. Для лучшего дробления валкам придаются различные скорости вращения.

Назначение грубого дробления состоит лишь в подготовке материала для дальнейшего дробления.

В то время как грубое дробление представляет в производстве грампластинок лишь незначительную операцию, имеющую применение только для некоторых материалов, тонкое дробление, так называемая пульверизация, играет в процессе приготовления массы очень существенную роль<sup>319a</sup>.

Строго говоря, между машинами для грубого дробления и машинами для пульверизации имеется еще класс машин промежуточного измельчения. К числу таких машин, подходящих для рассматриваемого производства, относятся молотковые дробилки и дезинтеграторы.

В молотковых дробилках на оси быстро вращающегося вала неподвижно или шарнирно укрепляются молотки, ко-

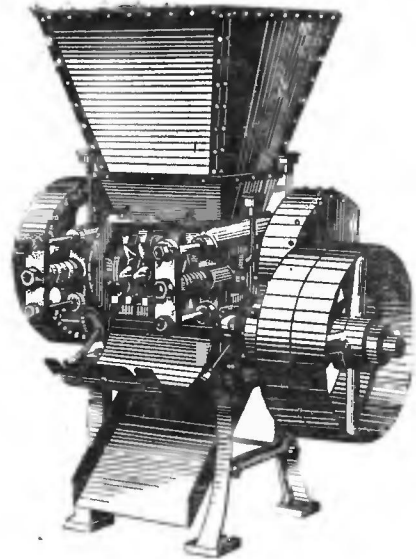


Рис. 181.

торые ударяют по измельчаемому материалу, отбрасывая его к снабженным ребрами и решетками стенкам, что и вызывает дробление материала.

В дезинтеграторах измельчение происходит за счет прохождения материала между штифтами или иными выступами двух вращающихся в противоположных направлениях дисков или одного вращающегося другого неподвижного (последний тип машин иногда называют дисмембраторами). Штифты и выступы обоих дисков расположены так, что между собой не касаются — штифты одного диска проходят в промежутках другого. Машины подобного типа применяются и для измельчения связующих<sup>319b</sup>.

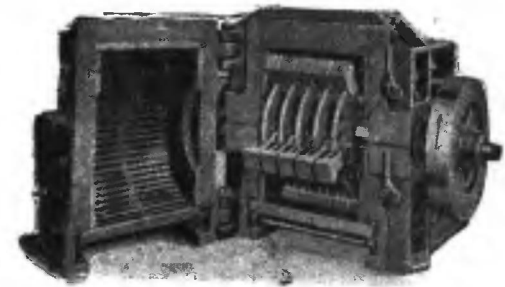


Рис. 182.

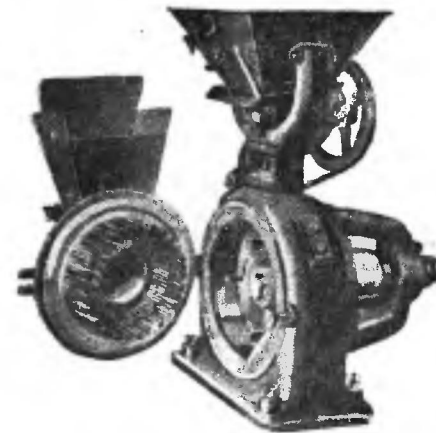


Рис. 183.

Так как наполнители грампластинок обладают заметным абразивным действием, то происходит значительный износ молотков и других выступающих частей; поэтому в подобных конструкциях заботятся о возможности их удобной смены, а сами они изготавливаются из весьма прочного материала (например марганцовистой стали).

Пример молотковой дробилки показан на рис. 182, а дезинтегратора на рис. 183 (см. также верхнюю

часть рис. 188). Эти машины выпускаются многими фирмами и имеют очень много конструктивных разновидностей<sup>319c</sup>.

<sup>319a</sup> На теории дробления останавливаться не будем и отошлем к книге Егоров Г. Г., Теория дробления и тонкого измельчения. Л.-М., 1938 г.

<sup>319b</sup> К этому типу принадлежат, например, мельницы КЕК (фирмы Buffoline noisetess Gear Co, Лондон), описанные в книге Брайсона и применяемые действительно фирмой His Masters Voice для смол.

<sup>319c</sup> Описание молотковых дробилок советских заводов см. Соколов А. Я. и Нудельман Г. Э., Механическое оборудование комбикормовых заводов. 1937.

Переходя к машинам для пульверизации, отметим, что этой операции обычно связующие не подвергаются. Измельчение связующих вообще производится лишь для достижения большей однородности массы в целом — такая однородность практически достигается уже в случае помола связующих на предшествующих машинах. Однако, когда измельчается бой, он обязательно подвергается пульверизации и, следовательно, вместе с ним в пульверизатор попадает и связующее. Поэтому при тонком измельчении боя очень существенно заботиться о том, чтобы не происходило чрезмерного разогревания материала, так как благодаря наличию в материале связующего возможно не только слипа-

тельно заботиться о том, чтобы не происходило чрезмерного разогревания материала, так как благодаря наличию в материале связующего возможно не только слипа-

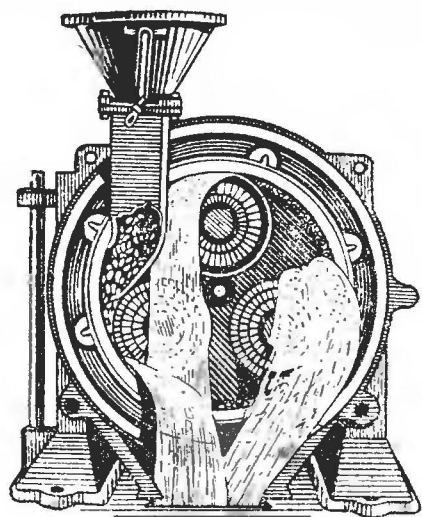


Рис. 184а.

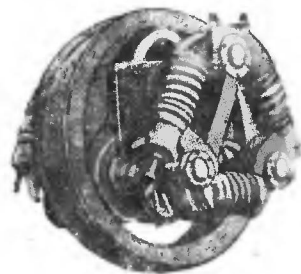


Рис. 184б.

ние крупинки, но даже сплавление с образованием «козла». Поэтому относящиеся к этой группе машин шаровые мельницы<sup>319d</sup> пользуются в рассматриваемом производстве меньшим успехом, нежели мельницы центробежно-вальцового типа.

При применении шаровых мельниц иногда предпочитают флинтштейн (шары кремневой гальки) шарам из марганцовистой стали или малоуглеродистым стальным цилиндрам (так называемому цильпесу).

<sup>319d</sup> В шаровых мельницах удобно осуществляется мокрый помол, особенно целесообразный при некоторых материалах, не обладающих склонностью к последующей агрегации (например для диатомитов). Напротив, мокрый помол неприемлем в применении к материалам, легко коагулирующимся при сушке (часто в такой мере, что их потом даже измельчить трудно): в этом случае после мокрого помола необходима сушка во взвешенном состоянии — весь процесс получается весьма дорогим.

На конструкциях шаровых мельниц — устройства, широко распространенного при обогащении руд, в цементном производстве и т. д., останавливаться не будем<sup>319e</sup>. Рассмотрим центробежно-вальцовые мельницы.

К последнему типу принадлежит мельница Раймонда, Стюртиванта, Кента-Максекон, Фуллер-Легай, Леше-Лопулька и т. п., являющиеся мельницами непрерывного действия и хорошо сочетающиеся в замкнутый цикл с воздушной сепарацией. Здесь будет описана лишь одна<sup>320</sup> конструкция мельниц Кента<sup>321</sup>. Схема этой мельницы дана на рис. 184а, а вынутая из станины рабочая часть — на рис. 184б. Кроме того, внешний вид мельницы виден на помещенном ниже рис. 189б.

Мельница состоит из кольца из легированной марганцовистой стали (почему и носит название кольцевой мельницы), свободно висящего на валике из литой стали. Валик этот получает вращение от сидящего на одной с ним оси маховика, делающего 100—300 об/мин; таким образом, мельница эта принадлежит к числу мельниц средней скорости. Валик и кольцо имеют дугообразный профиль, в котором собственно и происходит размол.

Внутри кольца находятся еще два таких же валика; однако ни само кольцо, ни эти два валика не получают извне самостоятельного движения и вращаются лишь в силу трения. Между всеми тремя валиками расположены сильные пружины (всего 6, так как пружины имеются с обеих сторон станины), отжимающие валики к кольцу. Таким образом, лишь верхний валик сидит в стабильных подшипниках, вся же остальная часть мельницы находится в пружинно-натянутом состоянии.

Трущиеся части, конечно, подвергаются износу, но смена их не вызывает особых трудностей. Подшипники валиков находятся вне корпуса и потому защищены от воздействия на них частиц измельчаемого материала. Некоторые конструкции мельниц допускают применение водяного охлаждения валков, что бывает иногда полезно при размоле боя в жаркое время года.

Кольцевые мельницы строятся разных размеров; имеются, например, мельницы с производительностью 10 т в час в одном агрегате для материала средней трудности помола. Мельницы пригодны также для наиболее твердых материалов

<sup>319e</sup> См. Ортин М. Ф., Механическое обогащение руд, 1937, гл. 9. Канторович З. Б., Размольно-дробильные машины и грохота, 1937, гл. 5 и 6.

<sup>320</sup> Желая ознакомиться с остальными мельницами отошлем к книгам: Walker W. H., Lewis W. K. и Mc Adams W. H., Principles of chemical engineering, 1928; Badger W. L. и Mc Cabe W. L., Elements of chemical engineering, 1931.

<sup>321</sup> В выполнении фирмы Büttner-Werke A. G., Herdingen.

(кварцит, корунд) и могут давать материал высокой тонкости помола. Эти мельницы имеют значительное применение в котельных установках на пылевидном топливе, где они дают обычно помол с остатком в 0,5% на сите № 30, 2% на сите № 40 и 10—15% на сите № 70. Однако при другом режиме они могут давать и более тонкий помол. На 1 т измельчаемого материала расходуется 9—18 квт·ч энергии (эти цифры относятся к агрегатным установкам, в которых мельница находится в замкнутом цикле; такая установка описана в § 138).

### 136. Сита

Под ситом разумеют как полотнище, служащее фильтром, улавливающим крупные частицы, так и самую машину, в которой натянута это полотнище. В этом параграфе мы рассмотрим самое полотнище.

Нормальные сита изготавливаются простого (гроденаплевого) переплетения, причем для основы и для утка применяют нить (проволоку) одинакового диаметра. Плотность по утку и по основе также делают одинаковой, так что окна получаются квадратными. В продаже встречаются и сита с неквадратным прямоугольным окном, но они не представляют для рассматриваемой области интереса.

Единой классификации сит не существует. Не только разные страны, но и в пределах одной страны разные фирмы часто выпускают сита по собственным нормам. У нас также еще не существует ОСТ на сита. Чаще других в СССР применяется германская классификация сит, стандартизованная там как государственная промышленная норма<sup>322</sup>; система эта интересна для нас тем, что основана на метрических мерах.

В германской системе, как и во всех остальных, под номером сита разумеют число отверстий, приходящихся на единицу длины. Единицей длины в германской системе считают линейный сантиметр. Поэтому номер сита по этой системе,  $N_s$ , можно выразить следующей зависимостью от диаметра  $d$  проволоки, из которой ткют сито, и от ширины отверстия  $l$  ( $d$  и  $l$  выражают в миллиметрах):

$$N_s = \frac{10}{d + l}. \quad (76)$$

В основу германской системы сит положен принцип постоянства (для разных номеров) соотношения между шириной отверстия и осевым расстоянием, т. е.:

$$\frac{l}{l + d} = \text{const}. \quad (77)$$

Постоянство этого соотношения означает, как легко видеть, неизменность относительного значения живого сечения:

$$\frac{l^2}{(l + d)^2} = \text{const};$$

другими словами, в пределах рамки какого-либо размера общее живое сечение сита любого номера всегда одинаково. Величина последней константы принята равной 36% и, таким образом, в основу системы положено соотношение

$$\frac{l^2}{(l + d)^2} = 0,36. \quad (77a)$$

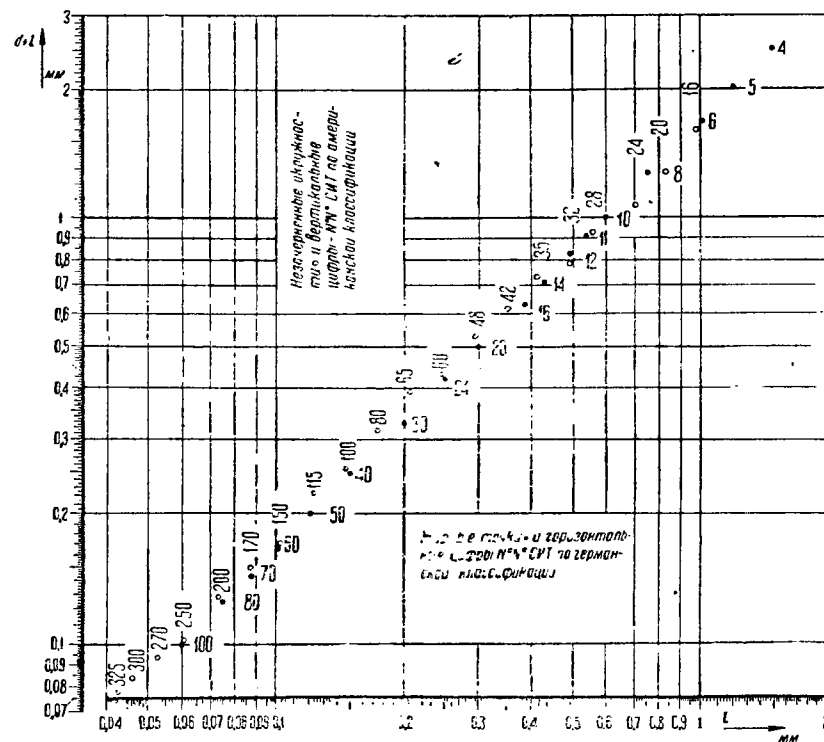


Рис. 185.

В пределах некоторых неточностей это соотношение практически соблюдается для всех сит. На рис. 185 нанесены точками значения всех сит, предусмотренных германскими нормами; легко видеть, что точки не лежат строго на одной прямой, что и показывает меру этих отклонений.

Для быстрых расчетов можно, однако, пренебречь указанными отклонениями и вывести простые соотношения, позволяющие с легкостью установить по номеру сита его основные размеры. В самом деле, решая совместно выражение (76) и (77а), нетрудно найти:

$$d = \frac{2}{3} l; \quad d = \frac{4}{N_A} \quad \text{и} \quad l = \frac{6}{N_A}.$$

Эти соотношения полезно запомнить.

На том же рисунке приведены для сравнения также сита американской системы Тейлера<sup>322а</sup>. В пределах допусков эти сита совпадают с нормами Американского о-ва испытания материалов (ASTM). В основу американской классификации положена единица длины — дюйм = 25,4 мм и, соответственно этому, номер сита определен выражением

$$N_A = \frac{25,4}{d + l}. \quad (76a)$$

Заметим, что при пользовании английской системой мер, характеризуя сито номером, говорят о числе так называемых меш (meshes per inch). Например сито  $N_A = 200$  называют ситом в 200 меш.

Применительно к американской системе сит (для тонких сит) можно приближенно считать

$$l = \frac{1,5}{N_A} \text{ мм.}$$

Система Тейлера интересна тем, что она принимает при переходе ко всякому следующему, более тонкому ситу, уменьшение вдвое живого сечения окна. Так, например, сито № 80 имеет по этой системе площадь живого сечения одного отверстия 0,0306 мм<sup>2</sup>, а следующее сито, № 115, только 0,0153 мм<sup>2</sup>. Соответственно этому ширина окон двух соседних сит относится друг к другу, как  $1 : \sqrt{2} = 1,414$ . Например, для сита № 80 ширина окна  $l_{80} = \sqrt{0,0306} = 0,175$  мм, для сита № 115 ширина окна  $l_{115} = \sqrt{0,0153} = 0,124$  мм, отношение их действительно равно  $0,175 : 0,124 = 1,414$ .

Для увеличения числа ступеней практически число сит в этой системе удвоено путем введения промежуточных с коэффициентами перехода  $1 : \sqrt{2} = 1,189$ , почему между упоминав-

шимися выше ситами № 80 и № 115 находится еще одно сито (№ 100) с размером отверстий  $l_{100} = 1,189 \times l_{115} = 0,147$  мм.

Кроме обозначения сит по номерам, существует еще способ обозначения их по числу отверстий на единице площади. Так, например, германское сито № 80 называют иногда ситом в 6400 (= 80<sup>2</sup>) отверстий на 1 см<sup>2</sup>.

С точки зрения процесса просеивания наибольшее значение имеет, конечно, величина  $l$ , так как она находится в определенной связи с размером частиц, проходящих сквозь сито. Размер наибольших частиц, проходящих сквозь сито, обычно меньше размера отверстия сита, составляя лишь 80—90% последнего<sup>323</sup>.

Впрочем, размер частиц, проходящих через сито, зависит также и от условий тряски. На частицу, прыгающую на сите (рис. 186), действует сила  $P$  бокового перемещения сита (сила тряски) и сила тяжести  $Q$ , которые дают некоторую результирующую  $R$ , образующую с поверхностью сита угол  $\beta$ . Если обозначить диаметр частицы, проходящей через сито при данной степени тряски, через  $D$ , то величина эта окажется связанной с размерами сита следующим соотношением:

$$D = (l + d) \sin \beta - d$$

(здесь значение  $D$  — наименьшее из значений  $D_1$  и  $D_2$  — см. рисунок).

Наибольшее значение  $D$  приобретает при  $\beta = 90^\circ$ , а именно  $D = l$ .

Сита в промышленности грампонных пластинок применяются металлические, материалом служит бронза. При этом наиболее распространены сита № 60—100 (по герм. класс.). Однако последние годы наметилась тенденция перехода к еще более мелкому продукту. Некоторые предприятия пользуются даже ситом в 325 меш. Через более тонкие сита просеивают наполнители, через более грубые — связующие.

По сообщению Брайсона<sup>324</sup>, сделанному 30 ноября 1932 г. в группе пластмасс Society of Chemical Industry, фабриканты более склонны требовать продукт, дающий 91—92% прохода через сито 300 меш, нежели 97% прохода через сито 200 меш.

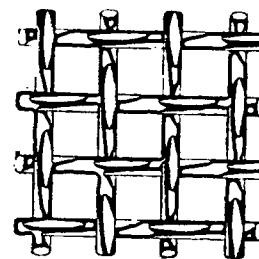
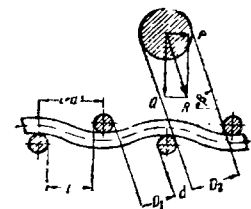


Рис. 186.

<sup>323</sup> Зоммерфельд А., Пластические массы (пер. с нем.), М. 1935, стр. 297.

<sup>324</sup> Реф. в RMP 1933, 9; 4: 127—31.

<sup>322а</sup> На рисунке пропущено сито в 400 отверстий на дюйм с шириной отверстия 37 м.

Чтобы дать более вещественное представление о тонкости сит, применяемых в рассматриваемом производстве, заметим, что в репродукционной технике растр 100 точек на 1 см длины может служить изображением сита № 100. Рис. 183 этой книги имеет растр 48 точек на сантиметр; при рассмотрении рисунка в лупу можно получить представление о сите  $N_{r} = 48$ .

### 137. Машины для просеивания

Существует очень большое количество машин, предназначенных для просеивания. Наиболее разработаны эти машины в обогатительном и в мукомольном деле. Устройства, применяемые в производстве грампластинок, являются по существу заимствованиями из этих отраслей.

Из таких машин упомянем плоское сито, бурат, центрофугал и рассев.

Плоское сито (рис. 187) является наиболее примитивным из подобных устройств. На рисунке <sup>325</sup> показано сито, покоящееся на четырех плоских пружинах и приводимое в движение эксцентриком, делающим ок. 300 об/мин.

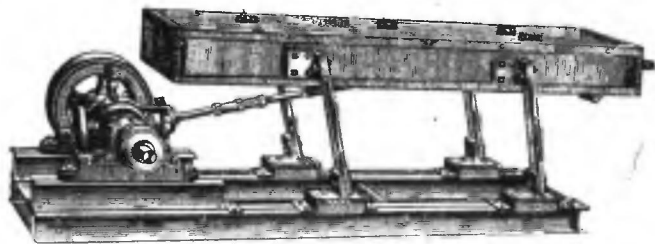


Рис. 187.

Вместо пружинной опоры ящик сита иногда ставят непосредственно на параллели.

Когда плоскость полотна совершенно горизонтальна, приходится сито время от времени останавливать для удаления накапливающихся непроходящих частиц. Сито, показанное на рисунке, имеет небольшой уклон и потому загрузка непросеянного материала производится с более высокой стороны — со стороны эксцентрика, а спуск с противоположной — через находящийся там лоток. Проходящий сквозь полотно тонкий материал собирают в подставные ящики.

<sup>325</sup> В выполнении фирмы Otto Hillig, Berlin.

Для уменьшения пыления все сито заключают в кожух, однако благодаря необходимости периодического открывания кожуха эти сита все же сильно пылят.

Само собой разумеется, что под полотнищем должна находиться опорная деревянная или металлическая решетка, разгружающая полотнище.

При работе надо тщательно следить за отсутствием прорех в сите, которые сводят на-нет всю работу просеивания; это относится, конечно, и к другим рассматриваемым ниже устройствам.

Бурат (рис. 188, где бурат виден <sup>325</sup> в нижней части изображенного там помольно-просеивного агрегата) имеет перед плоским ситом преимущество более удобной непрерывности работы и несколько меньшего пыления.

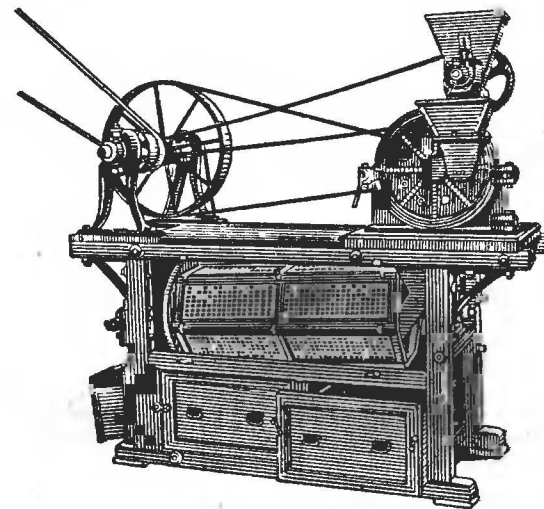


Рис. 188.

Рабочей частью бурата является шестигранная призма — «фонарь», медленно (ок. 30 об/мин) вращающийся относительно несколько наклонной (приблизительно 1:12) оси и обтянутый ситовым полотнищем.

В правой части рисунка просеиваемый продукт поступает из находящейся сверху мельницы в желоб, ведущий внутрь фонаря. Тонкий продукт проходит сквозь полотнище, а более грубый спускается, совершая зигзагообразное движение по стенкам фонаря. Для сбора продукта подставляют ящики, конечно, отдельные для схода и прохода, так как первый возвращается на дробление.



**Бураты** — машины громоздкие и мало производительные.

**Центрофугал**, несколько напоминая бурат по внешнему виду, отличается от него тем, что просеиваемый продукт совершает не свободное, а принудительное движение, так как подхватывается лопастями или бичами и щетками, установленными внутри заменяющего призму барабана, благодаря чему разбрасывается по поверхности полотнища и просеивается через него со значительно большей производительностью. Прошедший через полотнище продукт попадает в находящийся внизу шнек, которым и выводится из машины.

Центрофугал можно применять для отдельных ингредиентов, но не для смесей, так как он способствует расслоению.

Рассев представляет типичную машину мукомольного производства и обладает наибольшей производительностью<sup>324а</sup>.

Рассевы состояются из плоских сит, собираемых одно над другим во много этажей. Такая собранная группа сит называется корпусом. Современные рассевы обычно двухкорпусные.

Просеивающие поверхности сит в рассевах чаще всего горизонтальны и движение им сообщается в этой же горизонтальной плоскости — движение непрерывное поступательное, так что всякая точка поверхности сита движется по окружности диаметром около 10 см при числе оборотов около 200 в минуту. Благодаря горизонтальности сит необходимо искусственное побуждение просеиваемого продукта к перемещению.

Это достигается с помощью поперечных перегородок («гонков»), временно задерживающих у своих стенок продукт, стремящийся совершать вращение по некоторой окружности. Благодаря этому продукт, придя в движение под действием центробежной силы, окажется уже в иной фазе и будет совершать вращение по окружности со смещенным центром, пока временно не задержится снова следующим гонком.

Рассевы должны быть хорошо сбалансированы, чтобы не расшатывать помещение и не затрачивать на это часть своей мощности; в наилучшей мере этому требованию удовлетворяют так называемые самобалансирующиеся рассевы.

Как подвод, так и отвод материала из рассева совершается через закрытые рукава, так что эта машина, работающая непрерывно и совершенно закрытая, является (как, впрочем, и центрофугал) непылящей.

По сравнению с центрофугалом рассев требует большей производственной площади и надзор за полотнищами в нем более затруднен.

<sup>324а</sup> Сравнительная производительность просеивающих машин измеряется не абсолютно, т. е. не с агрегата, а относительно, с 1 м<sup>2</sup> поверхности ситового полотна.

### 138. Воздушная сепарация

Очень тонкие порошки медленно проходят через сита. В этом случае очень удобным оказывается способ воздушной сепарации или, иначе, отвеивания.

На рис. 189а представлена схема отвеивания в замкнутом цикле с использованием описанной выше кольцевой мельницы, а рис. 189б представляет внешний вид мельницы и сепаратора<sup>325</sup>, отвечающих этой схеме.

Материал поступает в питатель 2 через ввод 1. Маховичком 4, действующим через рычаг на находящуюся в трубе заслонку, производится регулировка количества подаваемого материала. Материал сыпается далее на вращающийся горизонтальный стол, приводимый в движение шестеренкой, получающей, с помощью цепной передачи привод от ведущей оси 22, на которой сидит не показанное на схеме маховое колесо. Материал равномерно скапывается с вращающегося стола в трубу 5.

В трубе 5 создается направленная вверх струя воздуха. Эта струя увлекает вверх все частицы, кроме очень тяжелых. Тяжелые частицы, например металлические включения и посторонние тела, падают вниз и скапливаются в сборнике 6, из которого затем могут быть выгружены.

Увлеченные вверх частицы попадают в сепаратор 8, задача которого состоит в том, чтобы пропустить в трубу 12 лишь достаточно тонкие частицы, а более грубые направить на измельчение в мельницу 23 через трубу 9.

Выполнение этих задач достигается сепаратором двумя путями. Во-первых, непосредственно над трубой 5 находится отражательная плита, от которой более крупные частицы, уда-

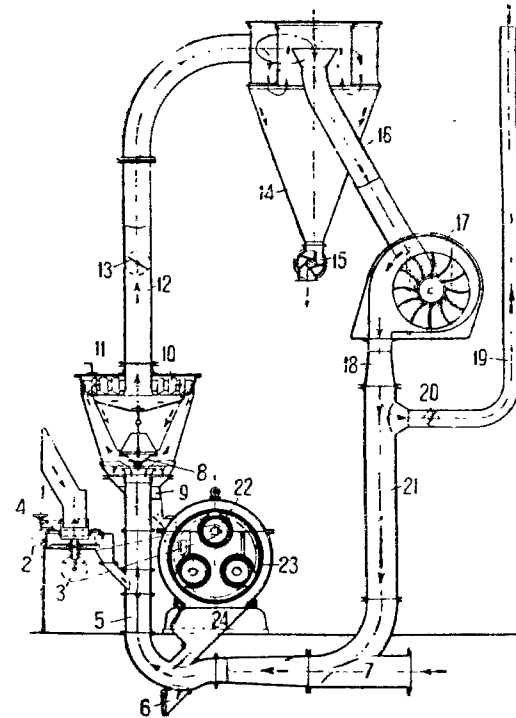


Рис. 189а.

рившись о нее, сразу отскакивают вниз в трубу. Во-вторых, те частицы, которые миновали отражательную плиту и пошли **наверх**, встречают жалюзи 10, направляющие струи тангенциально во внутренний конус; благодаря понижению скорости движения здесь оседают и скатываются оставшиеся недостаточно мелкие частицы, также попадающие в трубу 9.

Остальные частицы, достаточно мелкие, уносятся в трубу 12, ведущую к циклону 14, в котором они и оседают, представляя собою готовый продукт. В низу циклона находится звездочковый затвор 15, приводимый в движение небольшим шкивом. Таким образом, готовый материал непрерывно выводится из системы и вместе с тем затвор 15 не позволяет при этом проникнуть внутрь наружному воздуху, так как подобный присос ухудшил бы поток воздуха в трубах 5 и 12, нарушив дей-

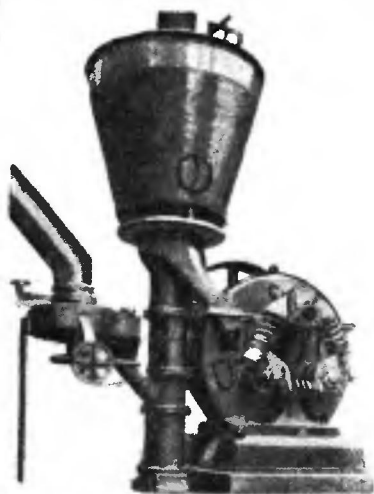


Рис. 189б.

ствие всей системы. Заметим, кстати, что такая же герметичность обеспечена была и у питателя 2.

Освобожденный от взвешенных частиц (кроме самых мелких, не оседающих в циклоне) воздух проходит через вентилятор 17, которым и обеспечивается нужное движение воздуха во всей системе, а затем после трубы 18, смотря по положению заслонки 20, либо выбрасывается из системы через трубу 19, либо вновь возвращается в систему по трубе 21.

В случае выбрасывания воздуха из системы по трубе 19, он поступает из этой трубы в специальные мешечные фильтры, улавливающие из воздуха мелкие частицы, оставшиеся во взвешенном состоянии в этом воздухе. Устройство подобных фильтров будет рассмотрено в следующем параграфе.

На место воздуха, выбрасываемого из системы через трубу 19, свежий воздух подается в систему из трубы 7 специальным вентилятором, не показанным на схеме. При этом между этим вентилятором и трубой 7 может быть установлен калорифер, благодаря чему процесс будет вестись на горячем воздухе, в чем может встретиться надобность при очень сырых материалах.

Прошедший мельницу материал отводится по трубе 24 в трубу 5, где он подвергается прежнему циклу вместе со **свежим материалом**.

Таким образом, при этой системе мельница избавлена от попадания в нее посторонних тел, не приходится ей также иметь дело с материалом нужной степени измельчения (так как материал этот минует мельницу), что повышает производительность мельницы, работающей на тонком материале.

Изменение самой степени измельчения достигается, с одной стороны, переменной положения жалюзи 10 с помощью рычага 11, а с другой стороны, регулировкой быстроты движения воздуха. Для увеличения тонкости помола снижают скорость движения воздуха и устанавливают жалюзи в положение, наиболее близкое к касательному относительно конуса.

В агрегат с воздушным сепаратором может быть, конечно, поставлена не только кольцевая мельница, но и другие типы мельниц, в частности, шаровая.

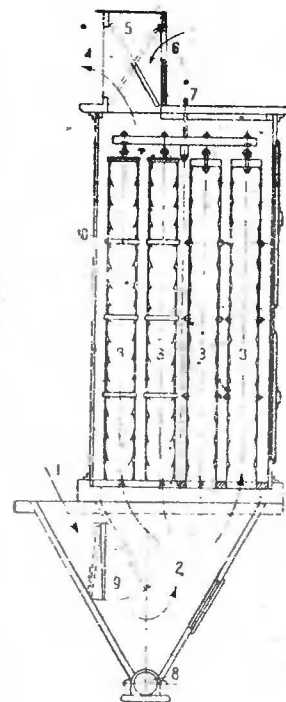


Рис. 190.

### 139. Фильтрация воздуха

При рассмотрении системы воздушной сепарации упоминалось о необходимости фильтрации отходившего воздуха. Такая надобность встречается и при других системах; она возникает и при простой вытяжной вентиляции, когда нужно очистить воздух от пыли прежде, чем его выбрасывать.

Из числа применяемых для этой цели устройств назовем лишь всасывающий рукавный фильтр (называемый фильтром бета). Схема его показана на рис. 190.

По пути к эксгаустеру, осуществляющему аспирацию, воздух поступает через ввод 1 в желоб 2. Благодаря уменьшению скорости движения наиболее крупная пыль оседает тут же, падая на дно, а более тонкая уносится вверх.

Здесь она поступает вместе с воздухом в рукава 3, через которые, однако, может пройти лишь воздух, в то время как пыль ими задерживается. Профильтрованный через рукава воздух идет в эксгаустер через окно 4.

Рукава группами, например по 8 шт., разгораживаются поперечными перегородками (параллельными плоскости чертежа), таким образом создаются отделения; это нужно в связи с периодической очисткой рукавов от накопившейся на них

пыли. С этой целью заслонка 5 очищаемого отделения поворачивается в положение, показанное пунктиром, и отделение оказывается разобщенным от окна 4, связывающего его с эксгаустером. В то же время оно получает сообщение с окном 6, через которое с целью продувки засасывается обратный воздух. В это же время рукава получают толчки от поддерживающей их тяги 7, вызывающие отряхивание пыли.

Так как подобная очистка производится достаточно часто, то весь процесс осуществляется с помощью специального механизма, который периодически (например раз в несколько минут) закрывает заслонку 5 и встряхивает тягу 7 соответствующего отделения, производя эту операцию поочередно над каждым следующим отделением.

Пыль, стряхиваемая при этом, падает на дно жолоба. По дну жолоба идет шнек 8, который выводит пыль наружу.

На схеме остается назвать лишь клапан 9, регулирующий скорость ввода воздуха. Для расправления рукавов на них нашиты железные обручи 10.

Иногда после фильтров ставят еще циклоны или осадительные камеры для улавливания последних остатков пыли.

#### 140. Отмагничивание

Говоря об измельчении, мы упоминали о сильном износе металлических частей машин, например стальных молотков, чугунных шаров и т. п. Осколки этих частей попадают в продукты и могут затем вызвать повреждение матриц.

Прошедший измельчение и отсеивание либо отсевание продукт, раньше чем произвести его мастикацию, подвергают поэтому операции отделения от всех присутствующих в нем частиц железа.

Удаление железных частиц имеет еще и то значение, что удар их, например о лопасти дезинтегратора, может служить источником искры и потому вызвать взрыв пыли (особенно смоляной). Поэтому отмагничиванию (или, как говорят, магнитной сепарации) подвергают продукты и до размола.

Для осуществления этой операции удобно использовать электромагнитный аппарат, устройство которого показано на схеме (рис. 191).

Привод 1—1 заставляет вращаться шкив и насаженный с ним на одну ось латунный барабан 2. Направление вращения барабана показано стрелкой.

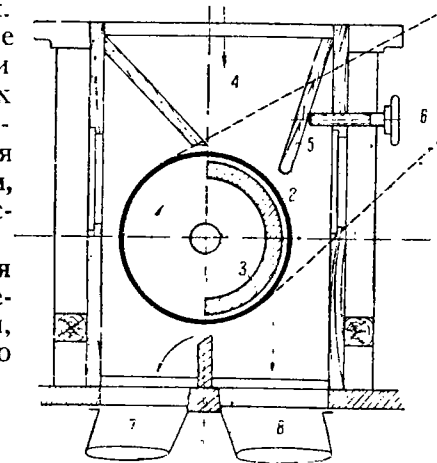
Под барабаном, в близком соседстве с его стенками, находится электромагнит 3. Подлежащий отмагничиванию продукт поступает в горловину 4. Подача его регулируется с помощью подвижного щитка 5, устанавливаемого маховичком 6.

Железные частицы, притягиваясь к поверхности барабана, уносятся и, выйдя из сферы влияния магнита, падают в тещку 7, а отмагниченный продукт уходит через тещку 8.

Барабан делает ок. 1 об/сек.

Существуют и другие конструкции барабанных и ленточных электромагнитных улавливателей. Иногда магнитный сепаратор сочетается с транспортным устройством, например с ленточным транспортером, в один агрегат.

Кроме электромагнитов для магнитной сепарации применяют и постоянные магниты, устанавливаемые в тещках по ходу материала.



141. Дозирование

Рис. 191.

После того как все компоненты приготовлены, необходимо обеспечить осуществление последующего смешения в пропорциях, соответствующих рецепту. В принципе возможно как непрерывное, так и периодическое смешение; автору ничего неизвестно о применении непрерывного смешения в грамофонно-пластиночном производстве. Повидимому, надо считать более подходящим к характеру этого деликатного производства смешение более или менее значительными, но отдельными порциями<sup>325</sup>, порядка 50—200 кг.

Рецепт дается обычно как **весовое** соотношение компонентов; поэтому дозирование сводится к отвешиванию.

#### Пример рецепта пластиночного состава

Шеллак . . . . .	27,5%	Шифер . . . . .	47,0%
Копал . . . . .	3,5%	Костяной уголь . . . . .	15,5%
Канифоль . . . . .	2,5%	Сажа . . . . .	4,0%
Итого связующие . . . . . 33,5%		Итого наполнители . . . . . 66,5%	

Соответственно периодическому смешению производится и периодическое отвешивание. Это отвешивание также возможно ручное или автоматическое.

<sup>325</sup> Можно сослаться на категорическое утверждение: „совершенно однородные смеси можно получать лишь в *периодически* работающих аппаратах“. Эйкен А., Электрические и магнитные способы разделения материалов. Смешивание материалов (пер. с нем.) 1938, стр. 163.

Существует много различных конструкций автоматических весов, на описании которых здесь останавливаться не будем. Эти весы основаны на принципе уравновешенного ковша или бункера, опирающегося на рычаги, соответствующие обыкновенным десятичным весам. Таковы, например, весы системы Фербенкс.

Наличие многих веществ в граммофонно-пластиночном рецепте, из которых одни могут входить в количестве в 10 раз меньше, чем другие, требует установки отдельных для каждого вещества весов, надзор за которыми в эксплуатации обременителен. На практике до последнего времени предпочитали пользоваться хорошими десятичными и сотенными весами, обслуживаемыми вручную надежным весовщиком; для облегчения работы такие весы снабжают автоматическими сигнализаторами достигнутого равновесия.

На одном крупном заводе граммофонных пластинок применена система дозирования, основанная на отмере постоянных объемов, а не постоянных весов порошка. Дозирование осуществляется на этом предприятии с помощью так называемых фидеров — машин весьма распространенных в производстве комбинированных кормов. Рабочей частью фидера служит вращающаяся крыльчатка, в карманы которой поступает дозируемый материал. Крыльчатка эта не вращается непрерывно, а подается периодическими смещениями храпового колеса, захват которого может регулироваться с помощью специальной кулисы. Фидер — машина недостаточно точная (неточность до 3% при нормальных подачах и до 7,5% и более при уменьшенных подачах<sup>325а</sup>). Поэтому на более детальном описании этой машины не останавливаемся.

## 142. Смешение

На мастикацию обычно подают не порошки разрозненных ингредиентов, а их смесь.

Смешение порошков производится на особой машине, назначение которой — создать достаточную однородность в распределении частиц отдельных порошков.

Различают вертикальные и горизонтальные смесители. К первым относится циркуляционная мешалка; рабочей частью последней является вертикальный шнек, оперение которого имеет увеличивающийся кверху диаметр; шнек расположен в цилиндре, заканчивающемся внизу конусом с выпускным отверстием. При вращении шнека со скоростью около

40 об/мин порошки поднимаются в средней части и опускаются по стенкам цилиндра. Подобная циркуляционная мешалка, имеющая широкое применение в мукомольном производстве, мало удовлетворительна при смешении порошков, значительно отличающихся между собою по удельному весу.

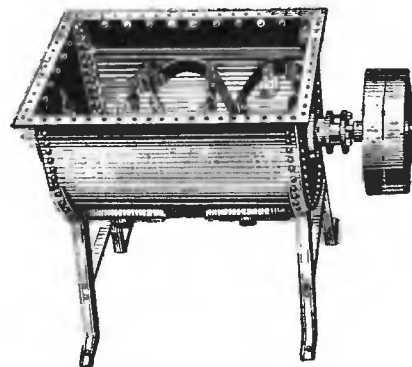


Рис. 1 52а.

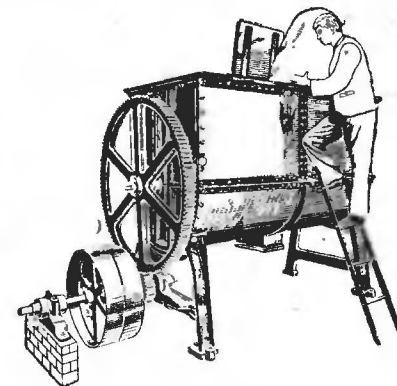


Рис. 192b.

Насколько известно, в граммофонно-пластиночном производстве более распространен другой тип смесителей — с горизонтальной мешалкой. В этих машинах рабочей частью

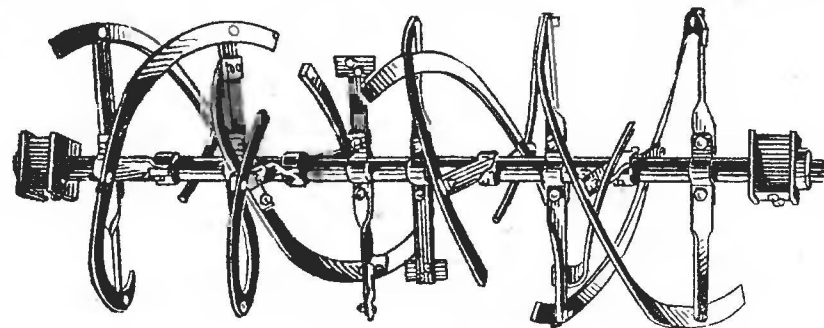


Рис. 192с.

является лопастный вал, на котором укреплены спирально полосы так, что часть из них побуждает порошок двигаться в одном, а часть — в обратном направлении, чем и обеспечивается интенсивное перемешивание материалов. Подобная небольшая машина показана<sup>325b</sup> на рис. 192а, а лопастный вал показан отдельно на рис. 192с. Он делает около 50 об/мин.

<sup>325b</sup> В выполнении фирмы Hillig.

<sup>325а</sup> Соколов А. Я. и Нудельман Г. Э., Механическое оборудование комбикормовых заводов, 1937, стр. 164.

Длительность процесса перемешивания зависит от ингредиентов, в среднем она составляет 20—30 мин. После перемешивания открывают отверстие в нижней части корпуса смесительной машины и продолжающаяся работа лопастного вала опорожняет ее. Большая смесительная машина подобного типа, применяемая, между прочим, на граммофонно-пластиночных заводах Odeon и др., показана на рис. 192b.

На рисунке показана ручная загрузка смесителя. Загрузка может производиться и механически.

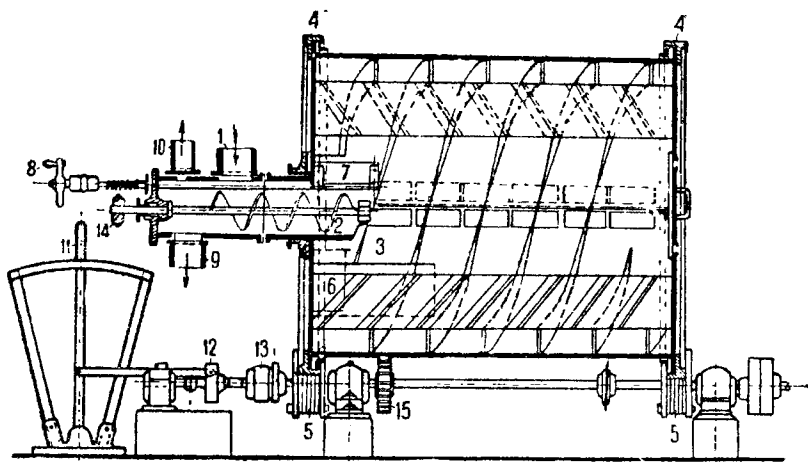


Рис. 193.

Кроме подобных лопастных смесителей известны смесители барабанные. На рис. 193 представлен смесительный барабан типа Байера (Bayer), получивший особое распространение на расочных заводах.

Загружаемые материалы поступают в патрубок 1. Вращение шнека 2 заставляет их перемещаться, благодаря чему они и попадают в барабан 3, снабженный внутри перегородками, способствующими перелопачиванию материалов. Сам барабан приводится в медленное (5—15 об/мин) вращательное движение. Для передачи движения на барабан насажены бандажи 4—4, которыми барабан катится по роликам 5—5, сидящим на валу, приводимом во вращение редуктором мотора. Барабан постоянно вращается в одну сторону, а шнек может изменять свое вращение на обратное, что необходимо при выгрузке смеси. Для того чтобы шнек, расположенный по оси барабана, мог выгрузить весь материал, на стенке барабана, расположенной со стороны шнека, имеется специальный карман 6, куда последние остатки материала попадают благо-

даря действию перегородок и откуда они, в свою очередь, спрокидываются в корыто шнека через окно 7. Барабан вращается непрерывно, так что и в период загрузки и в период выгрузки продолжается смешение. Окно 7 открывается лишь в период выгрузки — делается это путем вращения маховичка 8, соединенного тягой с заслонкой, закрывающей это окно. При выгрузке смесь высыпается через патрубок 9. Патрубок 10 служит для присоединения к аспирационной системе. Переключение шнека производится с помощью рычага 11, который сцепляет фрикционно муфту 12, не могущую свободно вращаться относительно вала, с муфтой 13, сидящей на валу свободно. Благодаря этому находящаяся на муфте 13 шестерня с помощью цепи Галля передает вращение другой шестерне (расположенной на уровне шнека и потому невидимой на чертеже), а от этой шестерни с помощью вала и еще одной шестерни движение передается цепью шестерне 14, заставляющей вращаться шнек. На опорном валу сидит также шестерня 15, сцепленная с другой шестерней, находящейся за нею и приводящей благодаря этому во вращение горизонтальный вал, на котором также имеются муфты 12' и 13' (расположенные за показанными на чертеже и потому невидимые). Сцепление с этими муфтами, осуществляемое рычагом 11, и вызывает перемену вращения шнека.

Существуют и другие кинематические решения задачи перемены направления вращения шнека смесительного барабана.

Для успеха смешения безразличен порядок загрузки компонентов. Обычно начинают с более легких порошков, затем добавляют порошки большего удельного веса. Порошки более тонкие прибавляют вначале, более крупного помола — позднее. Волокнистые компоненты прибавляют обычно под конец, так как они могут вызывать комкование. Рекомендуют также начинать и кончать загрузку боем. Иногда смешение ведут в два приема — сперва смешивая между собою отдельно все связующие и отдельно все остальные вещества, а затем те и другие между собою. Практически всякое предприятие применительно к принятой у него рецептуре и оборудованию устанавливает свой наиболее целесообразный режим смешения.

Уже упомянуто, что смесительные машины бывают маленькие на 75—150 л рабочей емкости и большие, емкостью в 400—500 л и более. Установку одной большой машины следует предпочесть установке нескольких мелких, так как в этом случае обеспечивается большая однородность всей смеси в целом.

При переводе литража в весовые единицы следует исходить из кажущейся плотности, о которой уже говорилось в § 113. В табл. XI приведены были примерные цифры

насыпного веса для некоторых порошков с указанием, что они сильно зависят от характера материала. Еще менее, чем эти величины, стабильна величина насыпного веса смеси, из которой надо исходить при подсчете производительности смесителя.

### 143. Мастикация

Отличие между смешением и мастикацией, являющейся по внешности также месильной операцией, состоит в том, что последняя производится при *нагреве*, когда связующее пла-

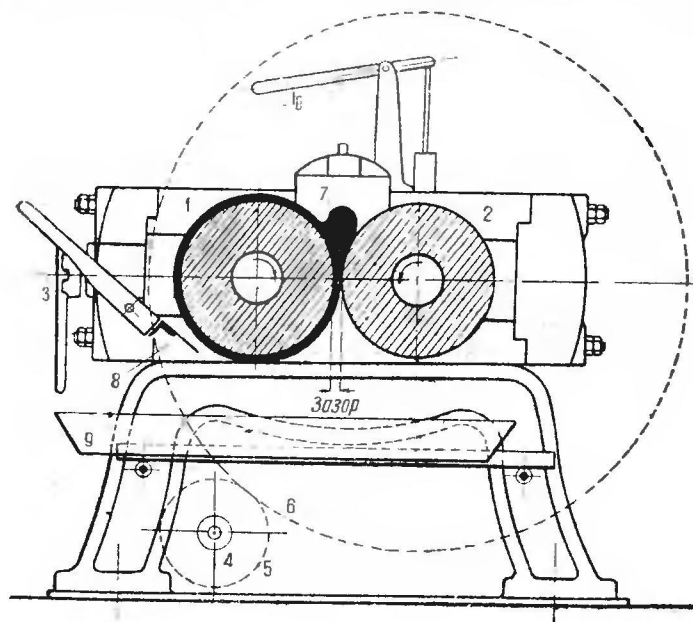


Рис. 194.

вится. Следовательно, происходит уже не перемешивание порошков, а втирание порошка в вязкое, тестообразное связующее. Смесь утрачивает сыпучесть, а по остывании дает сплошное тело. От мастикоподобного вида горячей массы эта операция и получила свое название.

Проводится эта операция обычно на смесильных вальцах (сокращенно: на вальцовке) или в закрытом мастикаторе типа Бенбери.

Вальцы показаны в разрезе на рис. 194; общий вид их дан<sup>326</sup> на рис. 195. Здесь 1 и 2 представляют собою полые чугунные

валки, внутри которых имеется подвод пара. С поверхности валки гладкие.

С помощью винта 3, находящегося на передней части, подшипник валка 1 может смещаться в ползках и благодаря этому может быть устанавливаемо то или иное сближение валков, тот или иной «зазор» между ними.

Валки приводятся во вращение (в направлении, показанном на рис. 194 стрелками) от вала 4, на котором сидит шестерня 5, сцепленная с большой шестерней 6, имеющей общую ось с валком 2, который и приводится, таким образом, во вращение, совершая около 20—50, чаще 25—30 об/мин; на осях валков 1 и 2 сидят, кроме того, меньшие шестеренки (не по-

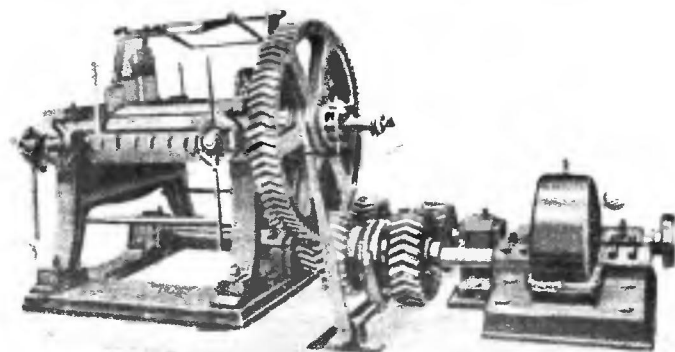


Рис. 195.

казанные на рис. 194), сцепленные между собою, что обеспечивает вращение валку 1. Шестеренки имеют либо равное число зубьев, либо число зубьев у шестеренки валка 2 меньше; в последнем случае вращение валка 1 происходит медленнее.

В начале вальцевания валки устанавливаются наиболее близко друг к другу и порошок засыпается постепенно и медленно в образуемый валками проем; по мере увеличения количества массы зазор между валками увеличивают. Для того чтобы масса, распротраняясь по валкам вширь, не засорялась маслом подшипников, предусмотрены щеки («стрелки»), каждая из которых состоит иногда из двух половинок, перемещающихся вместе с валками.

Обогрев переднего и заднего валков производится неодинаково (иногда передний вал обогревается лишь при пуске, а затем температура его поддерживается теплопередачей от заднего).

Задний валок обогревается больше и имеет поэтому более высокую температуру (например передний имеет температуру

<sup>326</sup> В выполнении фирмы Francis Shaw, Manchester.

85—90°, а задний 130—140°)<sup>327</sup>, благодаря этому масса находится все время на переднем, более холодном валке и лишь периодически соприкасается с более горячим валком<sup>327а</sup>. Слой массы обозначен цифрой 7 на рис. 194. По мере увеличения слоя вращением винта 3 увеличивают зазор.

Для улучшения вальцевания массы ее несколько раз срезают с валка с помощью ножа 8 (так называемой «ракли») и забрасывают вновь в проем. Кроме того, много раз производят срезание без перебрасывания.

Величина давления, развиваемого при вальцевании, зависит от текучести материала — оно тем больше, чем менее эта текучесть. Чтобы сделать это более наглядным, укажем, что сильно текучий материал, например вода, при любом положении валцов не испытывает никакого давления; напротив, материал мало пластичный, например сталь, приведет к огромным напряжениям. Таким образом, определяющим фактором является здесь не устройство валцов, а сила взаимного сцепления частиц материала.

По окончании вальцевания массу срезают раклей и она падает в корыто 9, которое должно быть предварительно очищено от попавшего в него невальцованного порошка и т. п. Из корыта блин массы тотчас же вытаскивается и переносится к загрузочному столу каландра для немедленного каландрирования. Для переноски валцы и каландр могут быть соединены ленточным конвейером. Возможен также конвейер, улавливающий просыпавшийся во время вальцевания порошок и забрасывающий его снова в проем (такой конвейер называется «фартуком»).

Нужно заметить, что валцы (как и рассматриваемый далее каландр) опасны с точки зрения попадания в проем рук или частей одежды работающих возле них. Поэтому при этих машинах обязательно наличие предохранительного механизма 10, перекладины которого расположены так, что за них инстинктивно хватается пострадавший, благодаря чему либо трение немедленно выводит из зацепления, либо мотор выключается,

чается, так что машина останавливается (а иногда даже получает обратный ход) с одновременным включением тревожного звонка<sup>327б</sup>.

Ввиду происходящего на вальцах выделения летучих («шеллачный чад») валцы иногда покрываются колпаком, через который отводится загрязненный воздух из помещения.

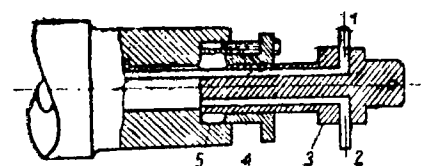


Рис. 196.

Способ ввода пара<sup>327с</sup> в полые валцы иллюстрируется рис. 196. Здесь 1 представляет вводную трубу, 2 — отводную. Трубы входят в неподвижную втулку 3, введенную в шейку валка с помощью сальника 4, притягивающего набивку 5.

За последнее десятилетие получили распространение другой мастикатор — бенбери, предназначенный ее изобретателем Вайбугу для резиновой промышленности. Особенностью этой машины (называемой иногда миксером бенбери) является работа в закрытой камере.

Одна из конструкций этой машины<sup>328</sup> показана схематически на рис. 197, а внешний вид дан на рис. 198.

Рабочей частью машины являются две лопасти 1—1, расположенные в цилиндрических пазах камеры и вращающиеся в противоположных направлениях. Представление о форме и взаимном положении этих лопастей дает рис. 199, изображающий вид их сверху.

Загрузка материалов производится в отверстие 2: возле него обычно делается площадка для рабочего. Затем груз 3,

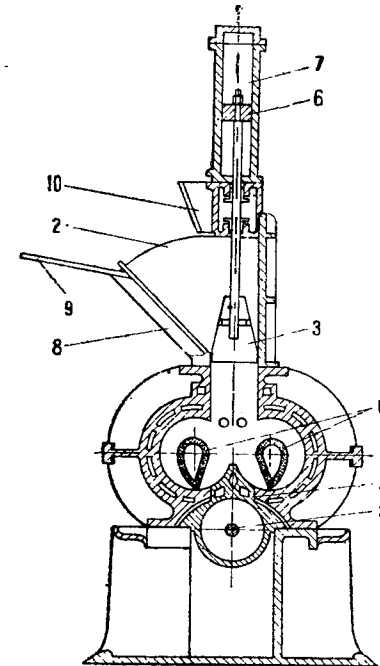


Рис. 197.

<sup>327</sup> Приводят, впрочем, и другие температуры, например 120 и 160°. Wogms G., La fabrication des disques de phonographe. Le génie civil. 1934, 104, 11 : 243—7.

<sup>327а</sup> Нужно, однако, заметить, что прилипание массы к тому или иному валку зависит от состава массы. При некоторых рецептурах замечается, что масса срывается с одного валка и переходит на соседний. Иногда это происходит совершенно неожиданно в процессе самого вальцевания; можно подумать, что происходит какой-то «выпот» в наружные слои массы, резко изменяющий поверхностные условия. Замечено, что переход массы на другой валок и иные затруднения вальцевания могут вызываться даже незначительными количествами введенных в массу полярных веществ. Количественное изучение явлений когезии и адгезии массы, вероятно, пролило бы свет на эти свойства массы.

<sup>327б</sup> О предохранительном приспособлении на вальцах см. также Кузнецов А. Н., Валцы для обработки резины. II. Кауч. и рез. 1938, 11 : 47—9, 12 : 40—4.

<sup>327с</sup> Тепловой расчет валцов см. Сандомирский И. А., Тепловой режим и охлаждение валцов. Кауч. и рез. 1938, 1 : 73—9.  
© фирмы Farrel-Birmingham Co. Inc.

опускаясь вниз (на рис. 197 он показан в не вполне опущенном состоянии), подает загрузенный материал в камеру, где вращение лопастей вызывает интенсивное разминание. Лопасты захватывают материал вниз и выдавливают снова вверх по стенкам камеры, а также поступательно по оси благодаря изогнутости лопастей.

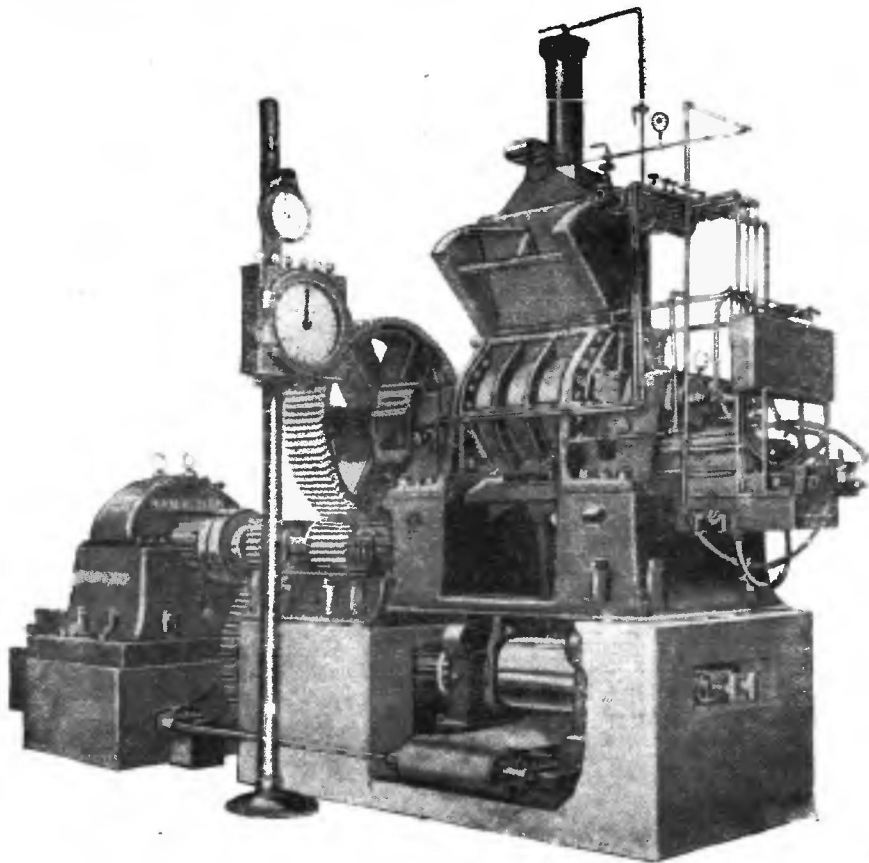


Рис. 198.

Лопасты мастикатора получают привод от индивидуального мотора, достаточно мощного (на рис. 198, например, 150 лс).

В период мастикации загрузочное отверстие 2 может быть закрыто, так как стенка 8 закрывается с помощью рукоятки 9. При этом выделяющиеся пары отсасываются через щель 10 специальным небольшим вентилятором (ведущая к нему труба видна на рис. 198).

По окончании мастикации днище 4 отодвигается по полоз-

кам в сторону, так что масса вываливается вниз. Отодвигание днища производится с помощью цилиндра и поршня 5, работающих от сжатого воздуха. По окончании выгрузки днище возвращается в исходное положение, закрывая снова камеру снизу. Затем груз 3 поднимается вверх с помощью поршня 6, перемещаемого в цилиндре 7 пневматическим давлением воздуха, и цикл начинается снова.

В машинах большего размера вместо пневматического привода применяется гидравлический. Крышку загрузочного отверстия делают управляемой пневматически. В лопастях, рубашке и в выдвижном днище камеры делают полости, куда пускают пар для обогрева или воду для охлаждения. В последних конструкциях для улучшения охлаждения служат специальные водяные прыски.

При пластиночных массах нормального состава в лопасти подают воду, а рубашка и днище оботревается паром (давлением 7—8 ат).

Выгруженная из бенбери масса обычно тут же подается на вальцы, где она вальцеванием подогрывается и подготавливается к каландрированию.

На рис. 198 показано, что непосредственно под выдвижным днищем бенбери установлены такие вальцы. Однако чаще вальцы эти устанавливают отдельно.

Несмотря на то что процесс происходит в закрытой камере, наблюдение за процессом в этом мастикаторе очень удобно.

Вода, служащая для охлаждения, не присоединяется непосредственно к сточным магистралям, а стекает предварительно в сборный бачок (справа на рис. 198), что позволяет наблюдать за правильностью процесса. Кроме того, по движению штока груза 3 можно судить о ходе мастикации.

При мастикаторе очень полезно также судить по ваттметру за изменением нагрузки мотора, так как это дает наглядный и надежный показатель консистенций смеси.

Далее, мастикатор снабжается часовым механизмом, стрелка которого приводится к нулю при начале каждого нового цикла. На циферблате этих часов (рис. 200; часы видны также на рис. 198 на столбе) надписывают в виде инструкции характерные точки режима (время загрузки, включение охлаждения,

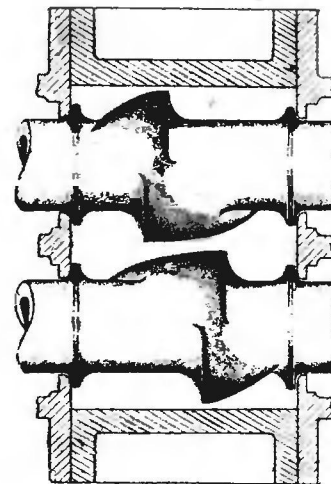


Рис. 199.



опускание груза, выгрузка и т. д.). Против этих точек устанавливаются также движки в прорезях, видных на рис. 200. Благодаря этому в нужный момент загораются лампочки и подаются звуковые сигналы — этими мерами обеспечивается более надежное выполнение предписаний.

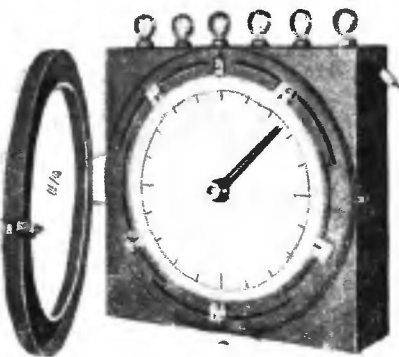


Рис. 200.

Независимо от этого мастикатор снабжается регистрирующим термометром (он виден на столбе, изображенном на рис. 198), записывающим изменения температуры в избранной для наблюдения точке камеры. Правда, эти показания не очень точны, но они служат, главным образом, не абсолютным, а лишь относительным критерием, так как по диаграмме (рис. 201)

можно судить, кроме того, о числе отдельных загрузок и об относительной длительности отдельных стадий процесса.

Интересно подчеркнуть еще одно преимущество закрытых мастикаторов перед вальцами. В § 132 уже упоминалось о том, что для облегчения съема пластинки с матриц в пластиночный состав вводят так называемые смазывающие вещества. Однако облегчение отставания от металла прессформы означает и уменьшение приставания к металлу валков и лопастей. В то время как ухудшение приставания к валкам ведет к ухудшению вальцевания (так как вальцевание как раз и основано на захватывании валками вальцуемого материала), этой опасности нет в бенбери, где захватывание материала определяется формой лопастей и наличием груза.

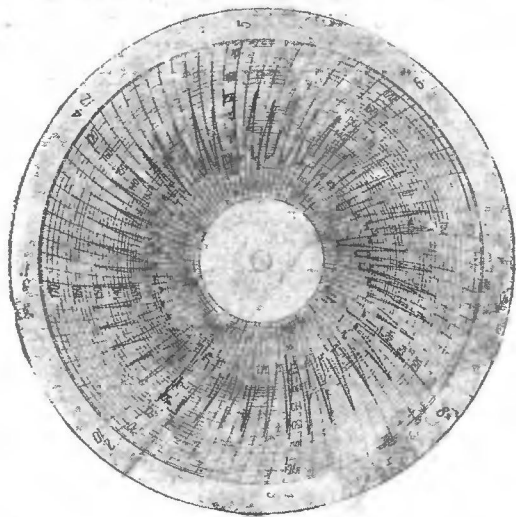


Рис. 201.

Во многих отношениях с бенбери сходен универсальный

смеситель фирмы Werner-Pfleiderer. Надо полагать, что и он находит применение для изготовления пластиночной массы.

Как вальцы, так и бенбери, являются машинами периодического действия. Шприц-машины, колбасные машины, червячные машины, применяемые в резиновом, мыловаренном, кирпичном и других производствах, в производстве граммофонных пластинок не привились, хотя в принципе непрерывный процесс следует признать самым совершенным. Не исключена возможность, что машины типа пластикатора Гордона еще завоюют свое место в этой отрасли.

#### 144. Каландрирование

Задачей каландрирования — заключительной операции приготовления массы — является придание массе однотипной

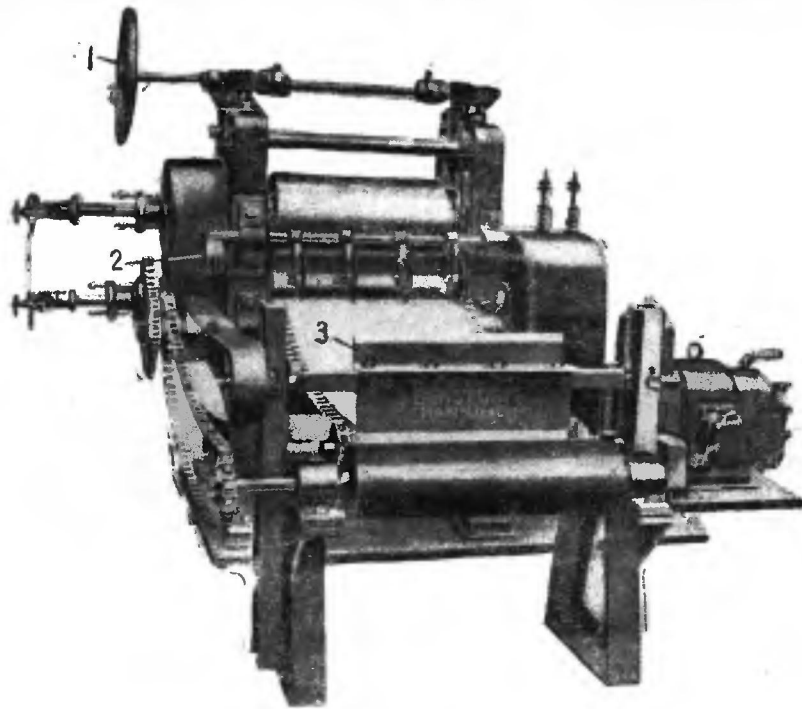


Рис. 202.

формы таблеток, одинаковых для определенного формата пластинок во всех своих размерах — длине, ширине и толщине.

На рис. 202 показан общий вид каландра<sup>329</sup> — машины, осу-

<sup>329</sup> В выполнении фирмы Herman Berstorff, Hannover.

шествяющей каландрирование массы, а на рис. 203 вид каландра сбоку во время работы (на рисунках обе машины несколько отличаются в деталях).

Валки каландра, в отличие от вальцовки, расположены обычно не в горизонтальной, а в вертикальной плоскости (это не является, впрочем, технологически обязательным условием). Они также полые, но подавать в них приходится не пар, а воду (питательный патрубок виден слева на рис. 202).

Нижнему валку движение передается через шкив от трансмиссии или через редуктор от индивидуального мотора,

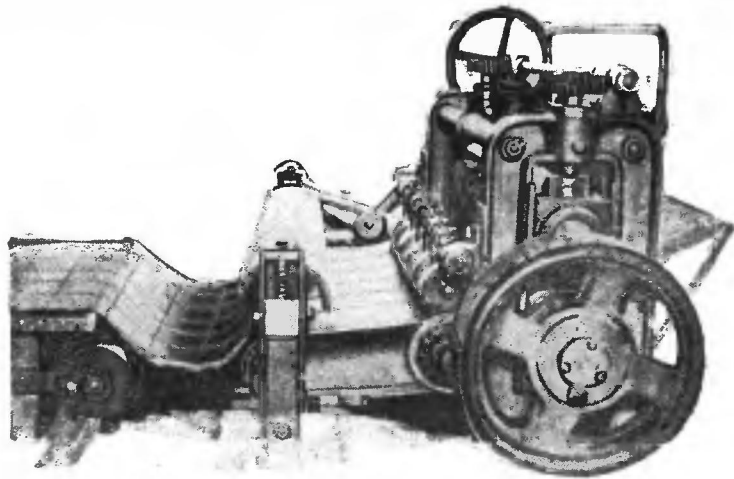


Рис. 203

а верхний получает движение от оси нижнего через сцепленную пару шестерен. Вращением маховичка 1 можно сближать и удалять друг от друга валки, устанавливая таким путем нужную толщину будущих таблеток.

Вытащенный из корыта вальцовки или подаваемый с вальцовки бесконечной лентой (см., например, рис. 198) блин горячей массы быстро переносится к загрузочному столу каландра, с которого он захватывается валками и прожимается между ними.

Выйдя из каландра, лист попадает на короткую бесконечную ленту, состоящую из ряда полос, которые несут получившийся лист массы.

Сперва этот лист попадает между ножами, производящими разрезание его на продольные полосы, определяющие ширину будущих таблеток. Ножи эти — круглые, числом на единицу больше получающегося числа полос, прижимаются они к листу силой груза на рычаге 2. Ножи не производят собственно на-

стоящего разрезания, так как лист остается целым, но оставляют на нем вдавленный примерно на  $\frac{2}{3}$  толщины след. Затем лист подходит к ножу 3, оставляющему при своем вращении поперечные полосы такой же глубины, как продольные, определяющие будущую длину таблеток.

Продольная и поперечная разметки могут быть осуществлены также и в одну операцию — сразу — при применении разделенного на квадраты ножа, показанного на рис. 204; этот нож менее удобен в тех случаях, когда размеры таблетки желательно изменять.

Получив разметку, лист сходит с бесконечного полотна и попадает на охлаждающий стол, составленный из плит, внутри которых циркулирует холодная вода. Благодаря этому масса застывает, приобретая хрупкость, и легко поддается изламыванию вручную по разметке. Для этого лист каждый раз сдвигается так, чтобы место надреза находилось над ребром стола. Масса, находящаяся за пределами крайних линий, при этом идет в отход («кайма» или «кромка»).

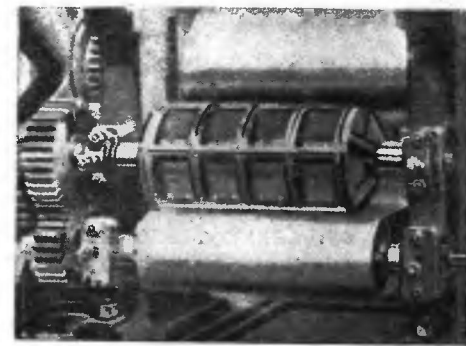


Рис. 204.

Очень существенно, чтобы таблетки были строго плоскими, так как это обеспечит равномерность их последующего прогрева в прессовом цехе.

С этой целью прежде всего принимают меры к тому, чтобы переход листа с каландра на охлаждающий стол происходил непосредственно, без разрыва опоры (это требование плохо соблюдено на каландре рис. 203); кроме того, массе, обладающей в это время значительной вязкостью, дают достаточное время для естественного выравнивания, производя в то же время до подачи на охлаждающий стол предварительное, менее форсированное охлаждение путем обдувки листа воздушной струей.

Такой промежуточный между каландром и охлаждающим столом конвейер показан на рис. 205; на нем ясно виден отрожек, присоединяемый к вентилятору, а также плотный стык конвейера с каландром (край которого виден на рисунке). Для экономии места такой конвейер может быть и многоэтажным.

Иногда ограничиваются одним лишь воздушным конвейером, вовсе не прибегая к охлаждению на водяных плитах. Не-

достаток водяных плит — осаждение на них росы, ведущее к появлению ржавчины и грязи в массе, оказывается таким образом устраненным.

Таблеткам придают обычно толщину 2,5—3,5 мм. Размер таблетки равен, например, 15 × 25 см; иначе говоря, при средней плотности массы 1,8 г/мл и толщине 3 мм вес таблетки равен 210 г. Одна такая таблетка вполне достаточна для изготовления пластинки Ф<sub>25</sub>.

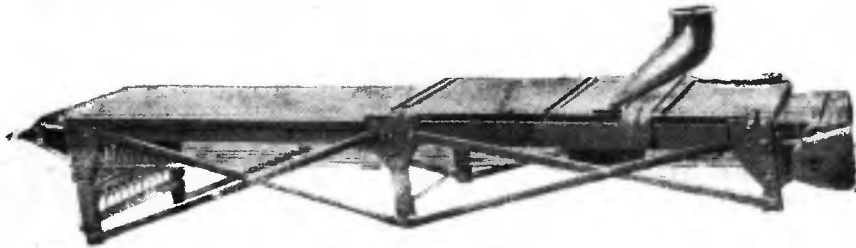


Рис. 205.

Иногда таблеткам придают и иные размеры, например 11 × 18 см. Таких таблеток идет две на пластинку Ф<sub>25</sub> и три на пластинку Ф<sub>30</sub>. Выбирают и другие размеры. При этом приходится также считаться с расстановкой ножей и использованием ширины каландра.

#### 145. Подготовительный цех в целом

Цех приготовления массы — ответственный цех завода. Работы этого цеха может считаться удовлетворительной только тогда, когда изготавливаемая им масса поддерживается совершенно однородной не только в пределах всех таблеток одной партии, но и в пределах таблеток различных партий.

Это осуществимо лишь при совершенно стабильной работе всех агрегатов и при однородности всех сырых материалов. Однако на практике значительная часть входящих в пластиночный состав материалов трудно или вовсе не поддается кондиционированию, представляя, например, природные продукты. Задача выравнивания неоднородности сырья выпадает на долю того же подготовительного цеха.

Один из приемов увеличения однородности массы состоит в двойном дробном смешении. Сущность этого приема состоит в следующем. Смешав порцию порошка, ее делят на некоторое число, допустим пять частей. Затем смешивают новую порцию порошка и делят ее на такое же число частей (число нужных при этом закромов равно числу частей, на которое производится деление, — пять в данном примере,

так как продукт второго и дальнейших смешений распределяется по тем же закромам). Повторив смешение столько раз, на сколько частей делился продукт, т. е. всего в нашем примере 5 раз, берут по соответствующей части (одной пятой) каждого предшествующего смешения и таким образом получают полную загрузку смесителя. Произведя таким образом пять вторичных смешений, получают в результате массу, однородную в пределах пятикратного объема смесителя.

Прием этот может быть усовершенствован проведением таким же путем третьего смешения («тройное дробное смешение»).

Если обозначить объем смесителя через  $V$ , число частей, на которое производится деление смеси, через  $N$ , и число раз, в течение которого повторяется вся операция, через  $n$ , то общий объем, по отношению к которому масса оказывается выравненной, как говорят «нормализованной» в своих свойствах, равен  $N^{n-1} \cdot V$ . Таким образом объем растет очень быстро с возрастанием  $n$ .

Практически этот прием оправдывает себя лишь при очень резкой неоднородности сырья. Так, например, подобной нормализации целесообразно подвергать потребительский бой, который мы будем называть в отличие от производственного боя скрапом, если перерабатывают старые пластинки от самых разнообразных фирм, имеющих различные рецепты.

Использование скрапа иногда составляет более или менее существенный источник сырья. В 1908 г. в России производился обмен пластинок из расчета «за три старых пластинки выдается одна новая того же размера при условии покупки еще одной новой»<sup>330</sup>. Переработка скрапа редко производится крупными фирмами, обычно очень дорожающими качеством своей продукции. В капиталистических странах положение всячески осложняется; например, бывает, что крупная и зарекомендовавшая себя фирма выпускает пластинки пониженного качества, чтобы не иметь простоев или из других экономических соображений, но в этом случае пластинки снабжаются этикетками, на которых не значится имя этой фирмы.

С нормализацией родственен другой технологически более целесообразный, хотя, правда, менее математически четкий прием. Именно, после мастикации подвергают продукт новому размолу, смешению и мастикации, не следя строго за тем, чтобы порция одной мастикации шла весь этот процесс раздельно от порций других мастикаций, что и приводит практически ко вторичному перемешиванию.

Этот прием ведет к некоторому снижению мощности цеха, зато он имеет те преимущества, что в результате дробле-

<sup>330</sup> Офф. Изв. Акц. с-ва Граммофон, 1908, № 1.

ния мастицированного продукта и последующей мастикации получаются значительно более однородные и плотные таблетки, т. е. улучшается качество массы. Поэтому прием этот чаще используется не для уравнивания неоднородности сырья крупной партии, а для получения хорошей плотной массы, хорошо гомогенизированной в пределах каждой отдельной таблетки.

Подготовительный цех более, чем остальные цехи, поддается механизации. Междооперационные течи, шнеки, транспортеры и нории устраняют в цехе потребность в ручном транспорте. Существенно значение механизации и в столь важной для этого цеха борьбе с пылением (достаточно сопоставить в этом отношении загружаемое и разгружаемое вручную плоское сито с рассевом или центрофугалом, целиком обслуживаемым течками). Однако в практике грамофонно-пластиночной промышленности механизация начала прививаться лишь в последние годы.

Подготовительный цех является поглотителем брака и отходов дальнейших цехов, в первую очередь пресового.

Производственный бой и брак тщательно охраняются в этих последующих цехах от загрязнения и, возвращенный подготовительному, вновь вводится в массу.

Процент ввода производственного боя и отходов в пластиночный состав должен быть таким, чтобы накопления их не происходило. Для пояснения приведем пример схемы материального потока (рис. 206).

На этой схеме исходные материалы приведены сверху, процесс идет сверху вниз, так что готовая пластинка оказывается внизу. Цифры означают граммы. Из схемы видно, что для получения веса готовой пластинки  $\Phi_{25}$  в 200 г необходимо было ввести в производство 220 г сырья на каждую выпускаемую пластинку. Операция смешения при этом имела дело с обработкой 280 г на одну пластинку.

Схема показывает также, что при принятом в данном примере браке готовых пластинок в 17% и указанных на схеме потерях и возвратных отходах, необходимо вводить в состав рецепта 25% боя. Практически на производстве во избежание перебоев создается некоторый запас боя, способный компенсировать временные отклонения от установившихся процентных соотношений.

Все цифры, данные в процентном выражении, обведены на схеме, в отличие от весовых данных, кружками.

Эта схема, построенная по типу тепловых балансов, столь принятых в теплотехнике, предложена автором для указанной здесь цели в 1933 г.; по мнению автора она весьма наглядна и удобна при расчетах мощностей по отдельным операциям.

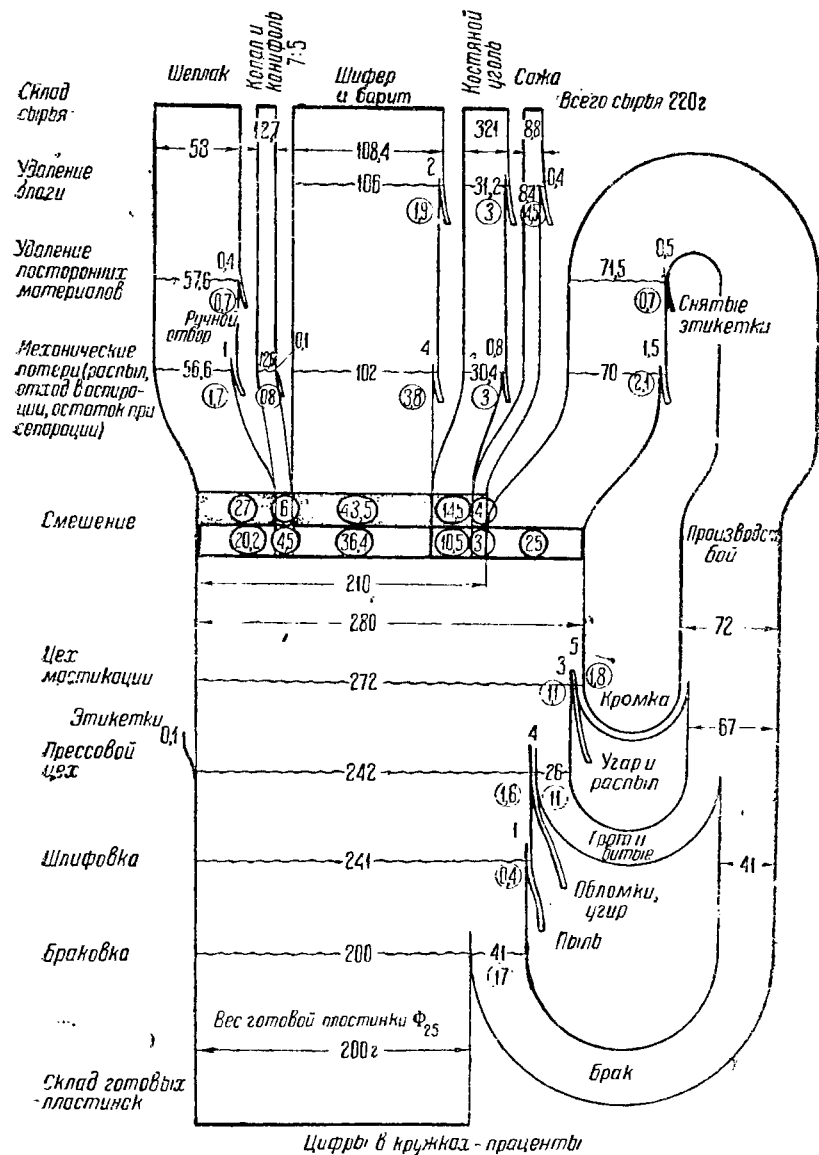


Рис. 206

Рассмотрим пример построения процесса подготовительного цеха в целом (см. схему на рис. 206а).

В подготовительный цех поступают семь ингредиентов: шеллак, копал, шифер, костяной уголь, сажа, бой и стеарат цинка. Однако в производстве имеются только шесть линий, так как стеарат цинка не идет отдельной линией, а сразу же смешивается с копалом, облегчая тем самым его размол (благодаря уменьшению слипания разогревающихся при размоле кусочков).

Не следует думать, что наличие определенной линии для каждого материала делает невозможным изменение рецепта: когда в этом встречается надобность, приходится лишь установить некоторое дополнительное оборудование или просто миновать отдельный агрегат, пройдя по обходной линии. Часто оказывается возможным использовать существующую линию для другого материала без всяких в ней изменений. Например, в рассматриваемом примере линия копала пригодна для канифоли и т. д.

Известны и такие случаи, когда одной линией пользуются поочередно для двух материалов (в рассматриваемом примере пропускают по линии копала машинный шеллак, идущий в рецепт наряду с обычным). На выходе линии ставят в этих случаях несколько бункеров и заполняют их разными материалами. Однако такой способ работы не может быть рекомендован, так как в линии всегда остаются некоторые количества предыдущего материала, загрязняющего проходящий материал. Поэтому за каждым материалом лучше закреплять свою линию.

Процесс протекает в основном следующим образом.

Копал и стеарат отвешивают на десятичных весах *ДВ*, после чего вручную засыпают в электромагнитный улавливатель *ЭМ-1*, с которого они поступают на дробилку *Д-1* (типа пальцевого дисмембратора). Проваливаясь через решетку дробилки, копал со стеаратом попадает в башмак нории *Н-1*, которая поднимает его на 3-й этаж и подает на центрофугал *Ц-1*. Сход центрофугала возвращается по течке в электромагнитный улавливатель, а проход спускается самотеком в бункер *Б-1*, расположенный над автоматическими весами *АВ-1*, производящими дозирование перед смешением копала и стеарата с шеллаком.

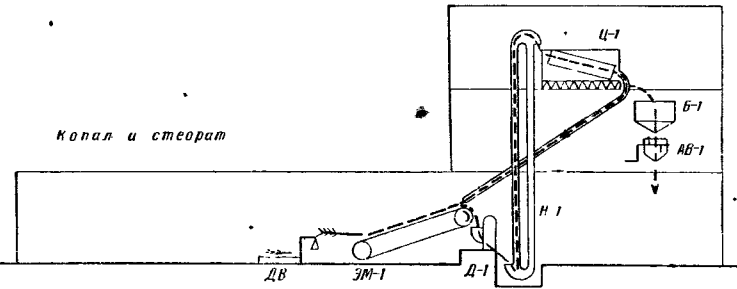
Шеллак проходит ручную разборку на столах *РР* (для отделения мешковины и прочих механических включений, иногда для сортировки). Если шеллак слипшийся (в блоках), его в случае надобности разбирают на куски с помощью щечковой дробилки и затем пропускают через дробильные валки *ВД-1*. Прошедший ручную разборку шеллак засыпают в приемный бункер *ПБ-1*, откуда через питатель *П-1* он попадает на наклонный ленточный транспортер *ЛТ-1*. Ведущий (верхний) барабан этого ленточного транспортера электромагнитный и потому производит отделение железных частиц. Ленточный транспортер подает шеллак на молотковую дробилку *МД-1*. Провалившись через решетку этой дробилки, шеллак попадает на наклонный шнек *Ш-1*, который подает его в барабанный электромагнитный улавливатель *ЭМ-2*, откуда он попадает в дезинтегратор *Д-2*. После дезинтегратора молотый шеллак попадает к башмаку нории *Н-2*, которая сбрасывает его на центрофугал *Ц-2*. Сход центрофугала возвращается на *ЭМ-2*, а мелкий шеллак проходит по течке в бункер *Б-2*, питающий автоматические весы *АВ-2*.

Сажа в пакетах поступает по ленточному транспортеру *ЛТ-2* к вакуум-сушилке *В* периодического действия. После сушки сажу засыпают в башмак нории *Н-3*, которая сбрасывает ее в цилиндрический бурат *ЦБ*, где сажа отделяется от грита. Из бурата сажа сходит в бункер *Б-3*, расположенный над автоматическими весами *АВ-3*.

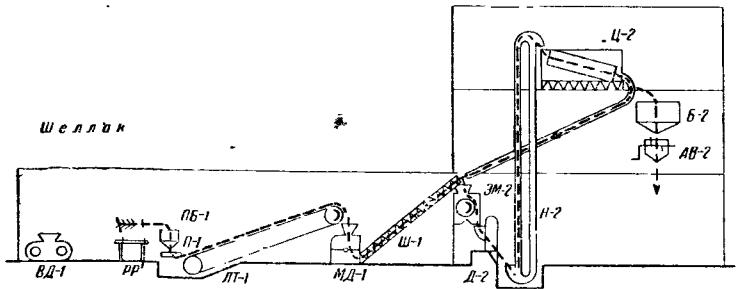
Костяной уголь засыпают в приемный бункер *ПБ-2*, откуда он через питатель *П-2* поступает на наклонный ленточный транспортер *ЛТ-3*. Ведущий барабан этого транспортера играет роль электромагнитного се-

Обработка смол

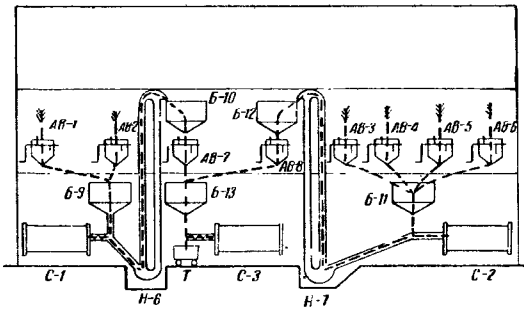
Копая и стеорат



Шеллак

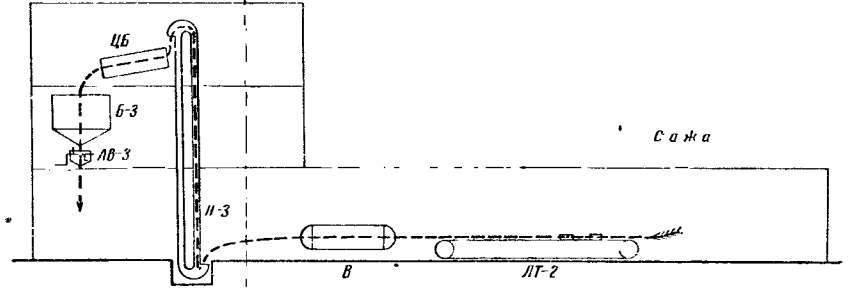


Смешение

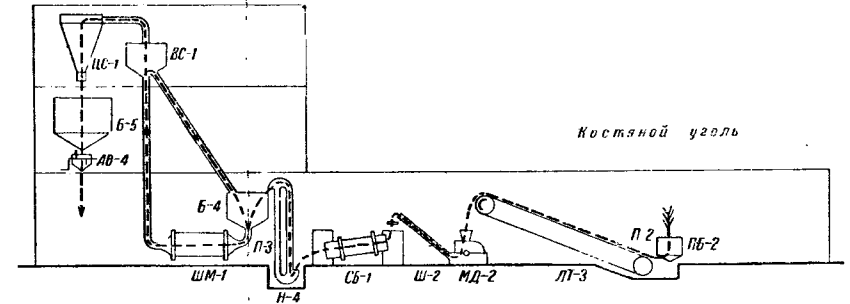


Обработка наполнителей

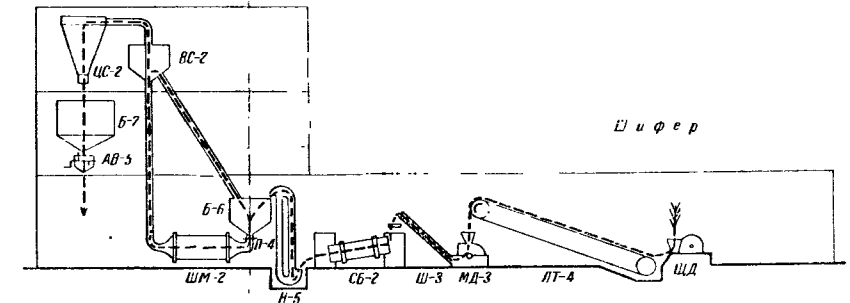
Сажа



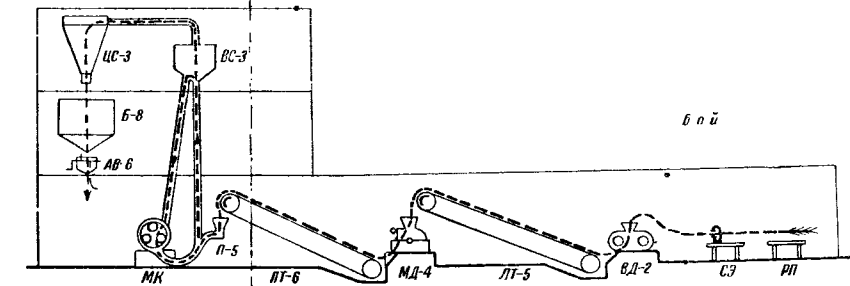
Костяной уголь



Шифер



Бой



паратора. Ленточный транспортер подает костяной уголь к загрузочному отверстию молотковой дробилки *МД-2*. Сквозь решетку этой дробилки костяной уголь проваливается в наклонный шнек *Ш-2*, который подает его в сушильный барабан *СБ-1*. Пройдя сушильный барабан, костяной уголь попадает в башмак норрии *Н-4*, которая выбрасывает его в бункер *Б-4*, служащий буферной емкостью перед шаровой мельницей *ШМ-1*, в которую он затем попадает через питатель *П-3*. Из шаровой мельницы костяной уголь уносится вверх струей воздуха и попадает в воздушный сепаратор *ВС-1*. Грубый продукт возвращается из сепаратора для дальнейшего помола в бункер *Б-4*, а тонкий уносится в циклон сепаратора *ЦС-1*, где и осаждается. Из циклона молотый костяной уголь попадает в бункер *Б-5*, расположенный над автоматическими весами *АВ-4*.

Шифер поступает на завод в кусках, которые приходится подвергать сперва грубому дроблению. Поэтому куски шифера загружаются прежде всего в щековую дробилку *ЩД*. Провалившись после дробления на наклонный ленточный транспортер *ЛТ-4*, ведущий барабан которого является электромагнитным, шифер поступает в молотковую дробилку *МД-3*. После дробления шифер подается шнеком *Ш-3* в сушильный барабан *СБ-2*, из которого поступает в норрию *Н-5* и далее через буферную емкость *Б-6* и питатель *П-4* в шаровую мельницу *ШМ-2*. Унесенный струей воздуха шифер проходит воздушный сепаратор *ВС-2* и циклон *ЦС-2*, из которого он попадет в бункер *Б-7* над автоматическими весами *АВ-5*.

Бой пластинок в рассматриваемом примере применяется только своего текущего производства (крошка и брак из цеха мастикации, брак и грат из прессового цеха и бракованные пластинки из отдела технического контроля). Бой поступает через промежуточный склад на электромагнитный стол для ручного просмотра *РП*. С пластинок удаляют этикеточную часть с помощью станков для снятия этикетки *СЭ*. Далее бой вручную загружают в дробильные валки *ВД-2*. Пройдя валки, бой попадает на ленточный транспортер *ЛТ-5* с ведущим электромагнитным барабаном. Транспортер подает бой в молотковую дробилку *МД-4*, после которой следует ленточный транспортер *ЛТ-6* (также с электромагнитным ведущим барабаном), подающий бой через питатель *П-5* в мельницу Кента *МК*, связанную с воздушным сепаратором *ВС-3* и циклоном *ЦС-3* так, как это было указано на рис. 189. Из циклона бой попадает в бункер *Б-8* над автоматическими весами *АВ-6*.

Автоматические весы *АВ-1* и *АВ-2* отмеривают порции шеллака и кокала, соответствующие пропорциям рецепта и сбрасывают их в бункер *Б-9*. Эти автоматические весы заблокированы электрически таким образом, что число отмеряемых обоими весами порций всегда совпадает: одни весы не могут опорожниться, если не опорожняются вторые — этим создается постоянство состава смеси. Из бункера *Б-9* смесь смол попадает в смеситель (барабан Байера) *С-1*, из которого выгружается в башмак норрии *Н-6*, выбрасывающей смесь в бункер *Б-10*, расположенный над автоматическими весами *АВ-7*.

Автоматические весы *АВ-3*, *АВ-4*, *АВ-5* и *АВ-6*, также электрически заблокированные между собой, отмеривают соответствующие пропорциям рецепта порции сажи, костяного угля, шифера и боя и сбрасывают их в бункер *Б-11*, из которого они попадают в смеситель *С-2*, а далее в башмак норрии *Н-7* и бункер *Б-12* над автоматическими весами *АВ-8*.

Блокированные автоматические весы *АВ-7* и *АВ-8* создают нужную пропорцию обеих смесей и сбрасывают порошки в бункер *Б-13*, из которого они попадают в смеситель *С-3*. Смеситель выдает готовую смесь в тележки *Т*.

В приведенной схеме может обратить на себя внимание обилие магнитных сепараций; это обилие вполне оправдано, так как и с точки зрения влияния на матрицы и с точки зрения взрывоопасности (для го-

рючих продуктов) металлические частицы весьма вредны. При всех операциях помола содержание железа вновь возрастает, так как истирающиеся части молотков, шаров и т. д. являются источником этих частиц — поэтому нельзя ограничиваться однократным отматниванием.

Иногда после последнего смесителя (С-3) ставят еще один, контрольный просев. В описанной схеме такого просева нет, так как в применяемом обычно для этой цели центрифугале происходит нежелательное расслоение материалов, нарушающее однородность порошка.

Большое число бункеров в приведенной схеме оправдывается необходимостью ставить их во всех случаях, когда следующий агрегат работает периодически или когда требуется обеспечить более равномерную подачу материала. Вообще равномерность подачи играет большую роль, так как от нее зависит постоянство режима работы любого агрегата. При чрезмерной подаче сейчас же ухудшается помол, сушка и т. д., а отличие в кривой распределения частиц или влажности материалов вызывает отличие в свойствах готовой массы, так как каждый рецепт рассчитан на определенные свойства ингредиентов. Для контроля равномерности на всех промежуточных линиях устроены стеклянные фонари, позволяющие осуществить наблюдение за проходящим продуктом.

Применение бункеров, однако, обладает существенными недостатками. Во-первых, они удлиняют цикл обработки каждого продукта, увеличивая время его нахождения в линии. Особенно это нежелательно для гигроскопичных продуктов, прошедших операцию сушки. Во-вторых, в бункерах порошки могут слеживаться, комковаться и т. д. Поэтому, в частности, в бункерах, расположенных над автоматическими весами, обязательно устанавливают ворошители, деташеры.

На приведенных схемах не нанесены линии аспирации, которые в действительности имеют очень развитый характер, так как отсос производится буквально от всех агрегатов, как рабочих, так и транспортных. При этом, линии аспирации каждого отдельного материала совершенно отделены друг от друга, чтобы улавливаемый аспирацией продукт мог возвращаться снова в линию.

Соответствующая рассмотренному процессу планировка представлена на рис. 206b в упрощенном виде, без указания световых проемов, лестничных клеток и т. п.

Подготовительный цех расположен в длинном здании, трехэтажном в центральной части и одноэтажном во флигелях. Левый флигель отведен под смоляной корпус, правый — под корпус наполнителей. Оба эти корпуса отделены друг от друга брандмауэром, что не лишено целесообразности с пожарной точки зрения.

На рис. 206b приведены те же обозначения, которые приняты были на рис. 206a. Поэтому нет надобности вновь повторять весь процесс. Остановимся лишь на существенных особенностях.

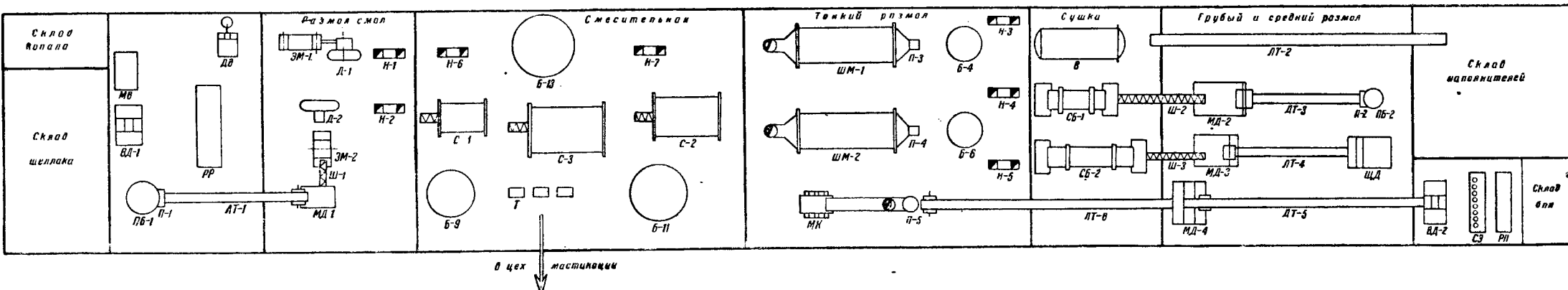
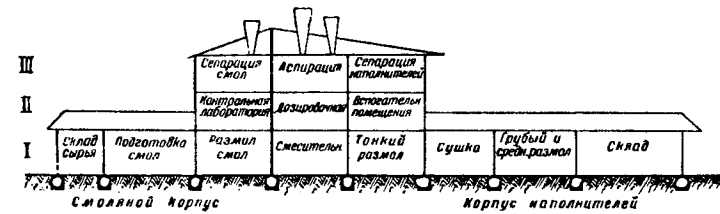
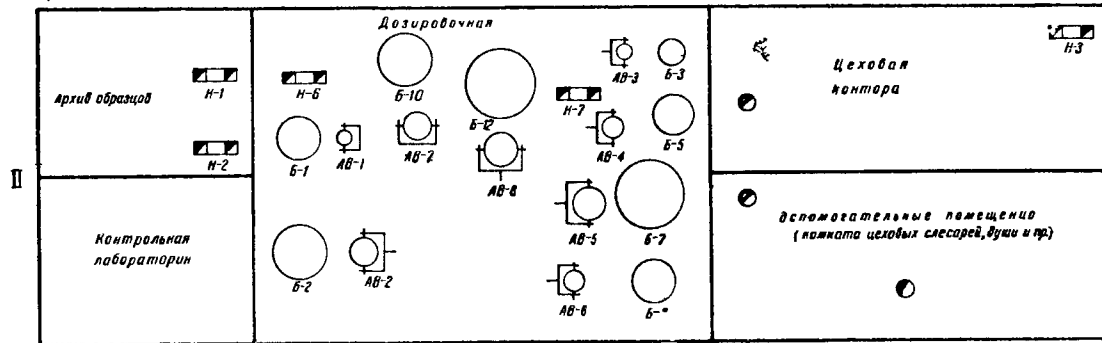
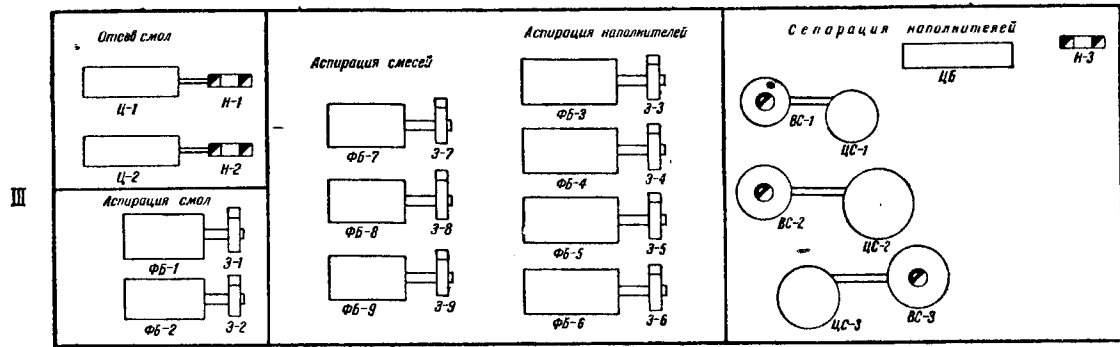
Вся планировка осуществлена таким образом, что в пределах каждого корпуса операции, родственные по характеру, всегда располагаются по соседству, а от остальных отграничиваются самостоятельное «отделение», что облегчает уход и придает всему процессу стройность. Такими отделениями являются, например, сушильное, дозировочное, смесительное и т. д.

Все тяжелое оборудование размещено в первом этаже. Все операции классификации сосредоточены в третьем этаже. Там же расположены фильтры бета с обслуживающими их эксгаустерами (ФБ-1 с Э-1 на линии копала, ФБ-2 с Э-2 на линии шеллака и т. д.).

Суточные склады основных материалов непосредственно прилегают к цехам. Возле склада смол расположен мешковыволачиватель МВ.

Непосредственно в цехе расположена контрольная лаборатория, выполняющая периодическую проверку влажности, помола, содержания





железа, а также контролирующая правильность дозировки. Все остальные основные, анализы выполняются общезаводской лабораторией, помещающейся в отдельном здании.

Из смесительного отделения тележки, транспортируемые автокаром, отвозятся в соседнее помещение цеха мастикации, где подаются к миксерам Бенбери.

Следует обратить особое внимание на необходимость принятия мер по уменьшению в з р ы в о о п а с н о с т и подготовительного цеха.

Начиная борьбу с взрывоопасностью, следует прежде всего установить, какие из веществ наиболее опасны в этом отношении.

Уилер (Wheeler) разделяет материалы с точки зрения воспламеняемости на три класса. К I классу он относит материалы легко воспламеняющиеся и способствующие быстрому распространению пламени от небольшого источника, например спички, ко II классу — материалы легко воспламеняющиеся, но требующие для распространения пламени наличия интенсивного огневого источника (например вольтовой дуги, бунзеновской горелки), к III классу — материалы, не распространяющие пламени.

В списках Уилера мы находим среди материалов III класса — сажу и костяной уголь, среди материалов II класса — шеллак и среди материалов I класса, правда на предпоследнем месте, граммофонную пластинку. Повидимому к I классу могут быть отнесены лишь нитроцеллюлозные пластинки.

Для граммофонных пластинок Уилер указывает <sup>330a</sup> минимальную температуру воспламенения 750° и относительную температуру начала горения 1100° (под граммофонными пластинками имеется в виду бой с тонкостью помола 100% — 200 меш).

В табл. XII приводятся <sup>330b</sup> результаты испытаний взрывчатых свойств пыли различных порошков, входящих в состав граммофонных пластинок.

В пояснение этих данных нужно сказать следующее о технике испытания.

В трубке Уилера предварительно при температуре платиновой спирали 1100° определяется навеска, дающая наибольшую длину пламени назад (т. е. в направлении, обратном воздушной струе, вдуваемой

<sup>330a</sup> Цит. по Джиббс В. Е., Пыль и ее опасность в промышленности 1930 г.

<sup>330b</sup> Отчет Макеевского научно-исследоват. института по безопасности горных работ и горно-спасательному делу, 1938 г. Сообщение об этой работе см. Станкевич Л. В., О взрывчатых свойствах пылей при производстве граммофонных пластинок и галалитовых изделий. Пром. орг. химии, 1939. 6; 2: 104—6. Следует отметить, что цифры, приведенные в таблице, относятся к облагороженному пеку, т. е. такому пеку, из которого удалена значительная часть летучих. Необлагороженный пек гораздо более опасен.

Таблица XII

Материал	Зольность	Проход через сито			Трубка Уилера		Штольня Алисона
		50 меш.	100 меш.	200 меш.	Навеска, дающая максимальное пламя	Минимальная температура воспламенения	
		%	%	%			
Шеллак . . . . .	2,9	55,2	20,8	7,26	3	900	15
Пек . . . . .	1,4	87,0	42,1	5,3	3	925	15
Сажа газовая . . . . .	0,6	87,0	52,0	17,0	—	не воспламен.	20
Канифоль . . . . .	0,05	взята фракция — 200 меш			0,5	900	5
Бой . . . . .	56,7	61,3	37,6	19,6	3	950	10
Костяной уголь . . . . .	80,4	98,6	94,4	84,2	—	не воспламен.	не взр.

пыль). Затем при избранной навеске находится та температура, ниже которой воспламенение не происходит. У шеллака, пека и канифоли замечено некоторое запоздание (порядка 1—3 сек.) вспышки пламени. Навеска канифоли взята была наименьшая возможная для трубки и все же пламя вылетало за пределы трубки.

В лабораторной штольне типа Алисона производится выстрел стандартной навески черного пороха. По количеству сгоревших нитей пироксилина, расположенных на равных расстояниях вдоль штольни, определяется длина пламени. Производится сравнение полученной длины пламени с длиной пламени холостого выстрела (2,5—3 м в приведенных определениях). Та навеска исследуемой пыли (распыленная за секунду до выстрела сжатым воздухом в штольне), которая дает длину пламени, не превышающую (с точностью до 0,1 м) длину пламени холостого выстрела, считается минимальной взрывной концентрацией.

Из приведенных наблюдений можно, повидимому, сделать вывод, что для материалов, могущих носиться в воздухе пластинчатого завода, концентрация до 5 мг/л лежит ниже границы взрываемости.

В мельничном цехе необходимо для безопасности заботиться о наличии хорошей аспирационной системы, удаляющей пыль из всех точек ее возникновения. В § 139 уже описывалась техника фильтрации воздуха. Здесь следует сделать несколько дополнительных замечаний.

Экстаустер следует помещать после рукавного фильтра, чтобы в соприкосновение с ним приходил лишь свободный от пыли воздух.

Сами фильтры являются опасной точкой, так как они отфильтровывают несущие заряд твердые частицы от имеющих противоположный заряд газообразных частей; благодаря этому в сухую погоду создается значительная электростати-

ческая разность потенциалов. Так как фильтры изготавливаются из непроводников, приходится принимать меры к тому, чтобы дать этим зарядам путь для стекания в землю. Такой мерой является прошивка ткани металлическими нитями или плотное прикрепление к внутренней стороне фильтра редкой металлической сетки; нити или сетку соединяют с землей. Для повышения безопасности цеха полезно заземлить вообще все оборудование<sup>330с</sup>.

Поскольку смолы являются наиболее опасной составляющей (а из смол в особенности канифоль), предпочтительно производить дробление смол в отдельном от остального цеха помещении.

<sup>330с</sup> О других предохранительных мерах см. Ройзен И. С., Борьба с взрывами пыли и газов в промышленности. М.-Л. 1935; Мельдау Р., Пыль в производстве и способы ее удаления. 1931.

## Глава XII

## ПРЕССОВАНИЕ ПЛАСТИНОК

## 146. Процесс прессования

Изготовление пластинок, в узком смысле слова, осуществляется в одну операцию; операцией этой является прессование.

Техника прессования внешне несложна; разогретые на паровой плите таблетки массы укладываются между матрицами. Матрицы заранее попарно закреплены в прессформе, состоящей всегда из двух половинок (назначение прессформы состоит в сообщении матрицам правильного взаимного положения при формовании пластинки). Половинки прессформы вместе с укрепленными в них матрицами к моменту укладки на них разогретой массы также разогреваются. После укладки массы и этикеток обе половинки прессформы закрываются и подвергаются давлению между плитами гидравлического пресса. Отформованная таким образом пластинка охлаждается. Затем давление прекращается, прессформа открывается, пластинка вынимается и все операции повторяются снова.

Приведенный здесь процесс может быть выполнен с большей или меньшей степенью автоматизации.

Так, в наиболее примитивном ручном процессе каждая половинка прессформы представляет цельное тело, обогрев которого производится путем укладки на паровую плиту, а охлаждение путем помещения между постоянно охлаждаемыми водой плитами пресса. Рабочему приходится осуществлять все операции переноса прессформы с горячей плиты в пресс и обратно, а также включать гидравлическое давление после постановки прессформы под пресс и выключать его, когда прессформа охладилась в достаточной мере.

В этом процессе обе половинки прессформы никак кинематически не связаны друг с другом; в нижней половинке делаются по трем углам направляющие шпильки, а в верхней половинке этим шпилькам соответствуют отверстия — таким путем обеспечивается определенная связанность обеих

половинок в период прессования. Для облегчения открывания обеих половинок прессформы и для более удобного вынимания пластинки центральной шпильки, формирующей центральное отверстие пластинки, не связывается с половинками прессформы наглухо: в половинках делаются центровые отверстия и шпильки может быть выбит из собранной прессформы еще до ее разделения: осуществляется это с помощью молотка на отдельной бабке, находящейся рядом с горячей плитой.

Перед плитой находится в прямом с ней соседстве еще металлический стол, на котором рабочий производит укладку этикеток и массы и сборку прессформы (расположение рабочего места см. внизу рис. 208.) Общий вид прессового цеха фирмы Ultraphon, где показан этот ручной процесс, дан на рис. 207.



Рис. 207.

Для удобства разделения половинок делают верхнюю часть несколько большей по размерам (по краю она заходит иногда на нижнюю уступом). Однако разделение не всегда происходит легко и в этом случае прессовщик обычно стучит прессформой по бабке, чтобы облегчить разделение.

Чтобы подчеркнуть несовершенство ручного метода, укажем еще, что прессовщику приходится брать и переносить горячие прессформы вручную, так что нужно постоянно иметь под рукой кусочки ткани (так называемые «прихватки»), с помощью которых брать прессформы, чтобы не обжечься. Кроме того, постоянное забивание и выбивание центрального шпильки не позволяет обеспечить сколько-нибудь точный центр.

Один рабочий оперирует при этом обычно сразу с тремя прессформами; представление о последовательности операций рабочего, обслуживающего такой процесс, дает примерная схема, представленная на рис. 208.

Этот процесс с обилием ручных операций вряд ли сохранился еще в описанном виде на крупных предприятиях. Пол-

ная автоматизация процесса прессования пока еще не осуществлена, так как деликатные и не вполне повторяющиеся от раза к разу движения, нужные для очистки прессформы от приставших к ней избытков массы, для обтирки матриц и осмотра их, требуют еще участия человеческих глаз и рук; тем не менее, и эта автоматизация не может окончательно отвергаться, как невозможная.

Приведенный выше примитивный процесс почти всецело вытеснен процессом с неполной автоматизацией, но со значительными элементами механизации, так называемым полуавтоматическим процессом.

Для полуавтоматического процесса характерно отсутствие пространственного разделения функций обогрева и охлаждения: одни и те же каналы проводят поочередно пар и воду. Каналы эти устраиваются непосредственно в теле каждой из половинок прессформы. Эти половинки связываются при этом шарнирно так, что, открываясь, они образуют угол друг с другом.

Распространены два варианта. Либо нижняя половинка скреплена с плунжером, а верхняя с головкой (лобовой частью) пресса и открывание прессформы осуществляется путем откидывания головки пресса на нужный угол, либо головка пресса не откидывается, а вместо этого прессформа выдвигается из пресса на параллелях и затем открывается вне пресса. В последнем случае головка пресса носит название траверсы.

Вместо выдвигания прессформы из-под пресса на параллелях предлагалось также (но не получило распространения) поворачивание прессформы относительно колонки пресса, причем пресс мог снабжаться двумя<sup>331</sup> или тремя<sup>332</sup> прессформами.

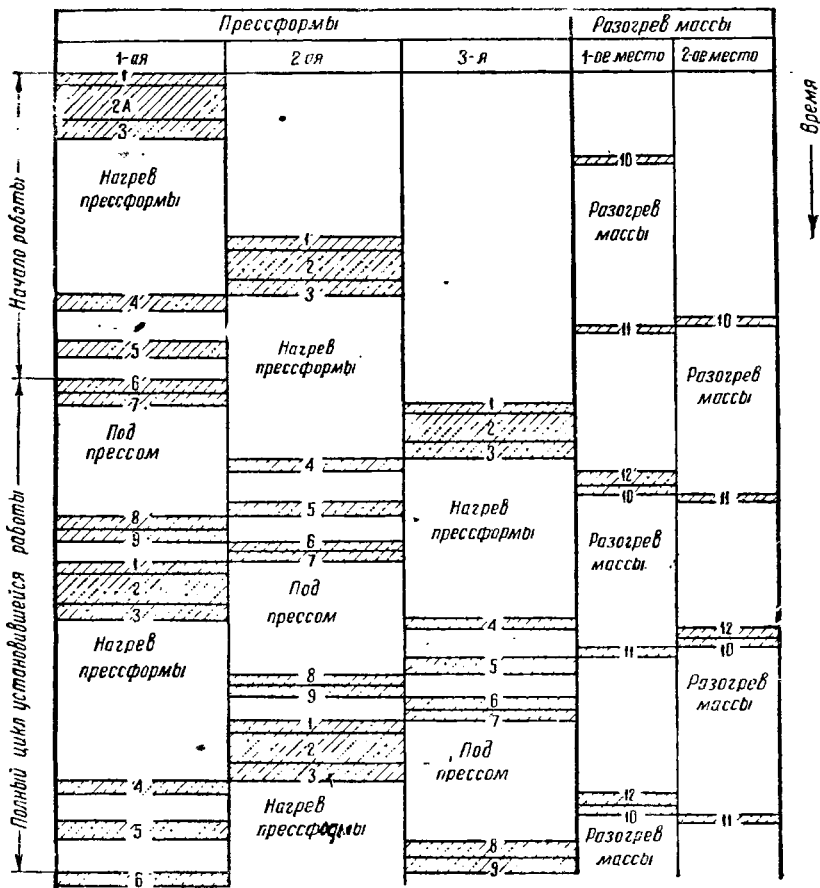
Самое переключение пуска воды и пара, как и подъем и опускание плунжера, также производится в полуавтоматическом режиме механически. В некоторых случаях механизмируется также и открывание прессформы. На долю рабочего остаются тогда операции удаления пластинки из прессформы, очистки прессформы от обломков грата, протирки матриц, укладывания этикеток и массы и ухода за массой, разогреваемой на плите.

Так как процессы обогрева и охлаждения идут в этом случае быстрее, то рабочий обслуживает обычно лишь одну прессформу.

На один пресс с откидной или выдвигной прессформой в отличие от ручного процесса приходится обычно также

<sup>331</sup> Герм. пат. 354261 (1921 г.).

<sup>332</sup> Англ. пат. 217345 (1923 г.), 237019 (1924 г.).



ОБОЗНАЧЕНИЯ:

1. Выбить шпенок (молотком с помощью боротка), открыть прессформы (крючком).
2. Вынуть пластинку, снять (скребком) заусенцы, протереть, осмотреть, положить в ящик, накрыть листком бумаги.
- 2А. Вынуть пластинку, оставленную в прессформе (последнее делают обычно при перерывах в работе).
3. Положить обе части прессформы на плиту, забить в нижнюю шпенок.
4. Сдвинуть прессформу на стол.
5. Наложить 1-ю этикетку на

- шпенок, положить массу и прикатать (валиком), наложить 2-ю этикетку, закрыть прессформу.
6. Заложить в пресс.
7. Перекрыть обратную линию, дать давление.
8. Перекрыть давление, открыть обратную линию.
9. Выгрузить (возжами) прессформу на бабку.
10. Положить таблетку на плиту.
11. Раскатать массу на плите.
12. Очистить (циклей) плиту от остатков массы.

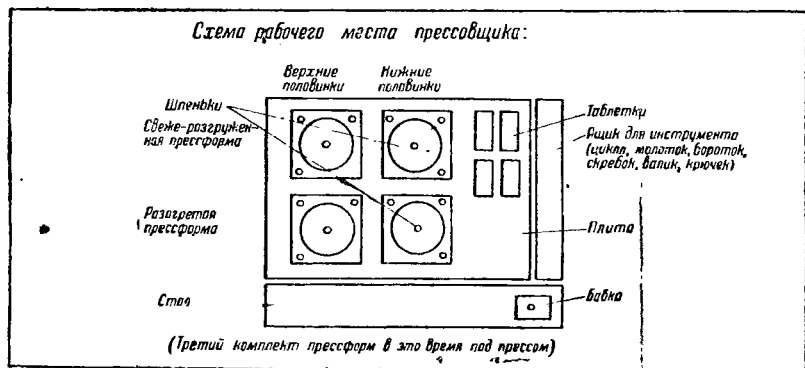


Рис. 208.

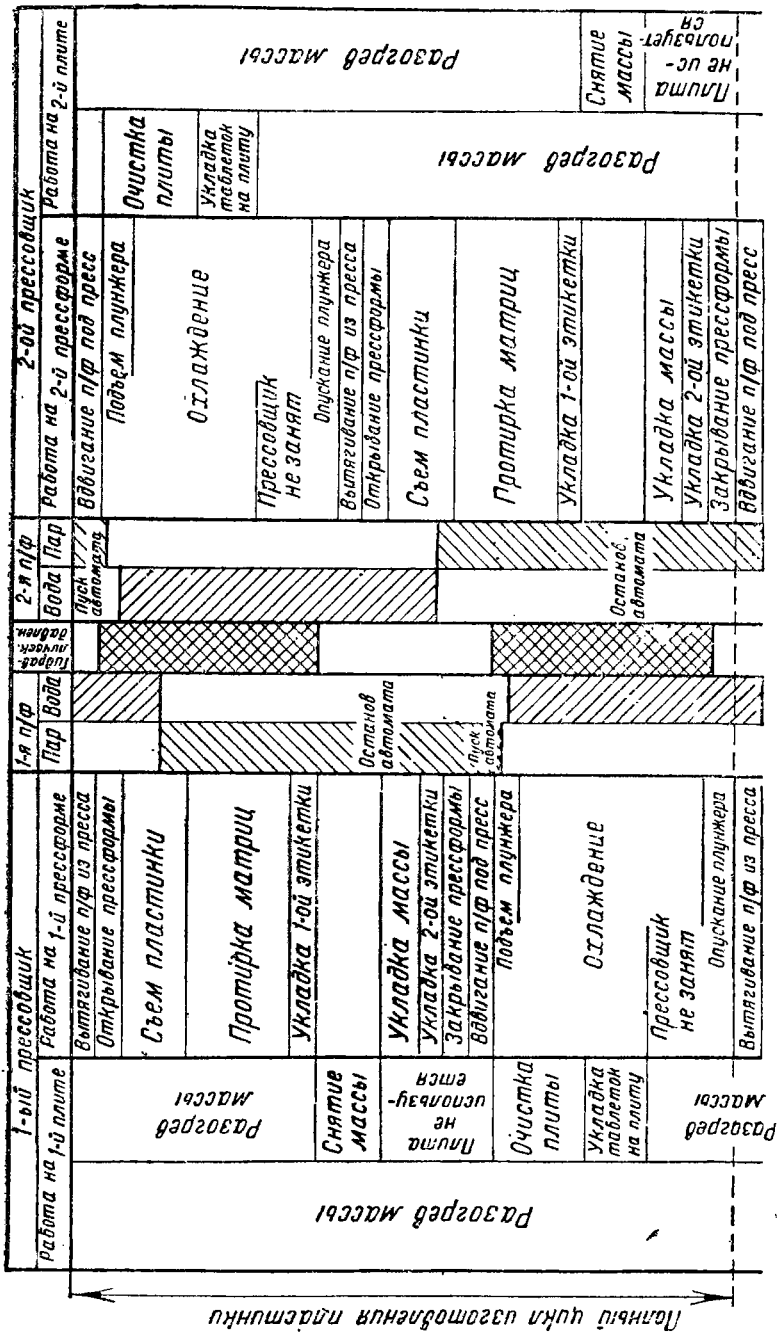


Рис. 209.

Примечания: 1. Останов автомата (кулачкового управления) происходит по прошествии одного оборота его валика. Цикл работы автомата короче общего цикла изготовления пластинок.

2. Общий цикл оборота массы на плите в 2 раза больше полного цикла изготовления пластины.

лишь одна прессформа, хотя возможность постановки и в этом случае двух прессформ на один пресс не отпадает. Ногинский завод ГШП целиком оборудован прессами (конструкции завода Красный Гидропресс в Таганроге), имеющими по две выдвигных прессформы на каждый пресс. Представление о последовательности операций обоих рабочих, обслуживающих подобный сдвоенный пресс, дает примерная схема, представленная на рис. 209.

Необходимо отметить, что идея двусторонней работы пресса для граммофонных пластинок является весьма неудачной: вся экономия сводится здесь к сокращению совершенно незначительной единовременной затраты на изготовление станины пресса; в то же время эта конструкция, связывая время ручных и машинных операций жесткой зависимостью, ведет к снижению производительности каждой прессформы.

Пресса, работающие на полуавтоматическом режиме, значительно производительнее прессов, работающих по ручному процессу. Общая длительность цикла ручного процесса, соответствующего показанному на рис. 208, составляла, например, 7 мин., а общая длительность полуавтоматического процесса по рис. 209 составляла, например, 0,7 мин. Таким образом, для взятого примера, производительность прессформы полуавтоматического процесса в десять раз превышает производительность ручного процесса.

Нужно подчеркнуть, что производительность зависит, в конечном счете, от прессформы и от времени, необходимого на операции по обслуживанию, остающиеся ручными, но не от пресса. Поэтому, говоря о производительности, правильно говорить о числе пластинок, снимаемых с прессформы, а не с пресса.

Полноты ради можно указать, что предлагалось также своеобразное улучшение принципа ручного процесса, приближающее его к полуавтоматическому, а именно: прессформа попрежнему не имеет каналов, но к самому прессу примонтирована горячая плита, на которую попадает прессформа при выдвигании ее из-под пресса, а охлаждающие плиты находятся, как обычно, на самом прессе. Для ускорения теплопередачи при этом процессе предлагалось изготавливать прессформы очень тонкими и, притом, состоящими лишь из кольца и центральной вкладки специальной конструкции<sup>333</sup>. Вряд ли, впрочем, эта система где-либо применяется.

Ознакомившись с процессом в целом, рассмотрим теперь в отдельности прессформу, пресс и вспомогательное оборудование.

## 147. Прессформа

Само собой разумеется, что прессформа, предназначенная для приведенного выше ручного процесса, прессформа, подлежащая укреплению на открывающейся головке пресса, и прессформа, выдвигаемая из пресса на параллелях для последующего открывания, — не могут быть тождественными.

Больше того, в пределах каждого из этих типов имеется очень большое число конструктивных разновидностей. Не имея конечно, возможности останавливаться на всех этих разновидностях, мы рассмотрим отдельные конструктивные элементы прессформ и лишь в виде примера приведем одну законченную конструкцию сравнительно более совершенного типа прессформы.

В технике прессования пластмасс, вообще, различают два типа прессформ: закрытый и открытый. Схематически оба эти типа представлены на рис. 210. Здесь *a* представляет прессформу (для граммофонных пластинок) закрытого типа, *b* — прессформу открытого типа. В прессформах типа *a* пространство, в котором производится прессование,

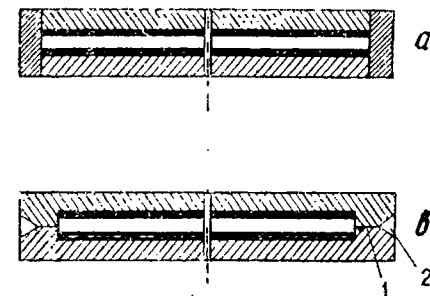


Рис. 210.

оказывается закрытым еще раньше, чем пластмасса примет свой окончательный размер. Напротив, в прессформах типа *b* это пространство замыкается лишь тогда, когда пластмасса уже приняла свои окончательные размеры. В прессформах закрытого типа, таким образом, количество загруженной массы должно быть дозировано точно, в то время как в прессформах открытого типа избыток массы имеет возможность свободного вытекания из зоны, в которой формируется изделие<sup>334</sup>.

Имеется существенное отличие процессов в прессформах того и другого типа.

В открытую прессформу загружается избыток массы; масса сжимается и оттесняется к сторонам до соприкосновения верхней и нижней половинок прессформы; с этого момента дальнейшее повышение давления передается массе лишь в та-

<sup>334</sup> Подробнее с классификацией прессформ и принципами их конструирования можно ознакомиться по книгам: Бранденбургер К., Техника прессования пластмасс (пер. с нем.), М. 1935, Богословский Ю. и Мурашов М., Прессформы, расчет и конструирование, М. 1934.



кой мере, в какой уменьшается полость для массы, образованная частями прессформы, — практически дальнейшего поднятия давления в массе не происходит, так как пластичная масса поддается сжатию обычно значительно больше, чем материал самой прессформы.

Совершенно иначе происходит дело при работе с закрытой прессформой. Здесь масса не имеет выхода и всякое увеличение степени сжатия прессформы означает дальнейшее повышение давления в массе.

При прессовании граммофонных пластинок из термопластических масс пользуются обычно прессформами открытого типа. К типу закрытых прессформ прибегают лишь в специальных случаях малотекучих масс, которые будут рассмотрены в следующей главе.

Кромка 1 в прессформе открытого типа (рис. 210, б) пропускает в начале прессования избыток массы; в момент закрытия прессформы между этими кромками остается лишь тонкая пленка массы. Эта тонкая пленка образует на готовой пластинке заусенцы, которые легко поддаются обламыванию.

Основной избыток массы (так называемый грат) выходит в наружную часть прессформы 2 (рис. 210, б)

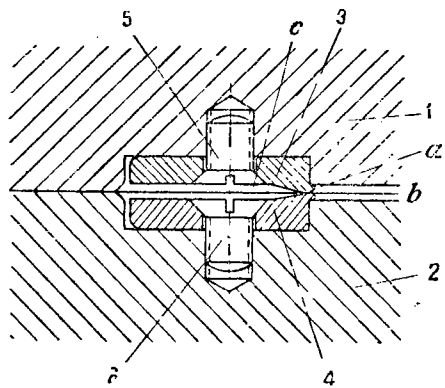


Рис. 211.

или в специально предусмотренные каналы для перетекания, откуда по охлаждению может быть удален. Эта отрезающая массу часть прессформы (называемая иногда ветчкантом) подвергается значительному износу. Так как эта часть находится по окружности матрицы, то на нее возлагается обычно еще и другая функция — крепление матрицы в прессформе.

В прессформах рассмотренного выше ручного процесса матрица часто держалась одной лишь тугой посадкой без каких-либо специальных приспособлений.

Чаще, однако, укрепление матриц производилось при ручном процессе и производится при полуавтоматическом с помощью отдельного кольцевого прижима. Сечение по ветчканту прессформы, снабженной подобным кольцом, показано на рис. 211. Здесь 1 верхняя половина прессформы, 2 — нижняя, 3 — кольцо, скрепленное с верхней половиной, 4 — с нижней, 5 и 6 — соответствующие утопленные винты

для крепления колец к телу половинок прессформы. Подобные винты располагаются по окружности кольца в 8—10 местах. На рисунке отчетливо виден режущий край а, разделяющий пластинку, находящуюся в б, от зоны перетекания с.

Эта конструкция не является единственной. Так, на рис. 216, где показан разрез собранной прессформы в целом, видно, что кольцо состоит из двух частей, из которых часть а, наиболее изнашивающаяся, является сменной; она зажата кольцом б, притянутым болтами, так же как и в рассмотренном выше случае.

При любой конструкции крайне важно отсутствие зазора между кольцом и матрицей, так как проникающая в этот зазор масса сильно затрудняет удаление готовой пластинки из прессформы; этот зазор, отсутствуя первоначально, может возникнуть в процессе прессования, так как одновременное действие больших удельных нагрузок прессования и термических напряжений обогрева и охлаждения создает тяжелые условия работы для всякой конструкции.

Матрицу (напаянную на шеллу) подвергают иногда перед сборкой в прессформу обжиму по борту на гидравлическом прессе со специальным кольцевым пуансоном, чем создается очень небольшой уступ, в который затем входит кольцо прессформы, предупреждая этим проникание массы под кольцо. Напротив, если подобный уступ возникает естественно, при самом прессовании («обрез края»), — туда легко проникает масса и матрицу приходится снять.

Крепление матриц осуществляется, впрочем, не только по окружности, но и в центре. Значение правильного центрального крепления не менее велико, чем значение хорошего кольца. Неправильный центр сообщает пластинке эксцентриситет, нежелательность которого уже освещалась в § 50.

На рис. 212 показаны две формы центрального крепления.

В варианте А в нижнюю половину прессформы ввинчивается пробка т, кончающаяся шпёнком п, а в другую половину прессформы ввинчивается втулка р, в центровое отверстие которой входит шпёнок л. Этот центровой шпёнок формирует центровое отверстие пластинки. На каждой из ввинчиваемых частей имеется конус q, придерживающий матрицу.

Здесь нужно напомнить, что существует два типа матриц — напаянные (на шеллах) и простые (без шелл). Толщина первых значительно превышает толщину вторых. В креплении простых матриц имеется, конечно, отличие от крепления напаянных.

Так, например, приведенное выше центровое крепление более удобно для простых матриц. Напротив, при напаянных можно поступать соответственно варианту В рис. 212, а именно делать в теле напаянной матрицы ступенеобразную

центровую выточку, в которой будет утоплен фланец  $f$  центрального крепления.

Место перехода от центрального крепления к матрице обычно обнаруживается достаточно отчетливым уступом на этикетке готовой пластинки. Фланец нередко делается очень большого размера (до 7—8 см), так что перекрывает почти всю этикетку (так называемый широкий центр).

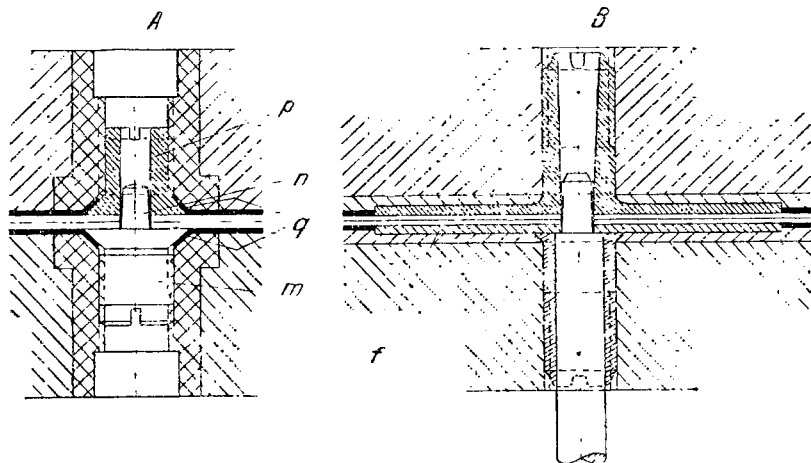


Рис. 212.

Применение широкого центра предпочтительно, так как он, во-первых, плотнее держит матрицу, а во-вторых, придает более опрятный вид этикетке пластинки. Широкий центр описанного устройства может быть применен и при простых матрицах, если готовить их с увеличенной толщиной. Кроме ступенеобразного конструктивного выполнения широкого центра, показанного на рис. 212, B, возможно и выполнение его по принципу конического центра, соответствующего рис. 212, A, но с соответственным увеличением диаметра.

Отметим, к слову, что на рис. 212, B центральной шпенеке выше и это является преимуществом, поскольку ведет к лучшему центрированию верхней этикетки.

Вопрос о преимуществе напаянных матриц перед простыми до сих пор остается спорным. Преимущество простых матриц заключается в лучшей теплопередаче, большей простоте изготовления и исключении опасности повреждения при напайке. Напаянные матрицы требуют систематического приобретения новых шелл (так как распайка забракованных матриц и использование старых шелл возможно не беспредельно). Зато напаянные матрицы отличаются большей безопасностью относительно повреждений от изгиба при хранении и, самое

главное, уменьшением явления развальцевания. Явление развальцевания выражается в смещении канавок по направлению к краям матрицы и в искривлении канавок наружу в радиальном направлении; оно вызывается постоянным движением массы в этом направлении в процессе прессования.

К уменьшению износа кольца и центрального шпенека принимаются обычно специальные меры. Так, эти детали изготавливаются из прессованной стали, а для уменьшения истирания хромируются.

В процессе прессования пластинок, срабатываясь, центральной шпенеке становится меньше в диаметре, вследствие чего уменьшается и центральное отверстие пластинки. Поэтому готовят шпенеки по верхнему допуску отверстия, а сработавшиеся шпенеки восстанавливают хромированием.

Существенным элементом прессформ являются каналы, служащие для обогрева и охлаждения. Расположение этих каналов может быть очень разнообразным. На рис. 213 показано для примера пять способов расположения; эти примеры не исчерпывают никоим образом всех возможностей, но дают представление об основных решениях.

Типы а и б предполагают изготовление литьем или фрезерование на станках со специальными приспособлениями; типы с, d и e изготавливаются более простым токарным способом. Тип а соответствует простому спиральному ходу каналов. Тип б имеет биспиральный ход (так

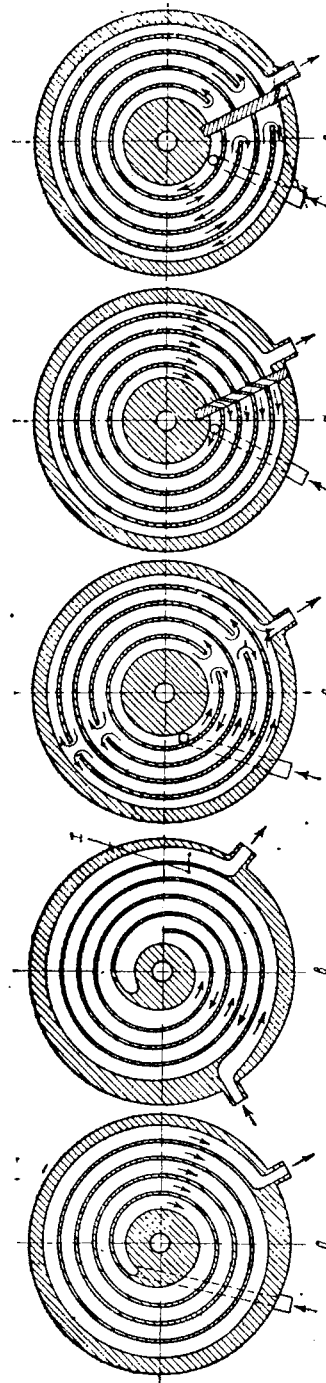


Рис. 213.

называемый «двухзаходный канал»): теплоноситель проходит сперва по одному витку, затем возвращается по соседнему. Тип *b* принципиально должен давать более равномерный обогрев, нежели тип *a*, так как в нем чередующееся расположение каналов приближает среднюю теплоотдачу теплоносителя двух соседних каналов к постоянству, в то время как в случае *a* центральная часть прессформы имеет дело с теплоносителем наибольшей тепловой активности и потому прогревается и охлаждается быстрее периферии.

Впрочем, осуществление нагрева и охлаждения от центра к периферии находит известное оправдание. Так, нагрев, распространяющийся от центра, хорошо согласуется с перемещением комка массы при прессовании. Охлаждение, более интенсивное в центре, оправдывается наличием в центре бумажной прослойки (затрудняющей теплопередачу), а часто и повышенной толщиной пластины в центре.

В чисто тепловом отношении, с точки зрения тепловой экономичности, типу *a* может быть отдано предпочтение, так как тип *b* требует большего расхода теплоносителя и более длительного его прохода, поскольку свежеступающий теплоноситель обменивается теплом с отработавшим теплоносителем (это особенно заметно в точке *x*).

В то время как тип *d*<sup>335</sup> представляет упрощенный по выполнению вариант типа *a*, тип *c*<sup>336</sup> приближается в тепловом отношении к типу *b*.

Наконец, тип *e*<sup>337</sup> заслуживает быть упомянутым потому, что позволяет указать на дефект, которого следует избегать: благодаря сосредоточению поворотов (связанных с ударом о стенку) на одном радиусе, в этом месте происходит усиленная конденсация пара и наблюдается неравномерный обогрев матрицы.

Из всех приведенных на рис. 213 типов лишь тип *b* является одноэтажным. Остальные типы осуществляют подвод теплоносителя к центру на другом, нежели рабочие каналы, уровне, что приводит к некоторому увеличению толщины прессформы и, следовательно, увеличению ее массы, и связано с потерей тепла и времени на обогрев и охлаждение этой массы.

Скорость процессов обогрева и охлаждения прессформы определяется при данной конструкции ее несколькими величинами. Так, она пропорциональна теплопроводности  $\lambda$  материала прессформы, обратно пропорциональна теплоем-

кости с материала прессформы, обратно пропорциональна также удельному весу  $\delta$  материала прессформы (зависимость от удельного веса определяется тем, что теплоемкость относится к единице веса), иначе говоря, скорость  $\tau$  процессов обогрева и охлаждения тела прессформы определяется выражением:

$$\tau = \frac{\lambda}{\delta \cdot c}.$$

Эта величина<sup>337а</sup> должна быть для материала прессформы возможно велика. Исходя из этого, например, для прессформ обычно не применяют нержавеющей стали, имеющей пониженную температуропроводность, хотя стремление к повышению коррозионной стойкости прессформ могло бы говорить в ее пользу.

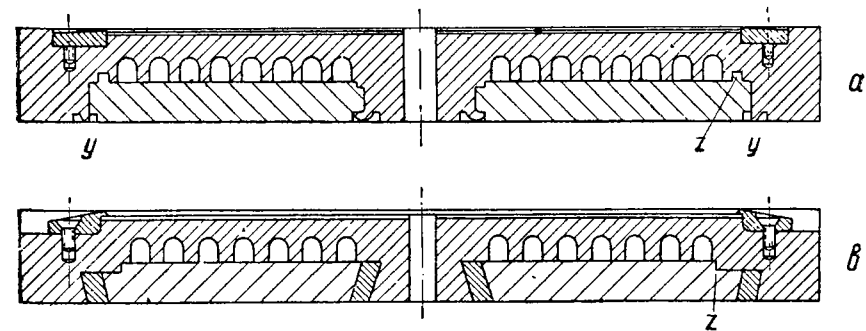


Рис. 214.

Самые каналы в прессформе, независимо от того, литые (ныне не применяемые) ли они, фрезерованные или точеные, получают обычно в процессе их изготовления лишь три стороны — четвертая сторона, замыкающая каналы, дается обычно диском донышка. Укрепление этого донышка осуществляется либо способом развальцовки, как показано на рис. 214, *a* (здесь для ясности наружный уступ *y* показан в том виде, который он имел до развальцовки), либо гидравлическим обжатием с кольцом (или двумя), как показано на рис. 214, *b*. Существенно обратить внимание на наличие в обоих случаях замков *z*, имеющих назначение уменьшить неплотности.

Конструкция этих замков и остальной поверхности опоры прессформы должна быть в отношении допусков достаточно продумана: нужно смотреть на прессформу, как на тело,

<sup>335</sup> Англ. пат. 226092 (1924 г.) фирмы Brunswick-Balke-Collender Co.

<sup>336</sup> Описанный в англ. патенте 314158 (1928 г.) фирмы The Gramophone Co Ltd.

<sup>337</sup> Описанный в англ. патенте [305364 (1928 г.) фирмы The Gramophone Co Ltd.

<sup>337а</sup> Величина  $\tau$  иногда встречается в литературе под неудачным названием коэффициента температуропроводности.

упруго деформирующееся в процессе прессования. Наличие зазоров вызывает прогиб прессформы, благодаря которому толщина пластинки, отпрессованной в этой прессформе, оказывается неравномерной по радиусу. Пластинка чечевицеобразной формы не только не будет устойчиво лежать на диске граммофона, но и будет тяжелее нормальной, вызывая тем самым повышенный расход массы. Известны случаи, когда конструкция прессформы была настолько неудачной, что кроме упругих деформаций наступали и значительные остаточные деформации (прессформы с «провалившимся зеркалом», с «провалившимся центром» и т. п.).

Связь между половинками прессформы также заслуживает внимания.

В прессах с откидывающейся головкой шарнир, относительно которого вращается эта головка, находится на сравнительно значительном удалении от центра прессформы. Напротив в прессах с выдвигной прессформой этот шарнир находится значительно ближе. Не приходится пояснять, что первая система представляет преимущества с точки зрения возможности делать направляющие части (центральной шпек и шишки, о которых сейчас будет говорить) более высокими.

Для достижения аналогичного эффекта в системе выдвигной прессформы шарнир не делают обычно жестким, так что относительное перемещение половинок прессформы не является в этом случае только вращательным.

На рис. 215 показан пример подобного сцепления половинок прессформы<sup>338</sup>. На оси *a*, укрепленной в верхней половинке прессформы, вращается штифт *b*, хвост которого свободно ходит в цилиндрической выточке нижней половинки прессформы. Таких штифтов прессформа имеет два. Направление движению половинок дают четыре шишки *c*, укрепленные в нижней половинке, и соответствующие им четыре втулки *d* в верхней половинке.

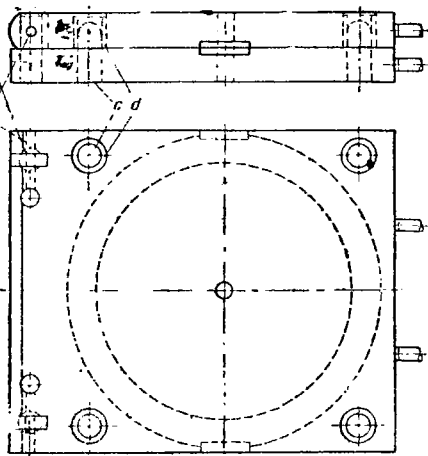


Рис. 215.

<sup>338</sup> Это крепление принято фирмой F. Shaw.

Завершив рассмотрение отдельных элементов прессформы, приведем пример законченной конструкции прессформы (рис. 216).

Рисунок дает, между прочим, представление о том, как соответствующим распределением опорных поверхностей и подбором сечений стараются придать прессформе надежность в отношении тех значительных нагрузок, которым она подвергается.

Заметив еще, что той поверхности прессформы, на которую будет затем уложена матрица («зеркало» прессформы), придают часто слегка выпуклый вид, чтобы компенсировать этим то утолщение матрицы к краю, которое иллюстрировано было на рис. 120.

#### 148. Режим прессования

Режим прессования определяется характеристиками нагрева, охлаждения и давления прессования, измеренными во времени.

Пример режима, относящийся к прессу с полуавтоматическим процессом, представлен на рис. 217, где по абсциссам отложено время, а на ординатах показана включенность того или иного из агентов — пара на диаграмме I, охлаждающей воды на диаграмме II и гидравлического давления на диаграмме III.

Из рисунка видно, что в точке *a* в прессформу поступает пар, от точки *b* до точки *c* происходит закрытие парового клапана, от точки *c* до точки *d* происходит открытие водяного клапана, от точки *d* до точки *e* в прессформу поступает вода, между *e* и *f* производится закрытие водяного клапана, от *f* до *g* открытие парового клапана и между *g* и *h* поступление пара. Точка *h* соответствует

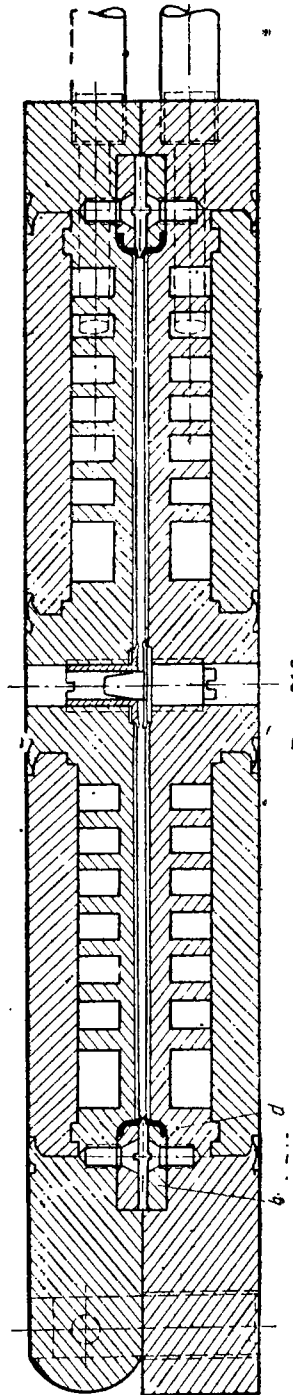


Рис. 216.

точке *a*, так как отрезок *ah* представляет на этом рисунке полный цикл.

По диаграмме III видно, что в точке *a* начинается подача гидравлической воды, отчего происходит подъем плунжера, причём в точке *l* дальнейшего поступления воды более не происходит и водой лишь передается давление вплоть до

точки *k*, где вода начинает уходить, вследствие чего давление падает и плунжер спускается, достигая в точке *h* своего низшего положения.

В нижней части того же рисунка построена кривая температуры прессформы, определяемой, в свою очередь, диаграммами I и II.

Представленный на рисунке режим никак не является всеобщим и служит лишь примером, относительно которого возможны большие или меньшие отклонения. Так, например, между прекращением подачи пара и началом подачи воды (как и обратно) может делаться небольшой перерыв, служащий для предохранения от одновременного поступления пара и воды. Иногда точка *c* совмещается с точкой *a*, а отрезок *ас* прибавляется к точке *h* с соответствующим удлинением всего цикла и т. д. Рассматривая

рис. 217, нетрудно обратить внимание также на то, что точка *k* в этом случае смещена относительно точки *e*, так что охлаждение прекращается ранее окончания нажима плунжера и т. д.

При прекращении подачи пара или воды некоторое количество того или другого остается в прессформе и выталкивается противоположным агентом при следующем переключении: отводная линия из прессформы открыта постоянно.

Для того чтобы плунжер начал опускаться, должен быть открыт выход воде, создающей давление в цилиндре, — это осуществляется открыванием в точке *k* специального клапана («обратной гидравлики»); совершенно естественно, что перед этим должен быть закрыт клапан («прямой гидравлики»), по-

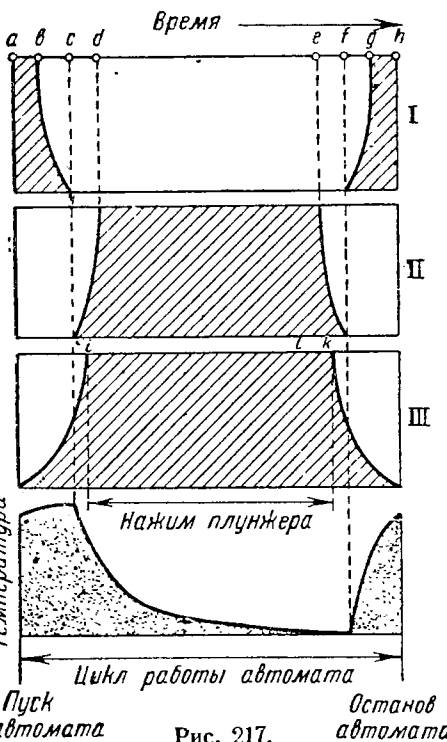


Рис. 217.

дававший воду под плунжер во время *ai*; закрытие клапана прямой гидравлики осуществляется в точке *l*.

Таким образом при прессе, осуществляющем полуавтоматический процесс, нормально присутствуют четыре клапана: подачи пара, подачи воды, прямой гидравлики и обратной гидравлики, причём управление этими клапанами осуществляется без участия прессовщика.

Наиболее принятой системой управления клапанами является так называемое автоматическое кулачковое управление, которое иногда просто называют автоматом. Схема этого управления поясняется рис. 218.

Здесь *1* представляет шток клапана, перемещение которого в направлении стрелок вызывает закрытие или открывание соответствующих клапанов. Конструкция самих клапанов будет рассмотрена ниже, а здесь достаточно заметить, что этот шток находится под давлением пружины, стремящейся сместить его по нижней стрелке, т. е. влево, что соответствует положению закрытия клапана; таким образом этот шток всегда оказывается прижатым <sup>388а</sup> к обойме 2, в которой укреплена ось ролика 3, в свою очередь опирающегося на кулачок 4, вращающийся на валике 5.

Благодаря профилировке кулачка 4, характер которой ясен из чертежа, откуда точка *o* соприкасается с окружностью *fed* кулачка, шток будет находиться в левом положении (клапан закрыт), на переходе *dc* шток будет смещаться вправо (клапан открывается), на окружности *сba* шток будет оставаться в правом положении (клапан открыт), на переходе *af* шток будет возвращаться влево (клапан закрывается).

Кулачки 4 устанавливаются по одному на каждый клапан и укрепляются на общей оси 5. Эта ось приводится в медленное вращательное движение (например 1 об/мин) от трансмиссии или, лучше, индивидуального мотора с редуктором. При этом обычно предусматривается несколько ступенчатых шкивов для того, чтобы скорость вращения можно было изменить.

При подобном кулачковом управлении относительная дли-

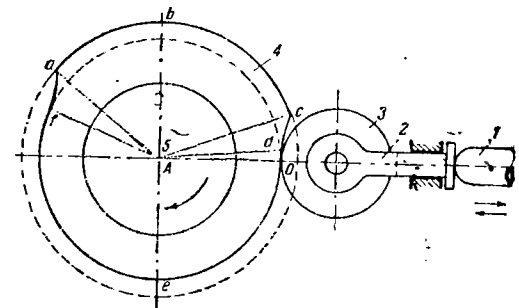


Рис. 218.

<sup>388а</sup> В некоторых конструкциях части 1 и 2 составляют одно целое.

тельность отдельных операций будет определяться величиной угла  $aAc$ , соответствующего включенности клапана, а быстрота включения и выключения клапана углами  $aAf$  и  $aAd$ . Смещение отдельных операций в общем цикле будет определяться углом относительного поворота отдельных кулачков на общей оси.

Конструктивное выполнение деталей кулачкового устройства бывает весьма разнообразно; описание отдельных решений может быть здесь опущено.

Существенно лишь отметить, что для сообщения кулачковому управлению значительной свободы, так чтобы на этом устройстве мог быть без труда установлен любой нужный режим, целесообразно делать каждый кулачок состоящим из двух сложенных вместе дисков, угол  $aAc$  которых одинаков, но в два раза меньше максимального нужного угла. Притаким устройстве смещение дисков между собой делает легким изменение угла  $aAc$  в широких пределах без смены кулачков.

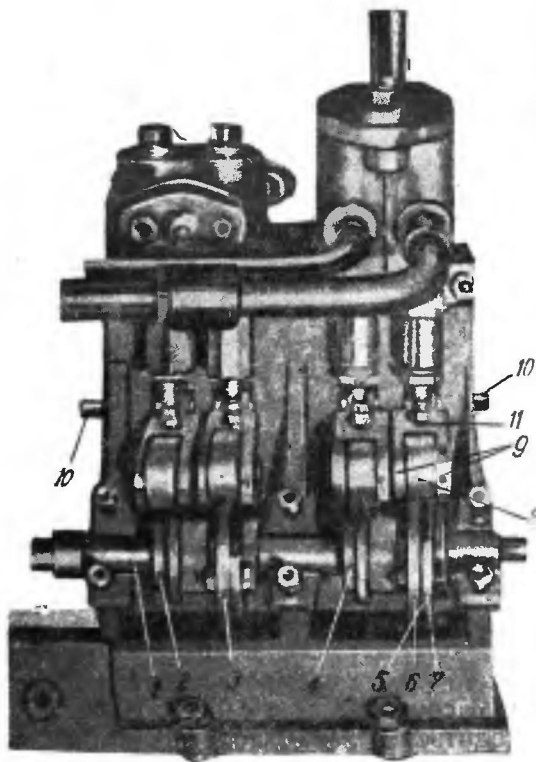


Рис. 219.

Общий вид кулачкового управления, построенного на этом принципе<sup>339</sup>, представлен на рис. 219.

На валике 1 сидят четыре кулачка: кулачок 2 управляет обратной гидравликой, кулачок 3 — прямой гидравликой, кулачок 4 — паром и кулачок 5 — водой. На рисунке видно, что кулачки состоят из сдвоенных дисков, видно также смещение этих дисков друг относительно друга. Так 6 и 7 представляют отдельные диски у кулачка 5, управляющего водой.

<sup>339</sup> Применяем фирмой F. Shaw.

Ролик 8 этого кулачка укреплен в обойме 9, вращающейся относительно оси 10 и давящей на шток 11 клапана (устройство роликов и обойм остальных кулачков таково же).

Ведущий валик кулачкового устройства, на котором сидят кулачки, вращается, как правило, не непрерывно, а с остановками. Включение валика производится не показанной на рисунке фрикционной муфтой, причем после полного оборота, придя в исходное положение, муфта расцепляется. Включение этой муфты осуществляется либо прессовщиком с помощью специальной рукоятки, либо зацеплением прессформой собачки при движении прессформы под пресс.

Необходимость расцепления муфты и периодичности работы кулачкового автомата диктуются полуавтоматичностью процесса, так как в период ручных операций (удаление пластинки, укладка массы) возможны задержки, а в это время кулачковый автомат, работающий непрерывно, мог бы включить снова давление, вызвав этим порчу прессформы или даже нанесение увечия прессовщику.

По этой именно причине за начальное положение автомата выбирается то, в котором он должен находиться в период ручных операций (например, на рис. 217 в точке а отсоединены линии гидравлики и охлаждающей воды, прессформа находится под паром).

Кулачковое управление все более вытесняет другую систему, применявшуюся раньше, при которой длительность охлаждения оставалась нефиксированной и зависела от навыка рабочего. В этой системе вода поступала в прессформу на протяжении всего времени ее нахождения под прессом, а пар — на протяжении всего времени, когда пресс был открыт, так как самое переключение клапанов пара и воды определялось обычно положением плунжера или прессформы.

Конструктивная простота этой системы по сравнению с кулачковым управлением совершенно очевидна, но кулачковое управление решительно вытесняет эту простую систему, подчеркивая этим значение фиксированного режима.

Иногда называют пресса этой старой системы «полуавтоматами», а пресса с кулачковым управлением — «автоматами»: такая терминология может считаться правильной лишь постольку, поскольку она применима к способу управления клапанами, но не к прессу в целом.

Особо следует подчеркнуть, что наличие фиксированного режима, как то имеет место при кулачковом управлении, предполагает постоянство характеристик рабочих агентов, в первую очередь воды и пара<sup>339а</sup>.

<sup>339а</sup> Пресс с фиксированным режимом, соблюдаемым даже при колеблющихся характеристиках рабочих агентов («пресс с самоустанавливающимся режимом»), описан в сов. авт. свид. №№ 48955 и 51430.

Вода, применяемая для охлаждения прессформы, должна обладать постоянными напором и температурой. Напор воды естественен, главным образом, с точки зрения быстроты протекания воды по каналам прессформы и, как следствие, скорости охлаждения прессформы; на практике применяется напор в 6—7 ат. Температура охлаждающей воды составляет обычно 8—10°; практически она не подвержена быстрым колебаниям ни при одной из систем водоснабжения.

Пар, служащий для обогрева прессформы, подается из котельной обычно перегретым с таким расчетом, чтобы к моменту входа в прессформу он оказывался насыщенным, так как в этом случае обеспечена наибольшая теплоотдача. В прессформу вводится обычно сухой насыщенный пар давлением 5—6 ат, однако он нагревает внешнюю рабочую часть прессформы не до своей температуры, а на 35—40° ниже ее, т. е. до 120—130°, а матрицу лишь до 100—115°.

Следует обратить внимание на то, что пар из прессформы идет обычно навывлет, а не в конденсационный горшок, чем намного увеличивается его расход; при описанной выше системе общей постоянно открытой отводной линии из прессформы установка конденсационного горшка, конечно, невозможна. Принципиально делу очень просто помочь, введя еще один лишний кулачок и клапан, переключающий конденсационный горшок на обводную линию в момент подачи в прессформу воды.

В отличие от воды пар без принятия специальных мер обычно стабильных параметров не имеет.

Многочисленно предлагалось заменить паровой обогрев электрическим<sup>340</sup>. Пресса для грампластинок с электрическим обогревом выпускались даже на рынок, однако электрический обогрев не нашел распространения, так как связанные с ним неудобства более значительны, нежели присущие ему преимущества. Так, материалы, несущие функцию электрической изоляции, являются в то же время теплоизоляторами — присутствие последних при паровом обогреве совершенно излишне; монтаж каналов значительно осложняется, полезное сечение, отводимое под каналы, также падает; накипеобразование усиливается, так как остатки воды испаряются в период нагрева; наконец, и эксплуатационно электрообогрев не дает преимуществ, так как он используется в процессах разогрева, а не стационарного состояния, т. е. в условиях для электрообогрева как раз неблагоприятных.

Подобно непрактичности электрообогрева обстоит дело и в отношении непрактичности замены воды хладагентом в виде сжиженного газа, так как при наличии в прессформе общих

каналов для охлаждающего и обогревающего агента, как это было во всех рассмотренных до сих пор случаях, происходило бы засорение хладагента паром, а пара хладагентом, что одинаково неприемлемо. Наличие же отдельных каналов не только осложняет конструкцию, но и в значительной мере сводит на-нет сам тепловой эффект от применения хладагента.

На практике поэтому паровой обогрев и водяное охлаждение являются самыми распространенными.

Гидравлическое давление в отличие от пара и воды не влияет своими характеристиками на длительность цикла и на установку кулачков. Однако эти характеристики имеют большое влияние непосредственно на качество прессуемой пластинки.

Удельное давление, приходящееся на единицу поверхности пластинки, составляет обычно 120—150 кг/см<sup>2</sup>. Более низкое давление понижает износостойкость пластинки, более высокое давление повышает износ матриц. Для качества пластинки очень существенно также, чтобы давление это поддерживалось в процессе прессования стабильным, т. е. чтобы не было толчков давления.

На линиях пара, воды и гидравлики перед каждым прессом ставятся вентили, с помощью которых оказывается возможным регулировать скорость обогрева, охлаждения и перемещения плунжера. Эта регулировка является дополнительной по отношению к возможностям, предоставляемым кулачковым управлением.

Установка кулачков и вентиля подбирается первоначально эмпирически. Редкое изменение установки кулачков и вентиля — признак хорошей, устойчивой работы предприятия.

## 149. Конструктивные детали

Нам остается рассмотреть конструктивные детали прессы (кроме кулачкового управления и кроме прессформы, уже рассмотренных).

**Клапаны.** На рис. 220 представлен пример конструкции пароводяного клапана<sup>341</sup>. Клапан этот управляется штоком 1, открывающим и закрывающим доступ пара к прессформе, и штоком 2, открывающим и закрывающим доступ воды. Ось АВ делит клапан на два совершенно одинаковых узла, один из которых показан на том же рисунке (слева) в боковой проекции. Питающая линия присоединяется к отростку 3.

Так как описываемое устройство содержит по существу

<sup>340</sup> См., например, англ. пат. 332549 (1929 г.) Gramophone Co Ltd.

<sup>341</sup> В выполнении фирмы F. Shaw; этот же клапан виден в правом верхнем углу рис. 219.

целый ряд клапанов, его называют часто не клапаном, а болванкой. Здесь будет сохранено собирательное название клапан.

Когда действием кулачка шток поднимается, он упирается своим концом 4 в клапан 5 и поднимает его, преодолевая

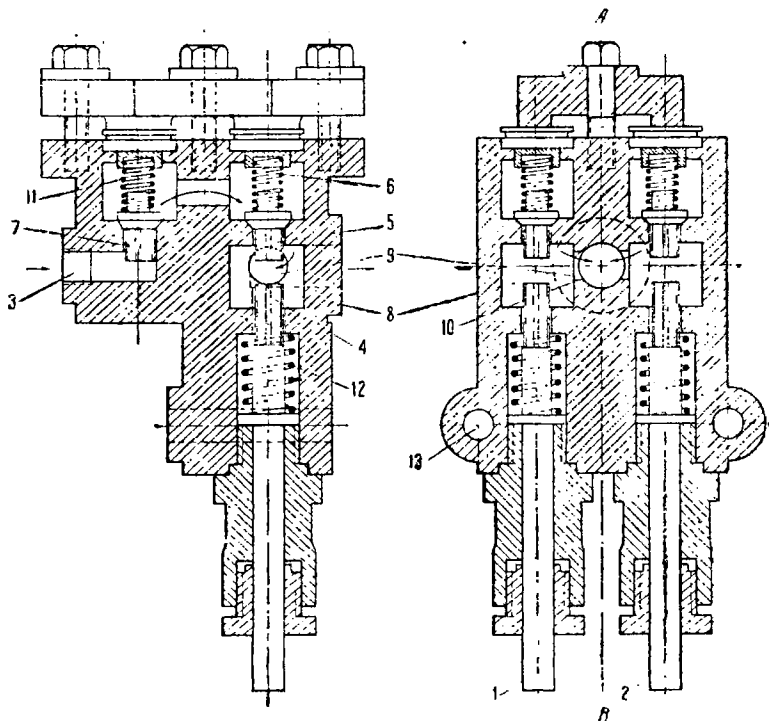


Рис. 220.

действие пружины 6. Благодаря этому рабочий агент собственным напором поднимает клапан 7 и получает таким образом доступ в камеру 8, а оттуда через канал 9 в линию выхода 10.

Когда кулачок отпускает шток, он возвращается вниз нажимом пружины 12. Закрывание клапана 5 в свою очередь приводит к опусканию нагруженного пружиной 11 клапана 7, так что неработающий агент всегда оказывается запертым двумя последовательными клапанами, что увеличивает надежность уплотнения.

Отверстия 13 служат для укрепления тела клапана на раме кулачкового автомата.

Примером гидравлического клапана может служить пред-

ставленный <sup>341a</sup> на рис. 221. Действие этого клапана распространяется на шток 1, управляющий поступлением напорной воды под плунжер («прямая гидравлика»), и на шток 2, управляющий отводом воды из цилиндра пресса («обратная гидравлика»).

Фланец 3 присоединяется к напорной линии. Благодаря этому коробка 4 всегда оказывается связанной с этой линией. Другой такой же фланец находится слева (он расположен перед клапаном и потому не виден на рис. 221, представляющем разрез); он присоединяется к линии, ведущей в цилиндр пресса, и соединяет, таким образом, с этой линией коробку 5. Вызванное кулачком поднятие штока 1 ведет к подъему шарика 6, являющегося клапаном в этом устройстве. Благодаря этому жидкость устремляется по пути, указанному стрелками, и попадает в цилиндр пресса.

Когда шток возвращается в исходное положение под действием пружины 7, цилиндр пресса оказывается запертым, так что в нем сохраняется то давление, которое было присуще напорной жидкости.

Подъем штока 2 вызывает поднятие шарика 8, благодаря чему жидкость из цилиндра получает возможность выхода. Возвращение шарика на место после опускания штока осуществляется с помощью пружины 10.

Надежность уплотнения обеспечивается в значительной мере также различием давлений на шарик с обеих его сторон. Так, в период впуска жидкости в цилиндр и весь период нахождения его под давлением шарик 8 не может выпускать эту жидкость в отводную линию, так как впускаемая жидкость имеет значительно большее давление, нежели имеется в отводной трубе. Точно так же в период, когда шарик 8 поднят, напорная жидкость не может проходить мимо шарика 6 в силу такого же соотношения давлений.

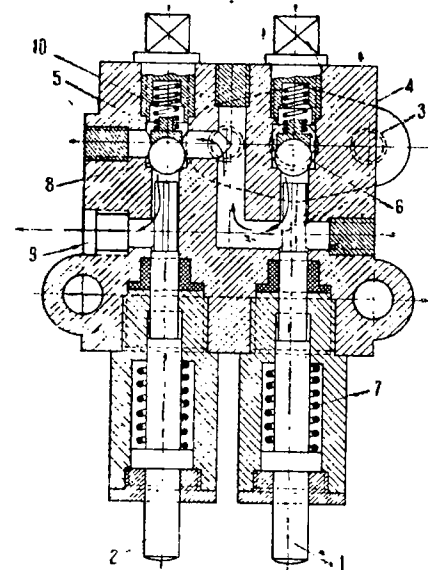


Рис. 221.

<sup>341a</sup> В выполнении F. Shaw; клапан виден в верхнем левом углу рис. 219.



**Плунжер.** В производстве граммофонных пластинок находят всеобщее применение пресса с нижним давлением: перемещается нижняя плита, так как она скреплена с плунжером. Диаметр плунжера обычно делается равным диаметру прессуемой пластинки; таким образом давление гидронапорной жидкости лишь ничтожно превышает приведенное выше удельное давление на пластинку (*превышает*, так как в прессформе открытого типа давление распределяется на площадь несколько большую, чем площадь самой пластинки).

Ход плунжера обычно делается очень малым (например 10—12 мм), так как этим значительно экономится расход гидронапорной жидкости на прессование и ускоряется подъем плунжера (длительность подъема в этих условиях величина порядка 2—5 сек.). При указанных размерах плунжера и его ходе расход воды на подъем плунжера составляет 1—1,2 л.

Для ускорения обратного хода (опускания) плунжера также принимаются меры — для этой цели заботятся о достаточной величине усилий, стремящихся возратить плунжер в его нижнее положение. Например, снабжают плунжер четырьмя оттягивающими его вниз пружинами, либо делают сам плунжер достаточно тяжелым, либо, наконец, применяют гидравлические толкачи, постоянно присоединенные к общей гидравлической линии, так что ими постоянно создается противодействие, но лишь в момент, когда давление под плунжер пресса (имеющий, конечно, значительно большее сечение, чем эти толкачи) не подается, они оказываются способными опускать плунжер.

Независимо от способа, которым создаются усилия, оттягивающие плунжер вниз, можно считать эти усилия достаточными, если они составляют величину порядка 1 т.

В соответствии с разными форматами выпускаемых граммофонных пластинок предприятия обычно имеют пресса с соответствующими диаметрами плунжеров (например 250 и 300 мм), для того чтобы указанные выше удельные давления соблюдать для пластинок любого формата при постоянном давлении в гидронапорной сети. Легко видеть, что по мощности пресса будут соответствовать 75 и 110 т (эти цифры подсчитаны, исходя из высоких удельных давлений и могут считаться верхним пределом).

Чтобы картинно представить нагрузку в 80—100 т, необходимую для отпрессования одной пластинки, укажем, что та же нагрузка могла бы быть достигнута путем передачи на прессформу веса примерно четырех груженых товарных вагонов (подъемной силой по 16,5 т).

Плунжер, как и станина, изготавливаются предпочтительно из стального литья, но могут быть и чугунными.

Существенным элементом работы плунжера является обес-

печение надежного уплотнения, лучше всего достигаемое с помощью кожаного манжета, имеющего форму, показанную на рис. 222.

**Открытие прессформ.** Для облегчения работы прессовщика часто принимаются меры к тому, чтобы открытие прессформы было облегчено или автоматизировано. Это ст-носится одинаково как к прессам с выдвигной прессформой, так и к прессам с откидной головкой.

Первой мерой в этом направлении является уравнивание поднимаемой части. В прессах с откидной головкой уравнивание совершенно обязательно: оно достигается укреплением головки на рычаге, второе плечо которого несет уравнивающий груз. При выдвигных прессформах уравнивание не обязательно, но все же встречается часто; достигается оно либо с помощью перекинутого через блок груза, либо пружиной<sup>342</sup>.

Второй ступенью в облегчении открывания прессформы является замена ручного труда по открыванию — механическим. Для откидывания головки пресса, как и для выдвигания прессформы из-под пресса, удобно, например, использовать гидравлическое давление, трос с грузом и т. д.<sup>343</sup>.

Наконец, последней ступенью в направлении сокращения ручных операций при открывании прессформы является облегчение самого съема готовой пластинки. Вынимание пластинок при отсутствии специальных для этого приспособлений представляет весьма неудобную операцию, так как ухватить край пластинки, чтобы поднять ее, можно только ногтями.

Иногда для облегчения съема пластинки, модернизируя технику ручного процесса, создают возможность постукивания по нижней половине выдвинутой прессформы специальным молоточком, управляемым педалью. Лучше используется тот же педальный нажим для толкания штока, находящегося против центра пластинки<sup>344</sup>. Вообще центровые выталкиватели наиболее распространены. При всех подобных устройствах существенно, однако, принимать меры к тому, чтобы пластинка после открытия прессформы всегда оставалась на одной и той же (обычно нижней) половине. Разнообразные конструкции подобных эжекторов не перестают разрабатываться<sup>345</sup>, однако, пока они не приобрели широкого практического значения.

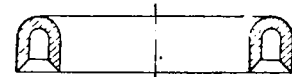


Рис. 222.

<sup>342</sup> См., например, англ. пат. 362286.

<sup>343</sup> Пример конструкции, где вдвигание и выдвигание прессформы вызывает ее закрытие и открытие см. англ. пат. 305563 (1927 г.).

<sup>344</sup> Например, пресс фирмы Société Emidécou в Париже.

<sup>345</sup> См., например, англ. пат. 147505, 240965, 332549.

## 150. Пресс в целом

Конструкции прессов очень разнообразны; некоторые типичные из них представлены на рис. 223 А — F

Пресс<sup>346</sup> на рис. 223 А относится к наиболее старой конструкции, имевшей распространение лет 15 тому назад.

Пресс приподнят на ножке настолько, чтобы рабочему было удобно переносить пресс-формы с плиты в пресс и обратно. В правой части пресса виден кран с двумя рукоятками, из которых одна служит для перекрытия спускной линии гидравлического давления, другая для открывания гидронапорной линии.

Многие предприятия переделали впоследствии эти

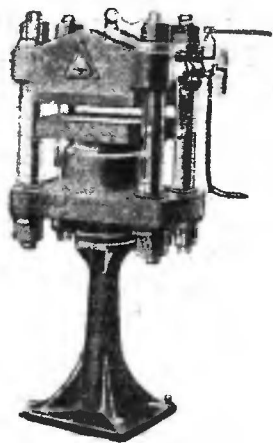


Рис. 223А.

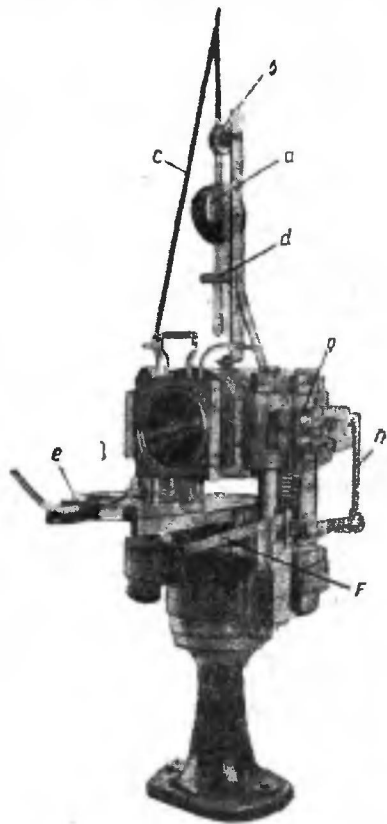


Рис. 223В.

пресса на полуавтоматическую работу, вместо того чтобы приобретать более дорогие готовые пресса этого типа. Такую переделку они осуществляли часто собственными силами или с помощью некоторых небольших фирм, занимавшихся подобной переделкой.

Переделанный такой фирмой<sup>347</sup> пресс представлен на рис. 223 В. В этой конструкции интересно отметить способ от-

<sup>346</sup> Фирмы Lindener Eisen-und Stahlwerke A. G. (буквы LES в треугольнике)

<sup>347</sup> R. Wiederanders в Берлине.

крывания прессформы с помощью противовеса: груз *a* укреплен на рычаге (с осью вращения *b*), а рычаг тягой с скреплен с верхней половинкой прессформы; опускающийся рычаг задерживается упором *d*; для облегчения начального открывания прессформы в ней предусмотрены по углам пружины *e*. Гидравлическое давление включается рычагом *f*, обратным движением которого это давление из плунжера спускается. Пароводяной клапан *g* управляется соединенной с плунжерной плитой тягой *h*.

Рис. 223 С представляет пресс<sup>348</sup>, специально построенный на том же принципе, но с управляющим клапанами механизмом, получающим при-

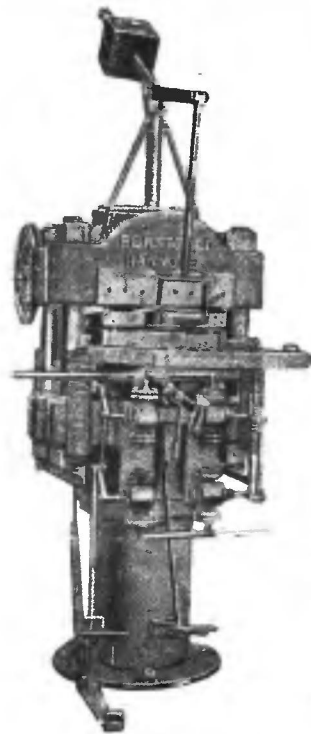


Рис. 223С.

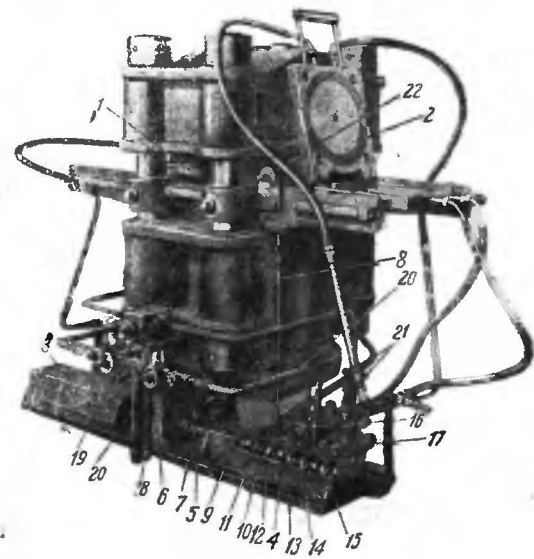


Рис. 223D.

вод от трансмиссии с помощью шкива и пускаемым в ход от вдвигания прессформы под пресс. Отметим в этой конструкции наличие пружин, оттягивающих вниз плиту плунжера для ускорения раскрытия пресса.

Представленный на рис. 223 D пресс<sup>349</sup> относится к тому же типу прессов с выдвигной прессформой, но снабжен не одной, а двумя прессформами, вдвигаемыми под пресс поочередно.

<sup>348</sup> Фирмы Н. Berstorff в Ганновере.

<sup>349</sup> Изготовления завода „Красный Гидропресс“ в Таганроге.

Левая прессформа 1 показана во вдвинутом положении, правая прессформа 2 показана в выдвинутом и открытом положении. Каждая прессформа имеет совершенно независимое управление. Автомат левой прессформы 3 показан в закрытом виде, а автомат правой прессформы 4 показан в открытом виде. Валик 5 ведет к обоим автоматам от редуктора 6, приводимого в свою очередь ремешком через трехступенчатый шкив 7 от мотора, находящегося по другую сторону станины (и потому не видимого на рисунке). Таким образом моторный привод у обеих сторон общий, самая же работа их вполне разделена, так что нам достаточно будет рассмотреть одну сторону. При движении правой прессформы под пресс она специальным толкателем нажимает на штангу 8, благодаря чему входит в сцепление муфта 9, заставляющая притти во вращение вместе с валиком 5 и валик 10, на котором насажены кулачки управления. Здесь управляют: кулачок 11 — впуском гидронапорной жидкости, кулачок 12 — выпуском гидронапорной жидкости, кулачок 13 —

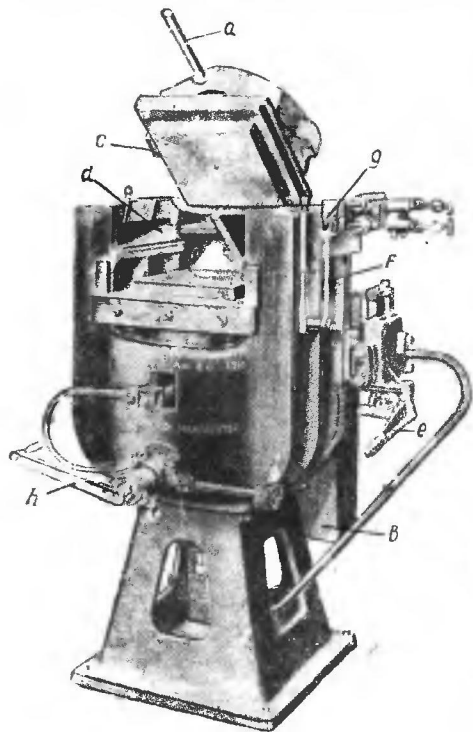


Рис. 223E.

впуском пара, кулачок 14 — впуском воды, кулачок 15 служит для переключения линии обратной воды на линию конденсата. Соответственно кулачкам 11 и 12 расположены штоки гидравлического клапана 16 (называемого иногда дистрибутором). Соответственно кулачкам 13 и 14 расположены штоки пароводяного клапана 17. Соответствующий кулачку 15 водоконденсатоотделительный клапан на рисунке отсутствует.

Гидронапорная жидкость подается в дистрибуторы по линии 18 через запорную болванку 19, а возвращается по линии 20.

Пароводяной клапан (по конструкции аналогичный представленному на рис. 101 в книге Брайсона, фирмы F. Shaw)

имеет в верхней своей части вентили 21, из которых один обслуживает верхнюю, другой нижнюю половинку прессформы. На рассматриваемом рисунке показана прессформа облегченного типа. Когда применялась прессформа более тяжелой конструкции, верхняя половинка ее уравнивалась грузом противовеса, установленного в виде рычага с осью 22.

На рис. 223E представлен пресс с откидной головкой <sup>350</sup> типа, получившего очень широкое распространение и имеющего много конструктивных вариантов, так как он осуществляется разными фирмами <sup>351</sup>.

На рисунке пресс показан в открытом виде. Работа пресса происходит следующим образом. Уложив массу и этикетки на нижнюю половинку прессформы, прикрепленную со столом плунжера, рабочий берет за рукоятку а и опускает головку пресса в горизонтальное положение. Головка пресса уравновешена грузом б и потому опускание ее не требует значительных усилий. Опустив головку, рабочий поворачивает ту же рукоятку вправо (головка может поворачиваться относительно вертикальной

оси), благодаря чему приливы головки с, войдя в гнезда d, запирают головку так, что во время прессования она составляет одно целое со станиной.

Затем рабочий смещает рычаг е, что приводит к подаче гидравлического давления под плунжер. Подъем плунжера влечет за собой подъем связанного с ним штока f, толкающего с помощью кулачка g шток водяного клапана, благодаря чему происходит охлаждение прессформы.

Когда прессформа охладилась, рабочий возвращает рычаг е в прежнее положение, благодаря чему цилиндр отсоединяется

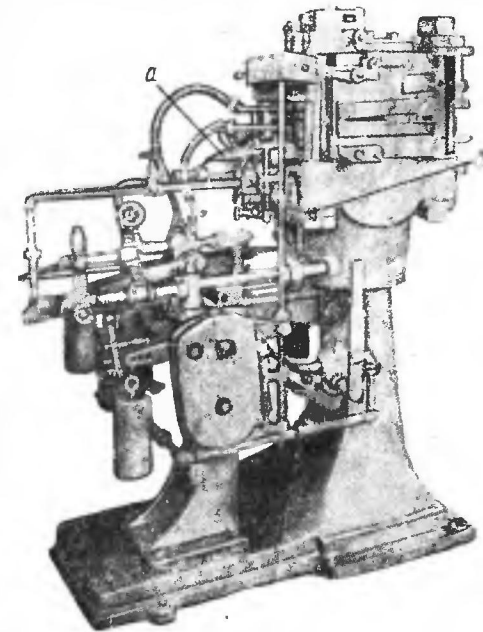


Рис. 223F.

<sup>350</sup> Фирмы F. Shaw в Манчестере.

<sup>351</sup> Назовем, например, фирму H. Berry в Лидсе; пресса подобного типа изготовлялись крупными пластиночными заводами для себя часто и по собственным чертежам.

от напорной линии и присоединяется к отводной. Опускание плунжера таким же образом приводит к выключению водяного и включению парового клапана.

Когда плунжер опустился, рабочий открывает рукояткой а замок головки и поднимает ее в начальное положение.

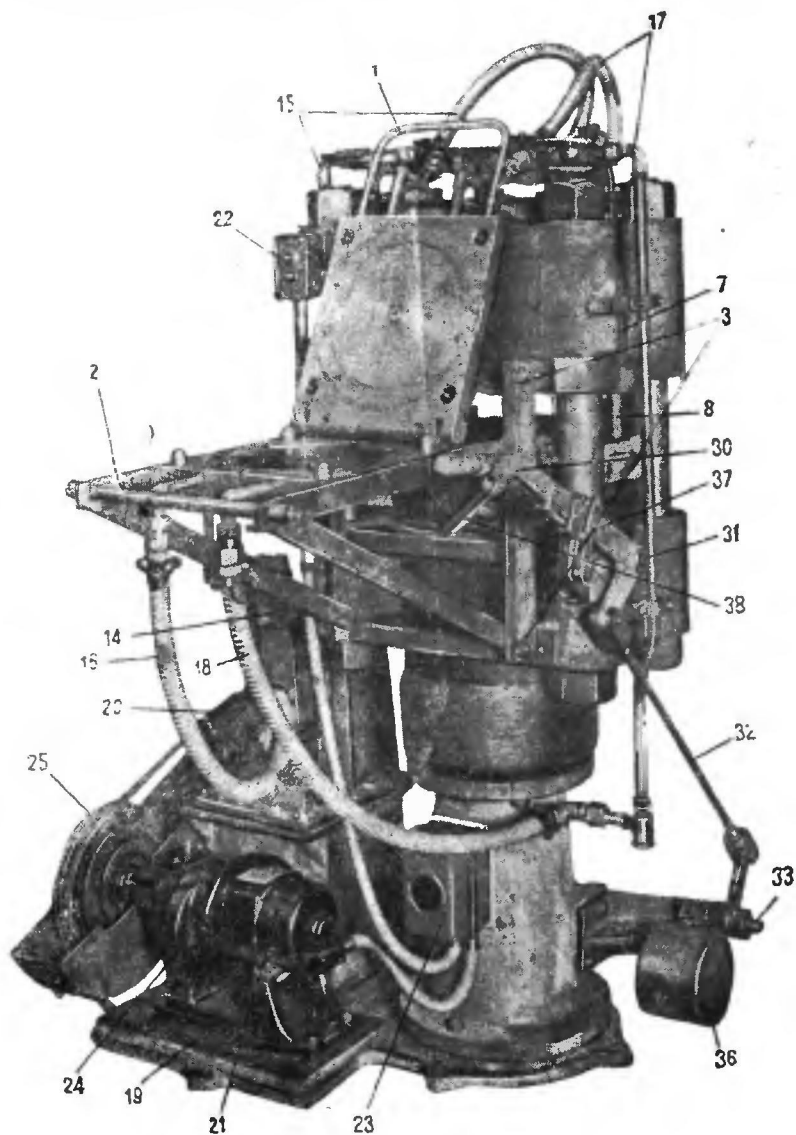


Fig. 224.

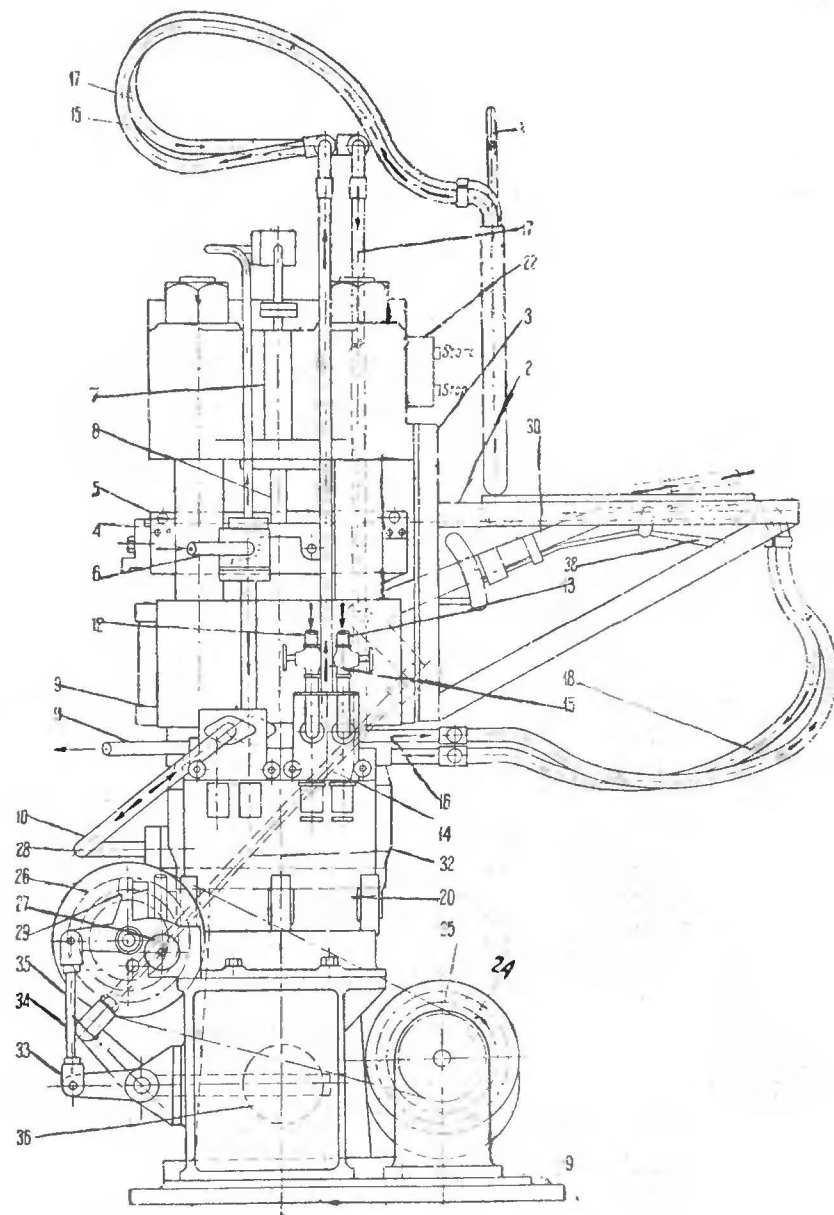


Fig. 225.

Для облегчения вынимания пластинки можно включить рукояткой *h* гидравлический выталкиватель, который поднимает пластинку, например, с помощью фланца, показанного на рис. 212, В.

На рис. 223 F представлен пресс с откидывающейся головкой другого выполнения<sup>352</sup>. В этом прессе закрытие и открытие головки осуществляется с помощью вспомогательного гидравлического цилиндра.

Для того чтобы свести к минимуму опасность, связанную с автоматическим закрыванием пресса, для осуществления этого закрывания рабочему необходимо сместить рычаг *a* вперед и рычаг *b* вверх, так что, с одной стороны, вероятность одновременного случайного включения становится очень малой, а с другой стороны, даже намеренное включение рабочий может произвести не иначе как держа обе руки вне пресса.

Для того чтобы получить полную картину работы современного пресса, рассмотрим одну из конструкций более обстоятельно.

Общий вид рассматриваемого пресса<sup>353</sup> показан на рис. 224, а чертеж его дан на рис. 225. Пресс показан в положении выдвинутой прессформы, готовой к загрузке свежей порцией массы.

Прессформа выдвигается из пресса с помощью ручки *1*, которая служит также для поднятия верхней половинки. (Цифровые обозначения на рис. 224 и 225 соответствуют одинаковым частям). Прессформа движется при этом по консольным параллелям *2* из углового железа<sup>354</sup>.

Перестановкой болтов *3* эти параллели могут быть установлены на разную ширину, соответственно размерам прессформы, зависящим в свою очередь от формата прессуемой пластинки ( $\Phi_{25}$  или  $\Phi_{30}$ ).

Будучи вдвинутой под пресс, прессформа встречает стопор *4*, обеспечивающий ей правильное положение относительно плунжера. Этот стопор может быть также установлен двойко (в показанном на чертеже положении при прессовании пластинок  $\Phi_{25}$  и в опрокинутом положении при прессовании пластинок  $\Phi_{30}$ ).

Наконец, направляющие *5* на столе плунжера исключают возможность бокового сдвига прессформы при вдвигании ее под пресс.

Способ сочленения половинок прессформы соответствует представленному выше на рис. 215.

От общего ввода гидравлики *6* линия расчленяется на два направления — вверх и вниз. Верхняя линия ведет к находящимся по бокам пресса двум добавочным маленьким цилиндрам *7*, действующим на поршни, кончающиеся выталкивателями *8*, постоянно давящими на нижнюю плиту пресса и ускоряющими ее опускание. Нижняя главная линия гидравлики ведет к гидравлическому клапану *9*, имеющему такую конструкцию, как представлено было выше на рис. 221. Из этого клапана линия *10* ведет в цилиндр, а по линии *11* производится спускание отработанной воды.

Пар поступает в пресс по линии *12*, а вода по линии *13*. (Вода поступает также в плиты пресса для их охлаждения с целью ускорения процесса — эта подводка на рисунках не показана).

Пройдя через пароводяной клапан *14*, конструкция которого была представлена на рис. 220, пар или вода (смотря по положению кулачков автомата) поступают сразу в линии *15* и *16*, проходят через верхнюю и нижнюю половинки прессформы и возвращаются линиями *17* и *18* в отводную магистраль.

На плите *19*, общей со станиной пресса, укреплено и кулачковое управление *20*, соответствующее показанному ранее на рис. 219. Это кулачковое управление приводится от мотора *21*, пускаемого нажимом кнопки *start* и останавливаемого нажимом кнопки *stop* в пусковом устройстве *22*, действующем через реле *23* (на рис. 224 видны шланги, в которых проложены провода, соединяющие реле с пусковым устройством и мотором).

Вместе с мотором смонтирован редуктор *24*, снижающий число оборотов мотора от 1425 в минуту до 124. На оси редуктора сидят четыре шкива *25*, имеющие паз для трапецеоидального ремня. Эти шкивы соединены ремнем с четырьмя другими шкивами *26*. Смотри по положению ремня на той или иной паре шкивов, ось этих последних шкивов может иметь скорость в 67, 112, 157 или 201 об/мин. От этой оси имеется в свою очередь зубчатая передача к червяку *27*, ведущему червячное колесо *28*. Это червячное колесо приводит во вращение ведущий валик кулачкового устройства, однако лишь в том случае, когда выведен из зацепления удерживающий палец *29*.

Выведение из зацепления пальца достигается путем опускания рукоятки *30* в ее нижнее положение (это нижнее положение изображено на чертеже; рядом показано пунктирно положение ручки рукоятки в верхнем положении); вращаясь относительно оси *31*, рукоятка нажимает тягу *32*, поворачивающую валик *33*, благодаря чему опускается тяга *34*, освобождая тем самым укрепленный на колесе *35* палец *29*.

<sup>352</sup> Фирмы Watson-Stillman в Нью-Йорке.

<sup>353</sup> Фирмы F. Shaw, тип 768.

<sup>354</sup> В некоторых конструкциях, как, например, в прессах фирмы Otto Jachmann (Берлин) и „Красный Гидропресс“ (Таганрог), прессформа движется не непосредственно своим телом, а на роликах.

Палец, по прошествии полного цикла, вновь входит в зацепление, так как сидящий на валике 33 рычаг с грузом 36 заставляет его вернуться обратно.

Поднимающаяся благодаря этому рукоятка 30 возвращается в исходное положение и закрепляется в нем стопором 37 (в таком закрепленном положении эта рукоятка видна



Рис. 226а.

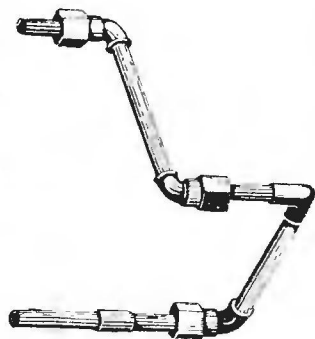


Рис. 226б.

на рис. 224). Такое надежное закрепление рукоятки диктуется требованием безопасности, так как случайный нажим рукоятки, пуская в ход кулачковое управление, приводит к закрытию пресса. Рукоятка может быть опущена, лишь когда рабочий берется за нее определенным образом, прижимая к ручке рукоятки язычок 38.

Заканчивая рассмотрение этого пресса, остановимся лишь еще на

одной детали: гибких шлангах, подводящих и отводящих пар и воду к прессформам. Шланги эти резиновые, обвиты снаружи по винтовой линии плоской проволокой. К патрубкам прессформы они прикреплены жестко; зато другие концы их укреплены на гибких шарнирных соединениях. Такое шарнирное соединение представлено на рис. 226 а. Правая половина показана на рисунке в разрезе.

Вместо резиновых шлангов устраиваются иногда на основе таких шарниров гибкие металлические соединения, вроде показанного на рис. 226 б, однако, они более уместны, когда проводят постоянно один и тот же агент (пар или воду), а при чередующихся агентах они менее экономичны в тепловом отношении.

## 151. Обслуживание пресса

Функции прессовщика в значительной мере разъяснены сказанным выше; остается добавить немного.

Работу по разогреву массы прессовщик осуществляет на плите. Плита эта изготавливается из чугуна, имеет полированную поверхность. Плиты для обогрева применялись газовые, электрические и паровые — последние получили наибольшее значение. В плитах просверливаются каналы (иногда отливают плиты с готовыми каналами), а затем местами устанавли-

ваются пробки, определяющие путь пара в плитах. Два примера установки пробок представлены на рис. 227. Под плитой прокладывается асбест для уменьшения тепловых потерь. Тепловой к. п. д. плиты (расход тепла на нагрев массы, отнесенный к полному расходу тепла) обычно невелик и составляет 5—8%.

Прессовщик укладывает на плиту таблетки массы для разогрева. Когда масса размягчилась до более или менее тестообразного состояния, прессовщик срезает массу с плиты небольшой стальной лопаткой (так называемый циклей) и хорошенько проминает массу с помощью этой же цикли. Скатывает массу вручную в комочек, прессовщик кладет ее на центровую часть матрицы (подложив предварительно этикетку) и иногда прокатывает ее еще на матрице валиком.

Затем прессовщик протыкает массу в средней части так, чтобы освободить верх центрального шпенька для укрепления на нем верхней этикетки. Центральной шпенок делается поэтому обычно достаточно длинным (например 10—12 мм).

Впрочем, вместо скатывания иногда массу складывают подобно листу бумаги в определенной последовательности (например in 8°, согласно полиграфическому обозначению), не применяя никакого проминания. Соответственно этому некоторые фирмы работают с двумя встречающимися посередине полупшеньками<sup>355</sup>. Еще лучше такое устройство, при котором нижний шпенок имеет нормальный размер, а сверху имеется пружинящий захват для этикетки, могущий быть вытолкнутым вверх нижним шпеньком при закрытии прессформы. Это позволяет укладывать верхнюю этикетку на этот временный захват, не трогая массу<sup>355а</sup>.

Перед тем как положить на плиту новую таблетку, прессовщик тщательно очищает поверхность плиты циклей.

Вынутую из прессформы пластинку прессовщик вручную или, лучше, с помощью скребка освобождает от грата и кладет в переносный ящик с пластинками, прокладывая пластинки чистыми бумажными или картонными дисками.

Так как при быстром процессе пластинку снимают из пресс-

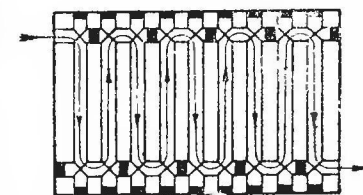
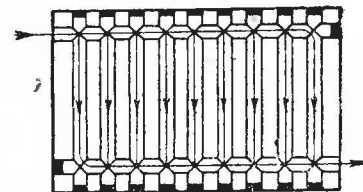


Рис. 227.

<sup>355</sup> См. чертеж англ. пат. 172595 фирмы Columbia (1918 г.), герм. пат. 374519.  
<sup>355а</sup> Англ. пат. 306264.

Формы тепловатой, ее подвергают иногда с целью предохранения от коробления или для выправления покоробленной («горбатой») пластинки последствием, — сжатию между двумя металлическими обитыми фетром дисками, прижимаемыми друг к другу весом верхнего из них. Раздвижение этих дисков производится нажимом педали<sup>356</sup>. Под грузом пластинка находится на протяжении времени, нужного для изготовления следующей пластинки, которая занимает затем место первой под грузом.

Прессовщик производит также удаление грата, приставшего к прессформе, и протирает матрицы осторожно, но очень тщательно, тряпочкой. Масса пристаёт значительно меньше, если тряпочка смочена специальным составом, состоящим из эмульсии олеиновой кислоты.

#### Пример эмульсии для протирки:

Олеиновой кислоты . . . . .	30%	по объему
Аммиака (0,91 г/л) . . . . .	47%	" "
Воды (водопроводной) . . . . .	50%	" "

На наладке прессы (установление режима) и зарядке прессформы (закреплении матриц) останавливаться не будем, так как эти операции находятся в теснейшей зависимости от специфических особенностей избранной конструкции.

Свежезаряженная матрица редко дает годные пластинки — обычно вначале пластинки получаются с пятнами как бы недопрессовки или вырыва; расположение пятен меняется от пластинки к пластинке.

Этот начальный период работы матрицы носит название обработки матрицы, так как после ряда (5—20) негодных оттисков матрица начинает давать вполне годные. Сущность процесса обработки, к сожалению, не подвергалась еще надлежащему исследованию и потому радикальные меры для сокращения периода обработки матрицы еще не разработаны.

### 152. Дефекты пластинки

Большинство дефектов производства обнаруживается при прессовании. Опытный глаз обнаружит дефекты на любой пластинке; не все дефекты, однако, в равной мере нетерпимы.

Примерно 80—90% всех отпрессованных пластинок признаются обычно годными, а 10—20% бракуются.

За границей работа пластиночного завода считается высокоэффективной, когда (при наличии строгого контроля) брак составляет менее 15%. Средний брак Брайсон оце-

нивает<sup>356a</sup> в 20%, но указывает, что временами, за счет неулавливаемых изменений в массе, он возрастает до 60—80%; в другом месте он указывает<sup>356b</sup>, что у одной английской фирмы, как-то лишь один вид брака — вырыв — достигал 60%.

Брак может происходить от разнообразных причин и иногда не сразу может быть названа та из причин, которая вызывает его в данном случае. Для наглядности, однако, можно привести наиболее типичные случаи.

В процессе прессования впервые суммируются все качества отдельных *полуфабрикатов* — массы и этикетки, *инструмента* — матриц и *оборудования* — прессы с его существеннейшей частью — прессформой. Поэтому и виды брака правильнее всего классифицировать по этим же рубрикам.

Дефекты этикетки следует разделить на две группы — возникшие в процессе прессования и существовавшие до него.

Этикетки с последней группой дефектов, например опечатками, типографским браком и т. д., при правильной организации производства вообще не должны поступать в прессовый цех, так как гораздо выгоднее отсортировать и изъять негодные этикетки, нежели отсортировать и вновь перерабатывать пластинки с негодными этикетками. Правда, вместо переработки пластинок может быть применена паллиативная мера — наклейка сверху новой этикетки (так называемая *переклейка*), однако образцовые предприятия к этому предпочитают не прибегать.

Вторая группа дефектов этикетки возникает в процессе прессования; так, например, прессовщик может перепутать обе этикетки пластинки между собой, может не положить этикетку аккуратно на шпенек, вследствие чего она окажется не в центре и т. д. При недостаточно текучей массе этикетка может быть разорвана при прессовании, либо смята.

Если на этикетке возникают пузыри, то происходит это обычно оттого, что этикетки недостаточно просохли после печатания, поэтому сырые этикетки также не должны подаваться в прессовый цех.

Дефекты массы более существенны по своему значению. Хотя многие из этих дефектов можно предвидеть заранее, практически они выявляются лишь в процессе прессования. Поэтому на предприятиях устанавливается иногда система предварительного опробования каждой новой партии массы (одной загрузки вальцов или бенбери) на выделенном прессе, раньше чем передавать эту массу в работу всем остальным прессовщикам.

<sup>356a</sup> Вгусон, I. с. стр. 234.

<sup>356b</sup> Вгусон, там же, стр. 241.

<sup>356</sup> Такие диски можно видеть на рис. 102 и 103 книги Брайсона.

Из дефектов, обнаруживаемых в процессе прессования, но происходящих от массы, следует прежде всего указать на пузырь. Дефект этот выражается в холмообразной приподнятости части поверхности, причем приподнятость эта имеет совершенно правильную круглую форму.

Происхождение пузыря может быть представлено следующим образом. Пузырек воздуха или газа, находящийся в толще массы, оказывается сжатым под давлением примерно 150 ат. Под длительным воздействием вызванных этим давлением напряжений пластинка лопается внутри параллельно поверхности; трещина видна в изломе лишь в виде прямой линии, разрезающей в одном месте массу параллельно поверхности. Достаточно пластинке с таким дефектом попасть в теплое помещение, как все еще громадное внутреннее давление оказывается способным вспучить лежащую над пузырьком и ставшую от тепла более податливой массу, и пластинка в сечении приобретает вид, показанный утрированно на рис. 228.

Если пузырь расположен посреди толщи пластинки, он может вызвать вспученность массы с обеих сторон.

Напротив, если он расположен очень близко к поверхности, — поднявшаяся корочка массы легко откалывается и на пластинке остается большая выщербина, в которой часто можно обнаружить кратер, след первоначального пузыря.

Если пластинки вынимают из прессформы теплыми, пузыри могут стать явными тотчас же. Создавая условия для своевременного выявления пузыря, уменьшают шансы появления пузыря в то время, когда пластинка уже уйдет в торговую сеть<sup>357</sup>.

<sup>357</sup> Поэтому становится существенным вопрос о способе выявления потенциальной способности пластиночной массы образовывать пузыри. Для этого можно выдерживать взятую на пробу пластинку в термостате; автор нашел, что испытание очень удобно и быстро можно производить, помещая пластинку на гладкую плоскость (лучше всего, на вращающийся диск граммофона) на расстоянии 15 см от колбы электрической лампы в 1000 вт, расположенной по колу прямо над пластинкой и покрытой сверху жестяным кожухом.

Пользуясь этим методом облучения, инж. А. И. Иванов сделал весьма интересное наблюдение: газовые включения в пластинке способны рассасываться, удаляясь из пластинки процессом диффузии (пузырчатость пластинок, обнаруженная облучением тем меньше, чем больше срок, прошедший от момента прессования пластинки до момента ее облучения: через полгода-год содержание пузырей в пластинке прибли-

Чаще всего источником пузыря является присутствие в массе влаги или ингредиентов, способных выделять значительное количество летучих и вообще газообразных веществ. Чем выше содержание смол в массе («жидкая» масса), тем больше пузыреспособность массы.

Другим дефектом массы, обнаруживаемым в процессе прессования, является гарь.

Масса, находившаяся чрезмерно долго при высокой температуре, благодаря разложению связующего утрачивает хорошую текучесть. Небольшой кусочек подобной массы резко выделяется в остальной массе и ведет себя как малопластичное твердое тело. Если этот кусочек не умещается ни в каком положении внутри толщи пластинки, он обнаруживается отчетливо на ее поверхности, составляя брак, именуемый гарью.

Подобный перегрев массы чаще всего происходит в тех местах, где масса может длительное время находиться на горячих поверхностях; например, гарь может возникнуть при недостаточно хорошей очистке плиты прессовщиком; еще легче она возникает на вальцах возле «стрелок» (см. § 143) и т. д.

Третьим существенным дефектом массы является так называемая грязь.

Под грязью массы в широком смысле следует понимать всякое местное нарушение установленного для массы состава. Поэтому сюда прежде всего должны быть отнесены всякие посторонние включения массы (например веревки от мешков, щепки от ящиков, известь от штукатурки, неотсортированные примеси из шеллака, неотмагниченные металлические осколки и т. д.). Многие из этих включений особенно опасны тем, что не только делают непригодной пластинку, но и выводят одновременно из строя матрицу.

Жидкие посторонние включения (например масло, применяемое для смазки машин, попавшее в массу) также вредны — они вызывают сальные пятна на поверхности пластинки, не удаляемые протиркой.

Сальные пятна могут, впрочем, происходить и от других причин, например, от содержания маслянистых продуктов перегонки в ламповой саже, от недостаточной иммобилизации шеллачного воска, от стеарина, которым иногда протирают матрицы, и т. д.

Применение скрапа, особенно неизвестного состава, создает опасность возникновения грязной массы.

жается к нулю). Поэтому испытание массы на пузыреспособность должно производиться всегда через одинаковые промежутки времени от момента прессования, например через сутки.



Поскольку в виде грязи обнаруживается нарушение состава массы, вполне понятно, что грязь может происходить от недостаточного смешения. Например, два различных сорта сажи трудно хорошо смешать, а неоднородность распределения интенсивно окрашенного вещества замечается особенно легко, почему одновременное введение двух сортов сажи (например пламенной и газовой) очень часто ведет к появлению грязи.

Интересно указать, что пятна часто обнаруживают путь растекания массы в процессе сжатия. И обратно, неравномерность процесса растекания сама, вероятно, может служить причиной пятнообразования. Пятна — столь распространенный дефект, что может быть даже отличие между стороной массы, обращенной к плите, и обратной — является достаточным для создания отличия в цветном оттенке, т. е. пятна.

Особым видом грязи в массе является включение веществ, склонных к набуханию от влаги. Так, включение мельчайших древесных щепочек, камедей и т. п. вызывает при нахождении пластинок во влажной атмосфере увеличение в объеме этих включений, если они входятя у самой поверхности пластинок. Благодаря этому включения выступают на поверхность пластинок и становятся заметными. Этот дефект, так называемая сыпь, подобно пузырю, является дефектом потенциальным, неявным.

Дефекты матриц принадлежат к числу весьма существенных, так как дефект матрицы передается, естественно, всем отпрессованным с нее пластинкам.

Дефекты матриц, в отличие от рассмотренных выше дефектов, могут обычно быть обнаружены еще до прессования при наличии на заводе строго поставленного контроля над гальваническим процессом, так как все эти дефекты по самой роли матрицы являются всегда дефектами формы рабочей поверхности.

Эти дефекты формы бывают иногда очень малы — например, местная шероховатость поверхности дает матрице пятнистый вид, передающийся затем пластинке. Пятна на матрицах могут иметь различные очертания и происходить от различных причин. Чаще всего причиной их служит местное травление поверхности реактивами (например при приготовлении РС, обезжиривании и т. п.), делающее эту поверхность более или менее матовой.

Особенно неприятны, конечно, те неправильности формы, которые захватывают канавки и которые соизмеримы с амплитудами, вследствие чего сказываются на звучании; таких дефектов имеется целый ряд. Не говоря уже о грубых механических повреждениях, например, царапинах на лицевой стороне или даже деформациях лицевой стороны,

вызванных операциями с изнанки (например в местах продавленных при снятии наростов напильником), даже такие часто легко выправляемые после первого же прессования дефекты, как выгнутость или волнистость матрицы (возникающие чаще всего при операции разделения), считаются обычно не допустимыми.

Выше упоминалось уже о том, что при полировке негативных оригиналов легко могут быть деформированы выступающие части канавок (так называемая *заполировка*) — матрица с таким дефектом не может дать доброкачественную пластинку.

Несколько сходный вид присущ и изношенной при прессовании матрице, канавки которой истерты наполнителем массы; на этих последних матрицах, в отличие от предыдущих, наблюдается обычно интенсивная радиальная мелкая исцарапанность, как бы лучевое слияние, форма которого определяется направлением растекания массы. Этот дефект, как уже сказано, не присущ матрице заранее, а возникает в процессе прессования, но от стойкости матрицы к истиранию зависит быстрота его возникновения.

Даже небольшие пузырьки газа, застрявшие в канавках при наращивании, независимо от того, повели ли они к образованию пор или просто к местному дефекту формы канавки — нетерпимы, так как могут вызвать дефекты звучания. Кроме того при наличии пор ухудшается отставание пластинок от матриц, способствуя в некоторых местах *вырыву* массы из углублений, в которые она проникла под давлением в текущем состоянии, но из которых не может более выйти, когда становится твердой, так как благодаря *особенности* формы пор ущемляется в них. Подобного рода *чрезвычайно* мелкие дефекты способствуют также, повидимому, *пригару* массы, обнаруживаемому особенно отчетливо, когда масса обладает повышенной адгезией, например при избытке смол и перегреве.

Пузырьки, отрывающиеся при электролизе и поднимающиеся вверх, могут оставить при неподвижных катодах полосы на матрицах.

Причиной *вырыва* может быть также местное искривление канавок кнаружи в радиальном направлении (от развальцовывания, происходящего в процессе прессования — см. § 147). Осмотром матрицы, дающей *вырывы*, обнаружить этот дефект часто не удастся даже тогда, когда наличие его заранее известно. Результат развальцовывания — так называемый *сдвиг* канавок — обнаруживается по звучанию таким же плаванием звука, как и эксцентриситет пластинок; кроме того ему сопутствует усиленное шипение.

К изнанке матриц также должны предъявляться строгие

требования: изнанка эта должна быть ровной, — всякая шишка, оставшаяся на этой поверхности, после прессования очень быстро обнаружится выступом на рабочей поверхности, так как давление прессования обожмет металл вокруг этой шишки.

По той же причине всякое постороннее тело (например пылинка, осколок массы), попавшее между оригиналом и шеллой при напайке, также обнаружится после прессования, как вы дав.

Дефекты прессы и прессформы могут быть разбиты на дефекты режима и дефекты конструктивного выполнения.

Так, работа с недостаточно нагретой матрицей или массой даст пластинку, плохо отформованную, с шероховатой поверхностью (так называемую холодную), а перегрев массы (недостаточное охлаждение матрицы) даст пластинку, несущую на своей поверхности следы местного разложения смол (так называемую горячую). Оба дефекта объясняются неправильным тепловым режимом.

Недостаточное количество взятой массы, низкое давление прессования дадут так называемую недопрессовку — пластинка не будет иметь законченной формы.

Напротив, к числу дефектов конструктивного выполнения нужно отнести повреждения борта пластинки (щипанный край), происходящие при вынимании ее из прессформы; подход массы под матрицу (ненапаянную) по периферии, что приводит затем к выдаву; неправильность центрального крепления, вызывающего эксцентricность; овальность или иную неправильность формы центрального отверстия (равный центр) или даже надтреснутость у центра и т. п.

Наконец, сюда же должна быть отнесена неравномерность или общее несоответствие толщины пластинки, которое зависит, впрочем, также от правильности толщины матриц и от правильности формы зеркала и всей конструкции (см. § 147) прессформы.

Возможны кроме того, и такие дефекты, которые зависят непосредственно от самих работников; например, прессовщик может вызвать на пластинке царапины, трещины (бой), сальные пятна от потных рук и т. д. В прессформу могут быть заряжены ненадлежащие матрицы, например две одинаковые или неподходящие друг к другу по содержанию («неправильная спарка»), и т. д.

Само собой разумеется, что число возможных дефектов может быть без труда умножено, а отдельные приведенные дефекты могут подвергнуться дальнейшей разбивке, однако чрезмерная детализация, к тому же без резкого разграничения, вряд ли может считаться полезной.

Нужно заметить, что несоответствие толщины пластинки сказывается на весе готовой пластинки. Вес пластинки обычно поддерживается в некоторых пределах (например  $\pm 5 \div 10\%$ ) и пластинка, выходящая по весу из этих пределов, считается дефектной. Вес пластинки  $G$  зависит от плотности массы  $\gamma$  и геометрических размеров пластинки; этот вес равен:

$$G = \gamma \cdot \tau \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{п}}^2 - D_0^2),$$

где  $\tau$  — толщина пластинки,  $D_{\text{п}}$  и  $D_0$  определены были в § 42).

Например, для пластинки  $\Phi_{25}$ , при  $D_{\text{п}} = 25$  см,  $D_0 = 0,71$  см,  $\tau = 0,19$  см и при плотности массы  $\gamma = 1,9$  г/см<sup>3</sup> имеем <sup>358</sup>  $G = 176$  г, что при допуске  $\pm 5\%$  отвечает весу 167—185 г.

Для контроля веса пластинки в прессовом цехе устанавливают обычно на каждые несколько прессов одни весы стрелочного типа, имеющие горизонтальную площадку, на которую удобно укладывать пластинку; на шкале этих весов помечают красным цветом границы допустимого колебания веса (весы такого типа видны на переднем плане рис. 207).

Толщина готовой пластинки, отпрессованной в нормальных условиях, определяется расстоянием между поверхностями матриц в закрытой прессформе. Эта толщина составляет обычно около 2 мм, причем она делается несколько больше для пластинок большего формата (например 1,8—2,0 мм для пластинок  $\Phi_{25}$  и 2,0—2,3 мм для пластинок  $\Phi_{30}$ ).

Хорошая пластинка должна иметь везде одинаковую толщину; это требование важно в транспортном отношении, так как в противном случае пластинки трудно уложить плотно, вследствие чего возрастает бой при транспорте.

Диаметр центрального отверстия зависит от диаметра центрального шпепька. Можно пожалеть о том, что эта величина не стандартизована в международном масштабе, так как от нее зависит точность положения пластинки на шпинделе граммофона <sup>358a</sup>. В СССР для отверстия в граммофонной пластинке принята величина  $7 \pm 0,2$  мм, а для шпинделя граммофона  $7 - 0,1$  мм (см. приложения к этой книге).

### 153. Вспомогательное хозяйство

Гидронапорное, паровое и водяное хозяйство определяют, в основном, режим работы прессы. Выше уже рассматривались основные требования, предъявляемые к этим вспомогательным

<sup>358</sup> Для быстрых подсчетов можно для пластинки  $\Phi_{25}$  принимать  $G = 90 \div 95$  г.

<sup>358a</sup> В связи с существованием международного стандарта интересно отметить, что фирма His Masters Voice выпускает пластинки не с круглым, а с многогранным отверстием (12 граней).

службам. Здесь остается лишь сказать несколько слов о способах осуществления этих требований.

Пар подается к прессам непосредственно из котельной. Необходимое для стабильности режима постоянства давления пара должно обеспечиваться надлежащим надзором за паровыми котлами. Кроме того, улучшение в стабильности параметров пара дает применение редукционного клапана.

Пример конструкции подобного клапана приведен на рис. 229.

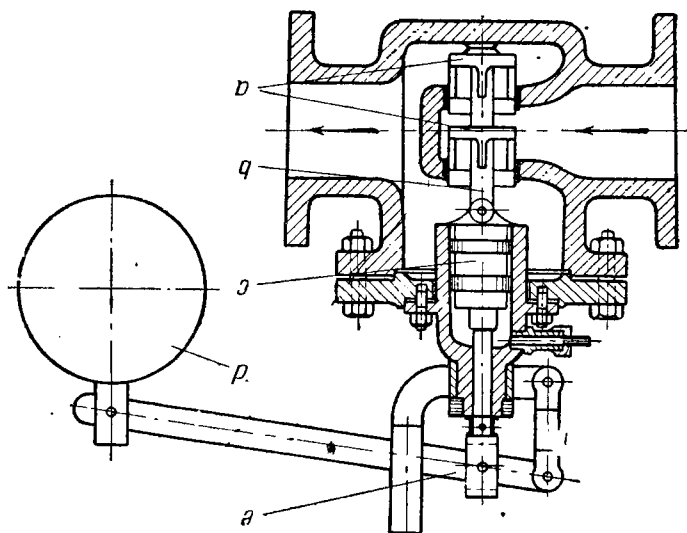


Рис. 229.

Пар поступает в этот клапан и уходит из этого клапана в направлении, показанном стрелками. Рабочей частью клапана являются две тарелки *a*, которые садятся на два седла, открывая или закрывая, таким образом, проход для пара. Эти тарелки связаны со шпинделем *b*. Шпиндель, в свою очередь, связан с поршнем *c* и с рычагом *e*.

Давление, при котором пар будет выходить из клапана, определяется при таком устройстве положением груза *d*, так как превышение давления уходящего пара над давлением, уравновешивающим груз, поднимает поршень *c*, что приводит к подъему шпинделя и уменьшению живого сечения; таким образом давление пара вернется к норме.

Часовое потребление пара прессом зависит, конечно, от очень многих условий, в том числе от конструкции пресс-формы, формата пластинки и т. д. Для округленных подсчетов эту величину можно считать имеющей порядок 1 кг на

пластинку. Расход на нагрев плиты для массы входит в эту величину; целесообразно включать обогрев прессформы последовательно за плитой.

Вода может подаваться непосредственно из городского водопровода, из реки, либо из собственной заводской артезианской скважины.

Очень существенно при этом, чтобы вода была достаточно мягкой, так как накопление накипи в каналах прессформы ухудшает теплопередачу и требует очистки этих каналов путем их протравливания. Исходя из встречающихся часто затруднений по получению мягкой воды, прибегают иногда к искусственному умягчению воды.

При этом интересна возможность работы в замкнутом цикле — вода поступает в бассейны через градирни<sup>358b</sup> или специальные холодильные установки и из них уже возвращается прессовому цеху. Известны предприятия, на которых служащие для охлаждения фонтанные устройства расположены так, что оформляют здание пластиночного завода архитектурно и вместе с тем создают некоторый водяной заслон, охраняющий цеха от пыли<sup>359</sup>.

Однако ни фонтанные устройства, ни градирни не принадлежат к числу приспособлений, устойчиво и надежно работающих. Работа этих устройств тем эффективнее, чем ниже относительная влажность воздуха; при 100% влажности воздуха эти устройства не дают вовсе никакого эффекта. Напротив, чем эффективнее работа этих устройств, тем с большей потерей воды на испарение это связано.

Указывают<sup>360</sup>, что на заводе фирмы Columbia, где вода охлаждалась, стекая по змеевикам, в которых расширился аммиак, она поступала в прессформы при температуре 4,5° и уходила из прессформы, имея 10°.

При этой системе необходимо предусматривать фильтры и ловушки для удержания посторонних механически уносимых тел, могущих засорить и повредить насосы, клапаны и каналы.

Для округленных подсчетов можно принимать расход воды при прессовании равным 10—15 л на пластинку.

Считается, что вода не вызывает чрезмерного закипания прессформ, когда жесткость ее не превышает 6 нем. град.

Гидронапорной жидкостью является обычно вода с добавкой глицерина, эмульсола и тому подобных веществ. Пластиночные заводы имеют обычно собственную гидронасосную станцию.

<sup>358b</sup> Из тех же соображений защиты от пыли рекомендуют строить пластиночные заводы в лесистой местности. Однако мельничные цеха пластиночных заводов сами являются источником пыли.

<sup>360</sup> Grow G., Freezing the Voice on a Columbia Record. Power 1929, 70; 3: 86—7.

Пример гидравлического насоса приведен <sup>361</sup> на рис. 230. Это — насос поршневого типа с тремя горизонтальными цилиндрами и индивидуальным моторным приводом.

В отличие от работы в других отраслях пластмасс, в производстве граммофонных пластинок не имеют дела с двумя ступенями гидравлического давления — низким и высоким давлением, так как сам ход плунжера, как указывалось выше, может быть (при прессовании изделия столь небольшой толщины, как граммофонная пластинка) сделан очень малым.

Часто придают насосу мощность большую, чем то соответствует среднему (при данном коэффициенте одновременно) потреблению гидронапорной жидкости, так как такая

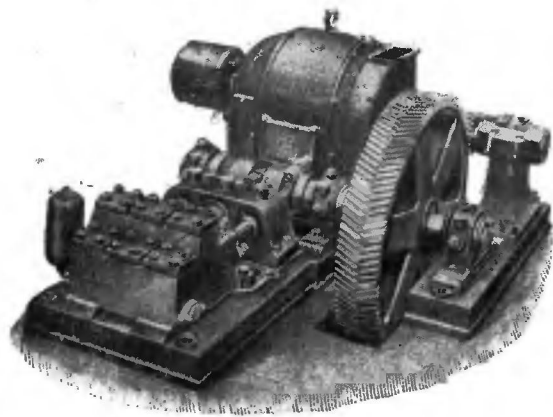


Рис. 230.

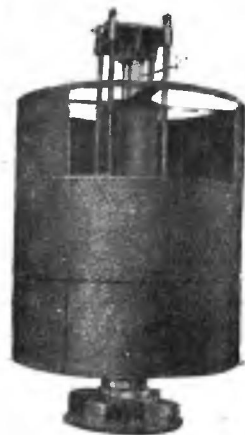


Рис. 231.

внутри (невидимого на рисунке) цилиндра. Этот цилиндр соединен с одной стороны с насосом, с другой — с ведущей к прессам магистралью.

Более громоздок и менее прост аккумулятор воздушно-гидравлический (или пневматический), в котором жидкость, подаваемая насосом, давит на плунжер, в свою очередь сжимающий воздух, или сама жидкость непосредственно сжимает этот воздух. Зато эта система аккумуляторов обеспечивает более спокойную работу.

При всех системах аккумуляторов очень существенно, чтобы по возможности реже случались моменты, когда много прессов одновременно откроют свои гидравлические клапаны, вследствие чего потребуется сразу большой расход воды и аккумулятор сядет, не обеспечивая больше постоянства давления. Поэтому иногда заботятся о создании определенного ритма в работе прессовщиков, например, подавая несколько различных сигналов и разбивая прессовщиков на группы, и т. д.; однако эффект таких мероприятий сомнителен. Чем больше прессов работает в цеху, тем ровнее характер кривой расхода напорной воды. В этом отношении преимущество на стороне крупных предприятий.

Расход гидронапорной жидкости определяется диаметром и ходом плунжера. Можно считать этот расход округленно равным 1—1,2 л на пластинку.

избыточная мощность оказывается очень полезной при пиках потребления, обеспечивая этим более равномерное давление в сети.

Для поддержания равномерности гидравлического давления в сети служат гидравлические аккумуляторы, которые отдают в период большого потребления энергию, накопленную ими в период малого потребления.

Пример аккумулятора представлен <sup>361</sup> на рис. 231. Здесь показан аккумулятор, груз которого состоит из насыпаемого в цилиндр (один лист обшивки которого для ясности показан снятым) сыпучего материала, например барита.

Распространены также аккумуляторы, в которых сыпучий материал заменен металлическими грузами. В представленном на рисунке аккумуляторе груз давит на плунжер  $P$ , движущийся

<sup>361</sup> В выполнении фирмы F. Shaw.

Таблица XIII

Группа	Подгруппа	Сокращенное наименование
Пластика равномерного строения в сечении	Изготовленная из одного ингредиента или из ингредиентов, образующих коллоидный раствор	Однослойная монолитная
	Изготовленная из тесной смеси отдельных ингредиентов	Однослойная наполненная
Пластика слоистого строения в сечении	Имеющая внутренний слой из пластической массы	Слоистая пластмассовая
	Имеющая внутренний слой из непластической массы	Слоистая прокладочная

## Глава XIII

## ПЛАСТИНКИ ДРУГИХ ТИПОВ

## 154. Классификация пластинок по типам

До сих пор всегда шла речь о граммофонных пластинках так называемого нормального типа, т. е. того типа, который является наиболее обычным и наиболее распространенным для граммофонных пластинок.

Однако этот нормальный тип отстаивает свое право на привилегированное существование с самого момента своего возникновения, поскольку множество разновидностей пытались вступать с ним в соревнование. Эти другие типы граммофонных пластинок и будут ниже рассмотрены.

Наиболее удобно систематизировать разновидности граммофонных пластинок по признакам строения граммофонной пластинки в сечении ее, так как этот признак является, с одной стороны, очень простым и, с другой, именно он оказывается собирающим пластинки в группы, родственные по технологическому процессу их изготовления.

Классификация граммофонных пластинок, основанная на этом признаке, представлена в табл. XIII.

Для удобства в этой таблице каждой из подгрупп присвоено сокращенное наименование.

К подгруппе однослойных наполненных пластинок, как легко догадаться, относится и нормальный тип, рассматривавшийся в книге до сих пор. Уже этого упоминания достаточно, чтобы пояснить, что термин «тесная смесь», употребленный для краткости в таблице, есть лишь сокращенное условное изображение более сложных взаимоотношений ингредиентов, описанных в гл. X, 1.

Не будем останавливаться на других упрощениях, принятых в таблице, так как характер относящихся к каждой подгруппе пластинок будет лучше всего выяснен дальнейшим рассмотрением каждой из этих подгрупп.

Заметим лишь, что под слоистостью всегда понимается различие в материалах, расположенных в плоскости, параллель-

ной поверхности пластинки. Назначение этих слоев также всегда одинаково: с одной стороны, они удешевляют пластинку, так как внутренним слоям нет надобности придавать те высокие качества, которые необходимы для наружного рабочего слоя (в котором запечатлена фонограмма) и, с другой стороны, они являются поддержкой и опорой рабочего слоя, принимая на себя основную роль остова, придающего пластинке общую прочность.

Так как круг материалов, применимых для граммофонных пластинок других типов, значительно расширяется, то с этих материалов и придется начать рассмотрение.

## 155. Искусственные смолы и другие материалы, предложенные для граммофонных пластинок

Приготовление искусственных смол — отрасль промышленности, зародившаяся в начале текущего столетия и еще далеко не достигшая своего предельного развития. Эта отрасль промышленности считала вначале своей задачей приготовление искусственных смол, приближающихся по своим свойствам к лучшим естественным смолам и могущих служить их заместителями. Многие из качеств естественных смол действительно оказались не только достигнутыми, но и превзойденными, —

в ряде отраслей натуральные смолы были поэтому вытеснены искусственными.

Многие из этих искусственных смол, вытеснившие, например, в лаковой или изоляционной промышленности шеллак, стали считаться «заменителями шеллака». Однако, заменяя лишь часть свойств шеллака, они могли служить заменителями лишь в отрасли, для которой существенны именно лишь эти свойства; поэтому совершенно не удивительно, что вещества, общеизвестные как «заменители шеллака», не раз оказывались не пригодными в промышленности граммофонных пластинок.

Понятие «заменитель», вообще, часто трактуется неправильно. Универсальных (во всех свойствах) заменителей, вообще, не существует, поскольку нет двух веществ, разных по составу и вместе с тем одинаковых во всех своих свойствах. Могут быть лишь заменители для определенной цели. Большинство веществ, считаемых заменителями, предназначены для лакокрасочной промышленности, где требования существенно отличны от предъявляемых в промышленности граммофонных пластинок, поэтому вещества эти обычно и не могли стать заменителями шеллака в рассматриваемой нами области.

Подготавливая материал для этой книги, автор предполагал первоначально дать специальный патентный обзор искусственных смол, предложенных в качестве сырья для граммофонных пластинок. Однако изучение относящихся сюда патентов показало, что подобный обзор был бы совершенно лишен реальной ценности. Дело в том, что в отличие от патентов конструктивного характера, в области химии, — и такой темной, как пластмассы в особенности — без сложной опытной проверки часто совершенно невозможно отделение действительно ценного в этих патентах от неценного, случайного и даже просто неверного, чисто же формальному обзору патентов здесь не место.

Патентный обзор был бы тем менее полезен, что не существует такой искусственной смолы и вообще пластмассы, которая не предлагалась бы и для изготовления граммофонных пластинок, так как в эту отрасль совершенно автоматически всегда пробовавали переносить все то, что возникало в других производствах пластических масс<sup>361a</sup>.

Число патентов велико в этой области в значительной мере еще и благодаря тому, что кроме самих искусственных смол предлагаются их различные комбинации. Предлагаются также соединения искусственных смол с естественными смолами (например канифолью), битуминозными веществами (асфальтами, пеками), белковыми пластиками (кровяными, альбуминовыми,

казеиновыми, дрожжевыми, желатиновыми) и т. д., причем авторы патентов стремятся назвать максимум веществ. В результате вся эта патентная литература имеет скорее правовое, нежели техническое значение.

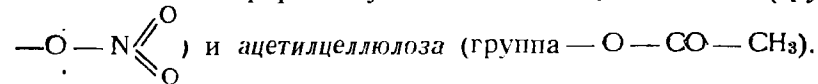
Признание в роли связующего в производстве граммофонных пластинок могут получать те продукты, которым в достаточной мере присущи, наряду с высокими механическими качествами и износостойкостью, обратимость, отсутствие гигроскопичности, неогнеопасность, неядовитость, непахучесть, постоянство свойств в различных образцах, неподверженность старению или иной деформации от времени, экономическая доступность и такие технологические качества, как способность их приобретать блеск в самом процессе прессования (иначе говоря, точно принимать очертания матрицы), а также возможность работать с ними в быстром процессе.

Материалов, полностью обладающих всеми указанными свойствами, пока вообще не найдено. Лучше многих других к ним приближаются шеллачные композиции. Однако ряд других веществ, не удовлетворяющих некоторым требованиям, оказывается применимым особенно для тех граммофонных пластинок (как, например, подгруппа однослойных монолитных), для которых как раз не применим шеллак.

Здесь не место давать исчерпывающий обзор всех известных искусственных смол и мы ограничимся тем, что приведем для наглядности лишь некоторые основные (см. табл. XIV), не претендуя этим обзором ни на полноту, ни на равноценность значения упомянутых веществ.

Кроме перечисленных в этой таблице искусственных смол существенное значение имеет класс веществ, получаемых облагораживанием целлюлозы, достигаемым помощью введения в ее молекулу тех или иных радикалов. В этом классе, называемом в отличие от классов полимеризационных и конденсационных смол эфирами целлюлозы, можно различать два типа веществ соответственно различию между простыми эфирами (со спиртовым остатком) и сложными эфирами (с кислотным остатком).

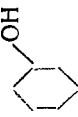

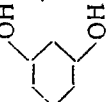
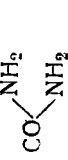
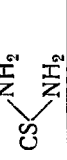
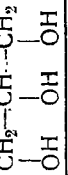
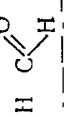

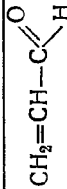
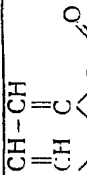
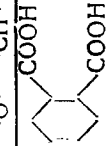
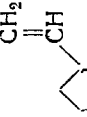
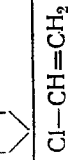
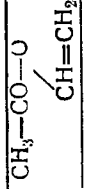
Из простых эфиров имеет значение этилцеллюлоза (где к углеродному атому целлюлозы присоединена группа  $—O—CH_2—CH_3$  и бензилцеллюлоза (группа  $—O—CH_2—C_6H_5$ ). Из сложных эфиров существенны нитроцеллюлоза (группа



В области пластмасс не существует еще единой терминологии и классификации. Всякому сколько-нибудь отличающемуся продукту принято присваивать новые названия, совершенно произвольно образованные.

<sup>361a</sup> Cp. Ellis C., The Chemistry of Synthetic Resins, 1935, т. II, стр. 1335.

Таблица XIV

Класс	Группа	Исходные вещества												Особые условия приготовления		
		Фенол	Крезол	Резорцин	Мочевина	Тямоочевина	Глицери́л	Формальдегид	Ацетальдегид	Акролени	Фурфурол	Фталевая кислота	Стирол		Хлористый винил	Винилацетат
																
Конденсационные смолы	Фенопласты	Резолы (бакелиты)	○	○				○								Щелоч. катализ.
		Новолаки	○	○				○								Кисл. катализ.
		Феноло-ацетальдег. смолы	○						○							Катализ.
		Феноло-акролеин. смолы	○							○						Катализ.
		Фурфуроловые смолы	○								○					Кисл. или щелоч. катализ.
	Аминопласты	Резорциноальдегидные смолы			○				○							Катализ.
		Карбамидные смолы				○	○		○							Катализ.
		Глифтали						○				○				Катализ.
Разные	Агролиты	○					○								Кислый катализ.	
	Альдегидные смолы							○							Щелоч. катализ.	
Полимери-защ. смолы	Полистиролы											○			Освещение	
	Винилитовые смолы												○	○	Окисл. катализ.	

Знак ○ означает применимость указанного продукта, знак ○ — применимость одного из указанных этим знаком продуктов или их смеси.

Фенольно-формальдегидный конденсат может носить в зависимости от прибавленного конденсирующего вещества и режима приготовления разные названия<sup>362</sup>, например *бакелит* (с аммиаком или другой щелочью), *карболит* (с нафтеновыми сульфокислотами), *редманол* (с уротропином), *неолейкорит* (с молочной кислотой), *искусственный копал* (с абиединовой кислотой канифоли) и т. д.

Интересно заметить, что новолаци часто называются «заменителями шеллака», а некоторые продукты этого типа называются *альбертоль-шеллаком* и даже прямо *искусственным шеллаком*, хотя очевидно, что в химическом смысле слова это неверно, да и по свойствам (кроме термопластичности и спирторастворимости) сходство не идет особенно глубоко. Продукт такого типа выпускается Охтенским химическим заводом под названием *идитол*. Сплавляя альдегидную смолу с воском, получают так называемый *ваккер-шеллак*, также претендующий быть заменителем шеллака.

Ткань, пропитанная несконденсированным фенопластом и затем подвергнутая режиму конденсации, называется *текстолитом* (также харекс, новотекст и т. п.); аналогично обработанная бумага называется *бумолитом* (также пертинакс, гетинакс, микарта и т. п.).

Нитроцеллюлоза, пластифицированная камфорой, общеизвестна под именем *целлулоида*. Пластифицированные и наполненные эфиры целлюлозы носят название *тролит* или *этрол*.

Хотя производство граммофонных пластинок часто считают отраслью пластических масс, однако практика резко разграничивает эти отрасли. Заводы пластических масс (в широком смысле) не выпускают граммофонных пластинок, либо выпускают лишь сурогатные, низкокачественные. Напротив, заводы граммофонных пластинок, даже выпуская граммофонные пластинки из искусственных смол, не изготавливают этих искусственных смол сами, а приобретают их у соответствующих заводов-производителей. Здесь не приходится, поэтому, останавливаться на производстве искусственных смол как таковых.

Для изготовления граммофонных пластинок предлагались, однако, не только отдельные пластические массы или их комбинации, но и целый ряд материалов, не относящихся к области пластмасс в узком смысле слова.

<sup>362</sup> Приведенные ниже признаки отдельных смол не могут никоим образом считаться вполне характеризующими отличия того или иного продукта; молекулярные соотношения компонентов, температурный режим и т. д. играют очень существенную роль. За более подробными сведениями по искусственным смолам отсылаем к книгам Шейбер И. и Зендиг К., Искусственные смолы (пер. с нем.) 1933, Ellis G., The chemistry of Synthetic resins. N. Y. 1935 (в печати русский перевод).

В качестве таких материалов могут быть названы: регенированная целлюлоза (из ксантогената, т. е. из «вискозы»), гранитоль (целлюлоид, нанесенный на окрашенную ткань), палье-маше (формованная пульпа с наполнителем), толь (картон, пропитанный каменноугольной смолой), рубероид, линолеум, электротехнические компаунды, клеенка, рог и т. д.

Недоумение, вызываемое упоминанием некоторых из этих материалов, будет, вероятно, несколько уменьшено, если мы укажем, что граммофонные пластинки предлагалось делать из еще менее подходящих материалов и, притом, не только предлагалось, но эти предложения даже реализовывались в промышленном масштабе.

Так, например, не только были запатентованы<sup>363</sup>, но и выпускались (Carl Pivoda в Праге) граммофонные пластинки из стекла. По отзывам<sup>364</sup> пластинки эти имели прекрасный вид, шипели значительно меньше обычных, разбивались сравнительно вовсе не легко; однако они были тяжелы и, главное, с целью выравнивания температурных напряжений (во избежание хрупкости) приходилось вести термический процесс очень медленно и к тому же матрицы готовить из стали.

Разрабатывалась также идея формования пластинок из фарфора; пластинки будто бы после обычного обжига даже без глазури давали очень чистый звук<sup>365</sup>.

Сюда же должно быть отнесено предложение применить в качестве несущего фонограмму слоя эмалевую краску<sup>366</sup>.

Далее можно указать, что многократно предлагались металлические пластинки. Pfahhauser<sup>366</sup> предлагал получать поверхность слой, несущий фонограмму, электролизом и запрессовывать внутрь слой массы. Если верить литературным указаниям<sup>367</sup>, Polyphonwerke в Лейпциге даже штамповали пластинки из жести. Впрочем, указывают<sup>368</sup>, что стальные граммофонные пластинки изнашиваются в 15—20 раз быстрее шеллачных.

Делались также эксперименты по изготовлению граммофонных пластинок из составов, применяемых в кондитерских предприятиях для приготовления леденцов и других конфектных изделий из сахара, что послужило основанием для патента на «съедобные граммофонные пластинки»<sup>369</sup>.

И, наконец, даже граммофонные пластинки из шоколада

<sup>363</sup> Герм. пат. 226040 (1909 г.), 227581 (1910 г.) и даже русский патент 20414.

<sup>364</sup> Reko V. A. KS 1914, 4; 14: 261—3.

<sup>364a</sup> Герм. пат. 374520 (1921 г.).

<sup>365</sup> Герм. пат. 162084 (1904 г.).

<sup>366</sup> Герм. пат. 242651 (1911).

<sup>367</sup> Reko V. A., Schallplattenmasse, KS 1911, 1; 13: 241—4.

<sup>368</sup> Зиновьев А., Лаки и их применение, 1931 г., стр. 27.

<sup>369</sup> Герм. пат. 152822 (1902 г.).



также были не только предложены<sup>370</sup>, но и появились в продаже, в том числе и в России<sup>371</sup>.

Ниже будут рассмотрены отдельные типы пластинок в соответствии с классификацией табл. XIII и указаны те материалы, которые оправдали себя при изготовлении того или иного типа.

### 156. Однослойные наполненные пластинки

Этот тип пластинок нам уже достаточно знаком, так как сюда входят и нормальные шеллачные пластинки. Нешеллачным пластинкам этого типа придают обычно вид не отличный от шеллачных. Однако эти пластинки могут часто быть опознаны благодаря своей несколько большей гибкости.

Из нешеллачных материалов для этого типа наиболее уместны те, которые обладают термопластичностью. Необратимые смолы давали бы слишком большой отход, так как смола бракованных пластинок не могла бы использоваться как связующее вторично: пластинки приходилось бы молоть и использовать в целом как наполнитель.

Тролиты и наполненные винилиты имеют в этой группе наибольшее значение.

По окончании мировой войны 1914—1918 гг. в связи с необходимостью для Германии выполнить требование Антанты об уничтожении больших количеств бездымного пороха<sup>372</sup> был разработан способ приготовления так называемого тролита *F* — пластической массы, получаемой мастикацией на вальцах отжатой от воды нитроцеллюлозы (с пластификатором). Авторы этого процесса<sup>373</sup> запатентовали применение тролита также для производства грамофонных пластинок<sup>374</sup>.

Тролитовые пластинки действительно выпускались на рынок. Они были сравнительно мало горючи благодаря введенному в них минеральному наполнителю (оценка 2 на приборе Шрамма).

Продуктом послевоенного времени являются и винилитовые пластинки. Самое название *vinylite* — зарегистрированная торговая марка<sup>375</sup>. Родственные продукты выпускаются и под другими названиями, например *mowilith*<sup>376</sup>, *gelva*<sup>377</sup>; эти про-

<sup>370</sup> Reko V. A., *Tonempfindliche Kunststoffe*, KS 1911, 1: 1:5—7. 2:22—5.

<sup>371</sup> Грамофон и фонограф, 1904, стр. 20.

<sup>372</sup> Röhrs, *Plastische Massen in der Technik*, Z. VDI 1932, 51:1238.

<sup>373</sup> Balke P. и Leysieffer G., работающие на заводе J. G. в Тройсдорфе, считающемся наибольшим заводом по пластмассам и в то же время очень крупным заводом по взрывчатым веществам (б. завод „Динамит“ о-ва Нобель).

<sup>374</sup> Герм. пат. 357322 (1919 г.).

<sup>375</sup> Фирмы Carbide & Carbon Chemicals Corporation, N.-Y.

дукты представляют собой поливинилацетаты. Замещая в таких продуктах гидролизом часть ацетильных групп на гидроксильные и конденсируя полученный продукт с альдегидами, получают соединения, которые могут в химическом отношении считаться ацетальями. Продукты последнего рода выпущены в Америке под названием *alvar*<sup>377</sup>.

Поливинилацетат сам по себе не является удовлетворительным связующим, так как он вязок (не дробится), не формоустойчив, гигроскопичен и часто липок.

Поливинилхлорид сам по себе также недостаточно удовлетворителен. Он разлагается при повышенной температуре, что создает затруднения при мастикации, хрупок и быстро утрачивает термопластичность.

Совместная полимеризация хлористого винила и винилацетата, повидимому, приводит к образованию продуктов нового строения, так как продукты эти обладают свойствами, которые не могут быть получены от простой смеси поливинилхлорида и поливинилацетата. Указывают<sup>378</sup>, что для производства грамофонных пластинок употребляют виниловые смолы, содержащие 85—88% винилхлорида. Возможно также комбинирование виниловых смол с другими (например с глифталями).

Отсылая по вопросам приготовления тролитов<sup>379</sup> и винилитов<sup>380</sup> к специальной литературе, укажем, что приготовление из них грамофонных пластинок оказывается осуществимым на том же оборудовании, которое применяется для пластинок нормального типа. Однако в случае тролитов массу применяют обычно в виде порошка или в виде таблеток. Таблеткам удобно придавать форму диска с диаметром, соответствующим прессуемой пластинке (для этой цели существуют специальные таблеточные машины). В случае винилитов отличия сводятся, в основном, к удлинению процессов мастикации и прессования. Некоторым тролитам замедление процесса свойственно в еще большей мере.

<sup>376</sup> Фирмы J. M. Steel & Co. Ltd, см. *British Plastics Year Book 1935, Section 3*. в Германии — Griesheim Electron.

<sup>377</sup> Фирмы Shawinigan Chemicals Ltd, Canada, см. Irapu E. P., *Les nouvelles résines synthétiques dans la fabrication d'enregistrements pour phonographes*, RMP 1936, 11:321—4.

<sup>378</sup> Ind. a. Eng. Chem. 1936, 28: 1123—73. Реф. KS 1936, 26: 12:245—9.

<sup>379</sup> Ушаков С. Н., *Пластические массы из эфиров целлюлозы*, М.-Л. 1932, стр. 143—5, 175—7. Worden E. C., *Technologie of Cellulose ethers*, 1933.

<sup>380</sup> Ушаков С. Н., *О виниловых соединениях*, ЖПХ 1933, 5:13. Сугневич И. Ф., *Химия и технология органических соединений жирного ряда*, Л. 1936, стр. 345—6. Лосев И. П. и Астащенко А. И., *Химия и технология винилита*, М. 1935 (литогр. изд.). За последнее время литература по виниловым смолам весьма обширна; давать здесь подробную библиографию ее невозможно.

Для прессования пластинок, требующих более длительного пребывания под прессом, часто рекомендуют применение многоэтажных прессов<sup>380a</sup>.

В § 113 указывалось, что разные наполнители обладают различной шеллакоемкостью. Но чрезвычайно интересна и другая сторона: смолоемкость одного и того же наполнителя меняется в зависимости от примененной смолы. Например, шеллакоемкость наполнителя меньше его винилитоемкости, иначе говоря, содержание виниловых смол должно быть в массе больше содержания шеллака. С одной стороны, это приводит к удорожанию пластинки, так как смола дороже наполнителя, с другой стороны — это приводит к уменьшению шипения, так как игла, проходящая по пластинке, реже встречает зерна наполнителя. Пониженное шипение — одно из главных достоинств винилитовых пластинок. Второй причиной, поясняющей особую пригодность виниловых смол для граммофонных пластинок, является их малая усадка (приблизительно в два раза более низкая, чем у шеллака). Следует отметить также их более высокую механическую прочность, позволяющую изготавливать пластинки более тонкими и, следовательно, более легкими.

### 157. Однослойные монолитные пластинки

Пластинки этого типа лишены обычно некоторых недостатков шеллачных пластинок: они, например, менее хрупки и более легки. Пластинки эти обычно прозрачны, часто разноцветны, причем имеют толщину часто лишь 0,5 мм.

Наиболее подходящий материал для этих пластинок — эфиры целлюлозы (без наполнителей).

Отсутствие хрупкости этих пластинок, связанное с их гибкостью, является, вообще говоря, ценным качеством этих пластинок. Впрочем, с понижением температуры хрупкость эфиров целлюлозы заметно возрастает и, например, на морозе ацетилцеллюлозная пластинка, упав, может расколоться. С другой стороны, наличие известной гибкости предвещает и существенный недостаток этих пластинок — гибкость пластинки означает в то же время податливость пластинки игле и как следствие более тихое и не вполне безупречное в области высоких частот воспроизведение.

Отсутствие наполнителей — монолитный характер пластинки — дает этим пластинкам преимущество более низкого уровня шипения.

Пластинки, изготовлявшиеся первоначально из целлулоида, благодаря наличию в их составе легко летучих пластификаторов портились при хранении вследствие испарения этих пла-

стификаторов. Эти пластинки считались огнеопасными, почтовая пересылка их не допускалась и они не приобрели сколько-нибудь существенного значения.

Пластинки из ацетилцеллюлозы, явившиеся на смену первым<sup>381</sup>, имели одно время значительное распространение.

Ацетилцеллюлоза по горючести и теплоустойкости стоит выше не только нитроцеллюлозы, но и этил- и бензилцеллюлозы<sup>382</sup>, зато она обладает меньшей твердостью, нежели целлулоид, и большим коэффициентом трения. Для повышения твердости и гладкости ацетилцеллюлозных пластинок к ним практиковалась добавка естественных смол, например акароида<sup>382a</sup>.

Пластинки этого типа изготавливаются обычно на основе листового материала.

Иногда возражают против прессования листового или таблетированного материала принципиально, указывая, что в этом случае затрудняется удаление воздуха. Если учесть, что место, занятое оставшимся воздухом при сжатии под прессом соответственно применяемому давлению, будет уменьшено примерно в 150 раз, т. е., например, даже пузырек в полную высоту канавки (около 70 м) займет после сжатия по высоте лишь полмикрона, можно полагать, что сильных влияний на искажение формы канавок от этого ожидать не приходится. Все же для избежания пузырьков предложено придавать заготовке материала (например ацетилцеллюлозы) негладкую поверхность<sup>383</sup>.

### 158. Слоистые пластмассовые пластинки

Пластинки этого типа имеют обычно две различных пластмассы — одну в наружном рабочем слое, несущем фонограмму, и другую в более толстом, внутреннем слое. Во избежание смешения обеих пластмасс они разделяются часто бумажными дисками. Таким образом можно считать, что пластинка обычного вида (с двусторонней записью) состоит в этом случае из пяти наложенных друг на друга слоев.

Подобные пластинки имеют перед нормальным типом преимущества: внутренний слой, составляющий главную массу

<sup>381</sup> Выпускавшиеся под названием Phonocord Flexible на основе ацетилцеллюлозы концерна I. G. Возможно, что часть пластинок этого типа была изготовлена на основе этилцеллюлозы.

<sup>382</sup> Сравнение свойств производных целлюлозы в систематическом виде см. Frank G., Ang. Ch. 1933, 46; 583—5.

<sup>382a</sup> Герм. пат. 416217. Одновременно добавка акароида патентована была также и для нитроцеллюлозных пластинок (герм. пат. 416216 от 1922 г.). Еще раньше предлагалось комбинирование целлулоида с шеллаком (герм. пат. 203645 от 1906 г.).

<sup>383</sup> Герм. пат. 407207 (1924 г.).

<sup>380a</sup> Например, англ. пат. 333686 (1929 г.).

пластинки, может изготавливаться из дешевого материала (например, асфальто-лековой композиции, боя, сделавшегося благодаря загрязнению его непригодным для нормального использования, и т. п.). Вместе с тем, пластинки этого типа несколько менее хрупки в целом, так как во внутренний слой может быть введено длинное волокно, сюда и т. п. материалы, повышающие прочность без опасения ухудшить этим воспроизведение<sup>384</sup>.

Для наружного слоя применяется лучше всего шеллачная масса нормального типа, причем небольшой расход этой массы на пластинку позволяет вводить в рабочий слой наиболее ценные и высококачественные материалы.

У этой пластинки есть поэтому в принципе основание считаться наиболее совершенным типом граммофонной пластинки.

Однако производство пластинок этого типа значительно труднее производства нормальных шеллачных пластинок. Переработка бракованных пластинок и боя обычным образом здесь невозможна.

Отличные пластинки этого типа выпускались лондонской фирмой Columbia Graphophone Co. Ltd, однако с 1932 г. выпуск этих пластинок по неизвестной автору причине был прекращен.

В подробностях это производство не описано. Известно, что бумажные прокладки предварительно покрывались шеллаком или иной смолой (путем лакировки спиртовым раствором или путем расплавления порошка), а затем липкий смоляной слой посыпался порошком ингредиентов. Поэтому при прессовании бумажный диск с нанесенным на него слоем составлял одно целое. Того же эффекта можно добиться и посыпанием порошка ингредиентов на нелакированную бумагу, лежащую на горячей плите.

Свойства внутреннего слоя подбирались при этом способе такими, чтобы он размягчался и обладал текучестью одновременно с рабочим слоем.

Для бумажных прокладок наиболее подходяща крафтцеллюлоза.

### 159. Слоистые прокладочные пластинки

Этот тип пластинок отличается от предыдущего тем, что в нем пластмасса находится лишь в рабочем слое, в то время как внутренний слой изготавливается из какого-либо иного материала.

Для этого внутреннего слоя предлагались разнообразные

материалы вплоть до фанеры<sup>385</sup> и металлической сетки<sup>386</sup>. Практическое значение получил тонкий картон. Недостатком картона является его гигроскопичность, для устранения которой предлагалась пропитка его различными веществами<sup>387</sup>. Вместо картона предлагалась для той же цели покрытая слоем смолы ткань<sup>388</sup>.

Пластинки этого типа обычно тоньше нормальных шеллачных, легки и обладают известной гибкостью. Однако в отличие

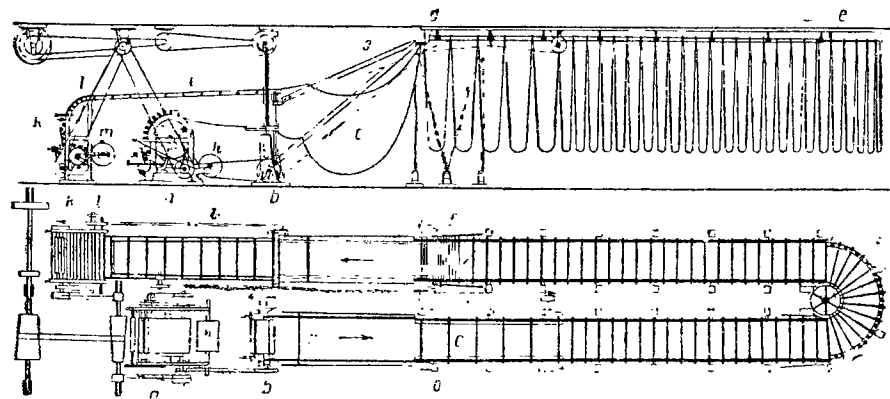


Рис. 232.

от монолитных пластинок гибкость определяется здесь свойствами внутреннего слоя и потому не приводит к ухудшению звучания. Напротив, поверхностный слой этих пластинок обычно не только не гибок, но даже несколько хрупок в силу своей повышенной твердости: рабочим слоем этих пластинок являются чаще всего резольные смолы. Благодаря повышенной твердости поверхности этих пластинок они обладают хорошей износостойкостью.

Процесс изготовления пластинок этого типа наиболее отличается от процесса изготовления нормальных пластинок<sup>389</sup>.

Смола<sup>390</sup> для изготовления этих пластинок (в основном

<sup>385</sup> Герм. пат. 317987 (1918 г.).

<sup>386</sup> Герм. пат. 186415 (1905 г.) Presto Phonogramm GmbH.

<sup>387</sup> Например, смолами по герм. пат. 181930 (1904 г.), относящемуся к периоду возникновения этого типа пластинок и принадлежащему инициатору этого типа J. Sanders.

<sup>388</sup> Например, герм. пат. 402659 (1923 г.).

<sup>389</sup> Он описан наиболее обстоятельно в книге Брайсона и в статье Duppe J. P., Shellac v.-s. synthetic in phonograph records, Plastic Products 1934, 110; 90—2.

<sup>390</sup> О рецептуре фенольно-альдегидных смол, предназначенных для изготовления граммофонных пластинок как по этому, так и по другим процессам, см. амер. патенты: 1083264 Бекеланда, 1071689, 1110417, 1146387—8, 1146984—91, 1151849, 1167468, 1170391, 1230816, 1255500.

<sup>384</sup> Для внутреннего слоя предлагалась даже смесь асбестовой пыли с цементом, не получившая, конечно, признания (герм. пат. 181236, 1905 г.).

резорциново-формальдегидная, с катализатором, способствующим сокращению времени прессования, но зато делающим смолу плохо сохраняемой) размещивается с растворителем (например спиртом) до получения консистенции, обеспечивающей надлежащую пропитку бумаги.

Самая пропитка производится на специальной машине типа, показанного в двух проекциях на рис. 232.

Здесь *a* представляет грунтовальную машину, служащую для нанесения смоляного раствора. Наносится этот раствор с помощью валика, а затем разравнивается с помощью щеток, совершающих возвратно-поступательное движение вдоль образующей цилиндра, вокруг которого они расположены. Бумага сматывается с ролика *b*, огибает цилиндр и проходит через сборник роликов *b*.

Из этого сборника периодически выходит один ролик *c* и, поднимаясь по склону, несет бумагу, образуя петлю. Бумага в виде правильных петель перемещается по направлению, указанному стрелками, причем делает поворот у конца *e*.

Далее через роликовый помост *i* и расправляющее устройство *l* она попадает на наматывающий станок *k*, где и принимает снова форму ролика *m*.

Освобожденные от бумаги ролики *c* собираются у конца *f*, спускаются по скату *g* и передаются в сборник роликов *b*.

Благодаря такому устройству бумага успевает высохнуть на протяжении длинного пути от *d* до *f*, так как она проходит этот путь примерно за полчаса.

Бумага сматывается в грунтовальной машине со скоростью около 30 м/мин. Таким образом в агрегате находится одновременно почти километр бумаги — это соответствует нескольким валикам бумаги.

Прессование слоистых прокладочных пластинок также отличается от обычного, так как оно предпочтительно производится не на гидравлических, а на механических прессах, поскольку сам процесс протекает в этом случае значительно быстрее и длительность нахождения под прессом измеряется несколькими секундами<sup>391</sup>.

1283450 Aylsworth'a, 1146413 и 1690159 Эдисона, а также 1158974, 1398144—5—8, 1440097, англ. патенты 3497/1911, 607/1913, 174372, 219368, 295228, 337796, 36445, франц. патенты 537408, 627209, 629885, герм. патенты 307892, 414831, швейц. патент 91577.

<sup>391</sup> Подобный пресс представлен на рис. 136 в книге Брайсона: там показан пресс типа ВКп фирмы Carl Krause, Leipzig мощностью 110 т, рассчитанный на газовый обогрев. Пресса эти поставляются, однако, и с электрическим обогревом. Кроме того, поставляются прессы (типа BRVz и др.), рассчитанные на большее давление и имеющие большие размеры стола, так что они позволяют прессовать одновременно несколько пластинок. Эти последние прессы рассчитаны на двухстороннее обслуживание.

Наружный слой прокладочных пластинок не обязательно, впрочем, состоит из резольных смол. Так, пластинки Duorhone при среднем картонном слое имеют в качестве поверхностного рабочего слоя шеллачную массу нормального типа. Однако масса эта наносится необычным способом: к ней добавляется спирт, так что она получает консистенцию пасты и эта паста наносится на картон так, как наносится на печатную форму печатная краска. После этого спирт выжигают, пламя гасят, происходит новое нанесение слоя и т. д., пока не получится слой нужной толщины<sup>392</sup>.



Рис. 233.

Перед прессованием диски с нанесенным слоем разогреваются на плите.

Третьим вариантом слоистых прокладочных пластинок являются пластинки с поверхностным слоем из эфиров целлюлозы<sup>393</sup>. Благодаря прозрачности поверхностного слоя под ним может быть помещен какой-либо декоративный узор<sup>394</sup>, портрет артиста и т. д., благодаря чему пластинка приобретает более живописный привлекательный вид (см. рис. 233). Буду-

<sup>392</sup> Англ. пат. 266443 (1927 г.).

<sup>393</sup> Герм. пат. 267161 (1911 г.), также 267162 — с бумажной прослойкой амер. пат. 1175728.

<sup>394</sup> W. Schellack und Azetozelluloid als Schallplattenmassen, KS 1933, 23; 9:207—10. См. также Новости Техники 1933, 12:7. Эффектный вид дает также применение в качестве подслоя специальной бумаги типа переплетной „мраморной“ бумаги, а также многокрасочной бумаги, имитирующей вид рога, яшмы и т. д.

щий поверхностный слой изготавливается в виде отдельного диска толщиной 0,1 — 0,2 мм; для улучшения скрепления его с внутренним слоем может применяться растворитель или просто нитро- или ацетицеллюлозный лак.

Слоистые прокладочные пластинки не принадлежат к числу высококачественных. Недостатком их является, прежде всего, малая текучесть при прессовании благодаря неподатливости внутреннего слоя. Для устранения недопрессовок предложено введение пружинящих прокладок<sup>395</sup>.

### 160. Значение пластинок других типов

Помимо тех или иных присущих отдельным перечисленным типам пластинок преимуществ перед нормальным типом, ценность их состоит еще в том, что они вносят новую, свежую струю в однообразие установившегося процесса, так как отклонения состава могут очень резко менять характер оборудования, как мы видели это на примере прокладочных пластинок.

Именно на основе новых типов пластинок предложены были, например, такие резко отличные от теперешнего процесса изготовления граммофонных пластинок, как, например, формирование пластинок между вальцами<sup>396</sup> и прессование граммофонных пластинок непрерывной лентой<sup>397</sup>. Эти предложения, относящиеся к сравнительно недавнему времени, вряд ли, однако, пошли еще дальше технической идеи.

Техника макания, имеющая общеизвестное применение в резиновой промышленности и давно уже предложенная и для производства граммофонных пластинок<sup>398</sup>, продолжает предлагаться и в дальнейшем<sup>399</sup>, так как окунание матриц в раствор, оставляющий по испарении растворителя слой, могущий быть укрепленным затем на подложку, совершенно изменило бы условия службы матриц в отношении их износа. Этот процесс также, очевидным образом, связан с пластинками других типов.

Было бы все же, вероятно, ошибочным рассчитывать на внедрение в ближайшее время одного из подобных способов в массовое производство, так как нельзя не отметить исключительную силу сопротивляемости установившегося процесса против нововведений, тем более мало разработанных и недостаточно апробированных практикой.

Можно привести немало случаев, когда те или иные по-

пытки изменения даже одной лишь формы пластинки не получали никакого развития.

Не говоря уже о таких малооправданных предположениях, имеющих в виду уменьшить хрупкость нормальной пластинки (трещины в которой начинаются обычно с края), как изготовление ранта<sup>400</sup> по краю пластинки высотой 1—2 мм или заделка по краю пластинки армирующего металлического кольца<sup>401</sup>, не были реализованы даже такие мероприятия, как эффективно экономящее массу предложение<sup>402</sup> просто увеличить размер центрального отверстия пластинки или даже заменить пластмассу в центре пластинки на другой материал (бумагу, целлулоид, металл, пробку). Эта центровая часть могла бы быть по патенту постоянно скрепленной с пластинкой или представлять отдельный вкладыш, сохраняемый при граммофоне (в обоих случаях имеющий в своей центральной части нормальное центровое отверстие).

Нужно заметить, что, по сравнению с шеллачными пластинками других типов, даже и получавшие временами значительное развитие, никогда не приобретали преобладающего значения. Вместе с тем, некоторые из приведенных типов безусловно представляют специальный интерес. Так, например, легкие и не бьющиеся пластинки, к которым не предъявляются требования высокой художественности (например моноклитные и прокладочные), имеют неоспоримое преимущество перед более тяжелыми и хрупкими нормальными шеллачными пластинками, например, когда с этими пластинками хотят выехать за город, на пикник и т. п.

Казалось бы естественным поэтому предположить, что разные типы граммофонных пластинок могут на практике существовать параллельно.

По меньшей мере можно было бы также ожидать существования двух типов пластинок — более дорогих, но в то же время высококачественных и более дешевых, но не столь притязательных. Однако практика показывает, что пластинкам иных типов обычно суждена более или менее яркая, но мимолетная карьера. Интересно также отметить, что пластинки гибкие и легкие, столь удобные для выездов за город, совершенно не выпускаются сейчас в такой предприимчивой стране, как США, и объясняется это тем<sup>403</sup>, что загородные выезды совершаются обычно на автомобиле, на котором не только не трудно доставить несколько лишних пластинок, но которые к тому же снабжены собственным радиоприемником с пластиночным адаптером.

<sup>395</sup> Например, герм. пат. 483344 (1925 г.), англ. пат. 350985 (1929 г.).

<sup>396</sup> Например, англ. пат. 316706 (1928 г.) фирмы The Gramophone Co.

<sup>397</sup> Англ. пат. 298300 (1927 г.), 358601 (1930 г.).

<sup>398</sup> Герм. пат. 112517 (1899 г.), также 128316

<sup>399</sup> Амер. пат. 1183358 (1916 г.).

<sup>400</sup> Герм. пат. 127850, Deutsche Grammophon A. G. (1900 г.).

<sup>401</sup> Герм. пат. 235816 (1911 г.).

<sup>402</sup> Англ. пат. 320220 (1928 г.).

<sup>403</sup> Личное сообщение проф. И. Е. Горона.

Можно также отметить некоторое установившееся разграничение между фирмами, выпускающими нормальные шеллачные, и фирмами, выпускающими остальные пластинки.

Крупные мировые фирмы граммофонных пластинок редко занимаются выпуском менее ценных, не столь высококачественных пластинок других типов; эти фирмы редко выходят за пределы типа однослойных наполненных пластинок (исключение составлял тип фирмы Columbia, высококачественный по звучанию и не отличимый по виду и высококачественные винилитовые пластинки фирмы RCA-Victor).

На изготовлении пластинок других типов обычно специализируются либо более мелкие временные фирмы, либо фирмы, не являющиеся, по существу, граммофонно-пластиночными и просто заинтересованные в сбыте своей продукции (например концерн I. G. в отношении ацетилцеллюлозных пластинок).

Таким образом в настоящий момент нормальными пластинками остаются все же шеллачные. Даже относящиеся к тому же типу термопластические пластинки из винилитовых смол смогли получить лишь ограниченное применение (в радиовещании, где особенно ценится низкий уровень шипения, так как часто существенно, чтобы слушатель не знал, что слушает запись, а не непосредственное исполнение), поскольку, имея преимущество перед шеллачными в отношении более низкого уровня шипения, они обнаруживают вместе с тем иногда пониженную износостойкость.

Даже когда шеллак исчезал с рынка, как, например, в 1916—1919 гг., когда не производился ввоз шеллака в Германию<sup>404</sup> и производство перестроилось на выпуск пластинок из заменителей (выпускали, например, тролитовые пластинки), применение заменителей сейчас же отмерло, как только возобновилась возможность выпуска нормальных шеллачных пластинок, основанных для Германии на импорте.

Некоторые авторы так высоко ставят качества шеллака, что даже прямо говорят о его незаменимости: «Твердость шеллака, соединенная с большой эластичностью, делает его незаменимым материалом для производства граммофонных пластинок... Только пластинки, приготовленные из шеллака, способны пропустить иглу мембраны, не скалываясь при этом и не разрушаясь лю месту микроскопических выступов и впадин, находящихся на бороздке, но пружиня при этом и восстанавливая свою первоначальную форму»<sup>405</sup>.

Что касается упомянутых здесь пружинящих свойств шел-

<sup>404</sup> Hedicke H., статья Schellack в книге Pax F. и Arndt W., Die Rohstoffe des Tierreichs, B. I, стр. 32—46.

<sup>405</sup> Зинovieв А., Лаки и их применение, 1931. стр. 27. В приведенной цитате „бороздкой“ названа канавка.

лака, быть может было бы более правильным сказать, что качеством шеллака, более других определяющим его ценность в рассматриваемом производстве, является сочетание большой твердости с сравнительно малой хрупкостью.

### 161. Проблема освобождения от шеллачной зависимости

С рассмотренными типами граммофонной пластинки тесно связана проблема освобождения граммофонно-пластиночной промышленности от шеллака.

Эта проблема не во всех странах стоит одинаково остро, но можно считать, что если не экономическая необходимость освобождения от импорта, то во всяком случае зависимость от биржевых колебаний цен на шеллак при общей ограниченности его мировой продукции побуждает в периоды высоких цен к стремлению избавиться от шеллака или хотя бы сократить количество его, приходящееся на одну пластинку.

Чисто технические недостатки шеллака — легкоплавкость, хрупкость композиций и в известной мере недостаточная стабильность свойств шеллака — также заставляют во всем мире заботиться о дальнейших поисках веществ, обладающих более высокими качествами, чем шеллак.

Нельзя не отметить, что шеллачная промышленность учитывает свои слабые стороны и стремится их преодолеть. В § 123 уже отмечалось, что добыча шеллака может удваиваться за сравнительно короткие промежутки времени и имеет общую тенденцию возрастания. Не оставлена без внимания и качественная сторона. Специальным изучением шток-лака и шеллака занимается индийский институт The Indian Lac Research Institute, существующий с 1924 г. В Англии также организовано Shellac Research Bureau в Лондоне; в США существует Shellac Research Bureau of the United States Shellac Importers' Association. Все эти организации проводят исследования и публикуют свои работы. В соответствии с этим потребители отмечают<sup>406</sup>, что наблюдается непрерывное повышение однородности шеллака и улучшение его качества.

В СССР, где развивающаяся граммофонно-пластиночная промышленность построена сейчас на 98% на выпуске пластинок высококачественного типа (шеллачных) и где из года в год происходит рост импорта шеллака (в 1925 г. было импортировано 1430 т шеллака, а в 1936 г. уже 3900 т шеллака<sup>407</sup>), вопрос освобождения от шеллачной зависимости определяется не только экономическими и техническими соображениями, но и тем, что ограниченность мировой до-

<sup>406</sup> Gardner W. H., Nature and constitution of Shellac, V. Effect of Small Amounts of Certain Impurities. Ind. and Eng. Chem. 1933, 25; 5:550—4

<sup>407</sup> „Известия“ 22 марта 1937 г.

бычи шеллака в ближайшее время начнет лимитировать самую возможность дальнейшего расширения производства граммофонных пластинок.

В этом направлении принципиально возможны три пути: производство собственного шеллака, уменьшение расходования шеллака на одну пластинку и, наконец, производство пластинок других типов, лишенных шеллака. На этих возможностях необходимо остановиться.

Производство собственного шеллака может мыслиться двояко: либо как культивирование природного шеллака в своей стране, либо как химический синтез его.

Говоря о культивировании натурального шеллака в СССР, надо отдавать себе ясный отчет в том, что задача эта далеко не проста. Сама по себе территориальная близость СССР с Индией еще не свидетельствует о том, что в СССР имеются климатические условия, подходящие для культивирования шеллака. Даже наиболее близкий к Индии район (Горно-Бадахшанская автономная область Таджикской ССР) имеет совершенно иной климат, так как СССР отделяют от Индии Гималаи — самые высокие горы на земле — и это определяет различие климатов. Климат Индии тропический: летом дуют теплые и влажные муссоны с океана, зимой сухие с нагорий, температура очень равномерна. Таких условий нет в СССР. Нужно помимо этих решающих отличий иметь к тому же в виду, что перенос культуры даже в пределах самой Индии не совершается слишком легко; например, Brutlack из Синда нельзя успешно перенести на деревья Бихара<sup>408</sup>; не прост и перенос насекомых на другие породы деревьев, например, с ююбы нельзя перенести насекомых на бугеа и т. д.

Несомненно заслуживает значительно большего внимания идея химического синтеза шеллачной смолы. Однако пока самое строение шеллака с определенностью не установлено, нельзя считать задачу синтеза шеллака близкой к разрешению. Можно лишь упомянуть, что Nagel осуществил<sup>409</sup> частичный синтез шеллака; именно нагревая полученные из шеллака шеллолеву и алейритиновую кислоты, он получил продукт, напоминающий свойства смолы шеллака. Попытки синтеза шеллака делаются в той же лаборатории концерна Сименса, которая занимается установлением структуры шеллака<sup>410</sup>.

Уже упоминалось, что продукты под названием «синтетический шеллак» не раз фигурировали на рынке, однако они

не имели ничего общего с шеллаком, кроме совпадения части их свойств<sup>411</sup>. О некоторых из таких сходных с шеллаком продуктов указывается даже, что они применялись небольшими фирмами граммофонных пластинок<sup>412</sup>, однако здесь имели, в действительности, место лишь термопластические продукты другого, чем шеллак, строения. Возможно, однако что продукты подобного рода находят некоторое применение наряду с шеллаком в пластинках, не претендующих на высоко-сортность.

Возможность химического синтеза шеллака приходится пока считать сравнительно отдаленной. К сожалению, в СССР не ведется еще систематической работы над выяснением строения и попытками синтеза столь ценного продукта, как шеллак. Между тем можно быть уверенным, что, установив формулу шеллака и вводя в молекулу замещения, можно ожидать получения продуктов еще более ценных, чем шеллак, могущих иметь значение и для других отраслей промышленности<sup>412а</sup>. Успешное разрешение задачи получения СК в СССР дает некоторый залог успеха и в этой области.

<sup>411</sup> Например известный под названием „синтетического шеллака“ продукт английской фирмы Rubbeine-Synlac Ltd. обладает г. п. л. 83<sup>7</sup>, растворимостью в спирту и щелочах, но высокое иодное число (98) сразу обнаруживает его отличный от шеллака значительно ненасыщенный характер.

<sup>412</sup> Так, например, указывается, что брουνлак выпуска фирмы Brownlac Company в Лондоне применяется Vocalion Gramophone Co., Orchestrola; Obst W., Synthetischer Schellack und Schellackersatzstoff, KS 1929, 19; 8: 171—2.

<sup>412а</sup> Уже теперь делаются разнообразные попытки получения на основе шеллака новых ценных продуктов. Например, описана этерификация шеллака (Bhattacharya R. и Gidvani B. S., Shellac esters. Esterification of Hydroxyl Groups of Lac with Acids, Techn. Pap. № 15, Лонд. Бюро по шеллаку, 1938 реферат в RMP 1939, 15; 2: 47. 3: 65—7). Пробовали готовить и шеллачные мыла (Gardner W. H. и др., Preparation of Heavy Metal Soaps of Refined Bleached Shellac. Ind. and Eng. Chemistry 1933, 25, 6: 696—9). Шеллак полимеризовали с формальдегидом для получения новых смол (Venugopalan M. и Sen H. K., Modified Shellac for improved moulding powders and varnishes. Brit. Plast. 1939, 10; 119: 626). Один из оснований на шеллаке новых продуктов выпущен даже на рынок под названием *склеролак*. Этот продукт представляет собой эфиронерастворимую часть шеллачной смолы (соответствующую 65—70% смолы), более твердую, более водостойкую, но дающую при нагревании пузырей, как это происходит у шеллака, но зато обладающую очень малой теплопроводностью. Склеролак получается не только с помощью эфира, но и с помощью толуола или трихлорэтилена, а также фракционированным извлечением щелочами (о склеролаке см. Suter A. F., Shellac. Trans. of the Oil and Colour Chem. Assoc., 1937, 20; 200 50—68. Bhattacharya R., Sclerolac. Chem. and Ind., 1938, 57; 2: 37—8. Bhattacharya R. и Gidvani B. S., A new process for hard Lac Resin. Techn. Pap. № 13; Лонд. бюро 1938 г., Bhattacharya R. и Heath G. D., Fractionation of Lac. Techn. Pap. № 16, Лонд. Бюро, 1938, Gibson A. J., Journ. of the Soc. of Chem. Ind. 1938 57; 5: 169—74).

<sup>408</sup> Tschirch, Handb. d. Pharm. III, стр. 972.

<sup>409</sup> Nagel, Sten 1924, 3; 2: 12.

<sup>410</sup> Из дальнейших работ см., например, Nagel и Hiller, Synthese von Strukturverwandten des Schellack- und Acaroid-Harzes, Fettchemische Umschau, март 1933 г.

Уменьшение расхода шеллака на одну пластинку — также путь экономии шеллака. Эта экономия может быть осуществлена введением в композицию однослойной пластинки наряду с шеллаком других связующих, однако этот путь приходится и в экономическом<sup>413</sup>, и в качественном отношении признать менее эффективным, нежели способ изготовления слоистых пластмассовых пластинок (типа Columbia), особенно при наличии регенерации рабочего слоя.

Производство пластинок, вовсе не содержащих шеллака, предполагается развивать в СССР по нескольким направлениям. В ближайшие годы в СССР будет поставлено большое производство виниловых смол и винилитовые пластинки получат крупное место в общем ассортименте. Объединение Мосхимкоммуна на своем московском заводе выпускает ацетилцеллюлозные пластинки монолитного типа. Впрочем, последнее производство следует признать нецелесообразным, так как одно и то же количество уксусной кислоты, являющейся для приготовления ацетилцеллюлозы существенным и пока что лимитирующим сырьем, может дать значительно большее количество винилитовых пластинок, нежели ацетилцеллюлозных. Пластины прокладочного характера с резольным поверхностным слоем, выпуск которых одно время проектировал ленинградский пуговичный завод, также вероятно найдут своего производителя. Слоистые пластинки с поверхностным ацетилцеллюлозным слоем будет выпускать Апрельский завод.

<sup>413</sup> Снижение количества расходуемого на пластинку шеллака за счет других смол возможно в лучшем случае на 40—50%, в то время как при слоистых пластинках расход шеллака уменьшается в 3—4 раза.

## Глава XIV

### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

#### 162. Шлифовка борта

После обломки грата обычная пластинка имеет неровные края. Сглаживание этого края составляет задачу так называемой шлифовки борта.

Применяемый для этой цели небольшой настольный станочек изображен на рис. 234.

Пластинка помещается на диск 1, покрытый фетром. После этого отпускают предварительно нажатую педаль, тянущую за бечеву 2, благодаря чему второй диск 3, также покрытый фетром, прижимается к пластинке силой пружины, находя-

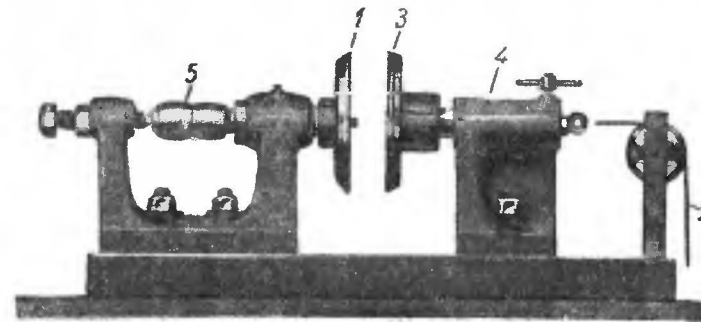


Рис. 234.

щейся в корпусе станины 4. Перевода затем ремень с холодного на рабочий шкив 5, заставляют пластинку вращаться со скоростью около 1200 об/мин и сглаживают ее борт помощью достаточно тонкого наждачного полотна или камня (например пемзы) подходящего профиля.

Станок этот должен быть снабжен местным отсосом и должен иметь защитное ограждение из проволочной сетки. Иногда для повышения блеска по месту шлифовки полируют борт кусочком фетра или протирают промасленным войлоком.



## 163. Браковка готовых пластинок

Перед окончательной упаковкой граммофонные пластинки подвергаются проверке, имеющей назначением отбор дефектных пластинок и носящей название браковки.

При этой операции обнаруживают недостатки, могущие вызвать дефекты звучания (щелчки и т. п.) или портящие внешний вид пластинки (пятна, дефекты на борту, на зеркале). Быстрое<sup>414</sup> обнаружение этих дефектов требует известного навыка. Сущность этого навыка состоит в сохранении в памяти ряда эталонных образцов дефектов, в умении держать пластинку так, чтобы свет падал наиболее благоприятным образом (разные дефекты лучше обнаруживаются при различном угле падения света) и, наконец, просто в достаточной тренированности зрения.

Рабочее место должно быть хорошо, но не ослепительно освещено и притом не рассеянным светом. Интересно отметить, что многие дефекты, трудно уловимые в помещении, могут быть легко рассмотрены на дворе — это относится в особенности к пятнам, серости и т. д., но само собой разумеется, что браковщики работают всегда в закрытом помещении. К сожалению, вопрос рационального освещения помещения браковки пластинок не привлек еще специального внимания светотехников.

Пластинки от каждого прессовщика идут отдельно вплоть до браковки. С одной стороны, это облегчает браковку, так как позволяет лучше обнаружить наличие повторяющихся дефектов, происходящих по вине матрицы, с другой стороны, это дает возможность ставить прессовщика в известность о результатах разбраковки его пластинок — учет этих результатов указывает прессовщику, на какую сторону работы ему следует более всего обратить внимание.

Первой задачей хорошей организации браковки является оперативность — сокращение промежутка времени между изготовлением пластинки и сообщением прессовщику результатов разбраковки, так как этим будет обеспечена наибольшая профилактика брака. С этой целью применяют иногда более дорогую систему двойной браковки — специальные контролеры просматривают пластинки тут же у пресса, немедленно сообщая результаты прессовщику и устраняя недоброкачественные пластинки из дальнейшего потока; пластинки, признанные этими контролерами доброкачественными, проходят шлифовку и подвергаются затем второму, окончательному контролю.

Второй задачей хорошей организации браковки является обеспечение стабильности браковки: одна и та же партия

<sup>414</sup> На осмотр одной стороны пластинки у опытного браковщика идет 15—20 сек.

пластинок должна получать совершенно одинаковую оценку у разных браковщиков и в разное время. К сожалению, последнее обстоятельство в точности соблюдения трудно.

О результатах разбраковки составляется ведомость, в которой отмечается число дефектных по каждому виду брака пластинок. Интересное на первый взгляд сопоставление брака по видам в разные периоды времени на основе этих данных бывает не особенно показательным. Причина кроется главным образом в том, что при наличии в пластинке нескольких дефектов она относится к рубрике наиболее существенных и таким образом уменьшается количество пластинок, отнесенных к другим рубрикам, чем создается впечатление не соответствующего действительности снижения брака по другим видам. Получить надлежащую картину можно было бы, лишь отмечая по каждой пластинке наличие или отсутствие в ней каждого вида брака. Однако эта система более громоздка, а аппарат браковки и без того ложится бременем на себестоимость продукции.

Кроме отделения негодных пластинок от основной массы годных браковщики выполняют иногда и сортировку пластинок. Пластинки с дефектами, не имеющими существенного значения, или выпускаются на рынок по более дешевой цене, или, в иностранной практике, предназначаются для районов сбыта, не предъявляющих столь строгих требований. Вообще говоря, фирмы избегают выпуском неполноценной пластинки портить свою марку и потому к обшм этим средствам прибегают с осторожностью и бракууют строго.

Умение браковать состоит таким образом в разумном разграничении значимости недостатков; конечно критерием здесь в первую очередь должно служить звучание пластинки, а не вид ее. Дело практики установить, как влияет тот или иной видовой дефект на звучание; когда это установлено, *видовой контроль превращается в косвенный звуковой контроль — именно таково его основное назначение*. Всегда, когда встречается сомнительный в отношении влияния на звучание дефект, тут же прибегают к прослушиванию.

Независимо от видового контроля, который проходит каждая отдельная пластинка без исключения, часть пластинок (1—3%) подвергается непосредственному прослушиванию для звукового контроля.

На долю слухобраковщиков, выполняющих этот звуковой контроль, выпадает, главным образом, простая задача — улавливать такие дефекты, как щелчки («постукивание», «треск») и повышенное шипение. В самом трудном случае, когда имеет место изношенность матрицы, слухобраковщики обнаруживают это по типичному отвратительному «граммофонному звуку», издаваемому в этом случае пластинкой. Для работы

слухобраковщика не требуется никакого музыкального образования, а лишь здоровый слух и практический навык.

Как в области видового контроля, так и в области звукового, единообразия браковки стараются достигнуть путем установления эталонов каждого вида брака; к сожалению, эталоны звуковых дефектов подвержены износу и непрактичны.

Прослушивание пластинок целесообразно производить в потребительских условиях, т. е. с обычной мембраной, обычными иглами и т. д., в помещении без особого заглушения и не слишком большом по размерам. Применение для целей контроля радиогаммофонов, имеющих специально подобранную характеристику (например для срезания шипения), конечно, совершенно неуместно. Из соображений экономии помещения можно производить прослушивание через наушники, подобрав, по возможности, подходящую частотную характеристику всего устройства, однако к этой мере обычно не прибегают. Вместо отдельных комнат для прослушивания иногда устраивают легкие переносные звукоизолированные кабины, которые удобно помещать в прямой близости от пресса.

Исследование слуха браковщиков пока еще как будто не практикуется, хотя было бы быть может целесообразным снятие индивидуальных аудиограмм.

Можно было бы, конечно, приготовить в качестве тестов пластинки специальной записи<sup>415</sup>.

Нужно заметить, что слуховой контроль очень мало производительен. Считая среднюю длительность игры одной стороны пластинки равной 2,5 мин., найдем, что в час удастся прослушать около 12 пластинок. Один слухобраковщик поэтому обслуживает обычно лишь несколько прессов (количество их зависит от процента прослушиваемых пластинок и производительности пресса). Свои пресса слухобраковщик обходит по очереди, получая таким образом пластинки непосредственно от пресса — например одну через 50 штук. Возможна и такая организация контроля, при которой слухобраковщики не выходят из кабинок, а пластинки им доставляет специальный подносчик.

Именно малая производительность слухового контроля и объясняет преимущественное значение видового контроля как косвенного контроля по признакам того же звучания.

#### 164. Упаковка

Из прессового цеха в шлифовку пластинки передаются в деревянных или алюминиевых ящиках. Обычно уже после

шлифовки борта или при видовом контроле пластинки протирают тряпочкой и вкладывают в конверты.

Прошедшие браковку пластинки попадают в склад готовой продукции, где их помещают на полки (регалии), классифицируя сперва по принципу содержания (по номеру записи или по номеру спарки), а затем комплектуя по тематике заказчика.

Дальнейшая упаковка пластинок состоит в складывании их в коробки (например по 20 шт.), а затем в укладывании коробок в ящики (например по 10 коробок).

Ящики не имеют у разных предприятий одинаковых размеров, ограничением, однако, является общий вес ящика, так как, когда он превышает 40—50 кг, увеличивается вероятность кантования и даже бросания ящика при транспорте. Для большей сохранности пластинок коробки, сложенные вместе, оборачиваются водонепроницаемой бумагой, а кругом нее в ящики укладывается сухая стружка, опилки, гофрированный картон и т. п.

#### 165. Полиграфическо-картонажные работы

Рассмотрев весь основной производственный процесс, необходимо хотя бы вкратце сказать несколько слов о вспомогательных операциях — приготовлении этикетки, конверта, коробки. Особенно важно это в отношении этикетки, которая является неотъемлемой частью самой граммофонной пластинки.

Этикетка принципиально аналогична титульному листу книги. Она несет на себе все «выходные данные» граммофонной пластинки. В состав этих выходных данных входят: название фирмы и ее товарный знак, название и указание рода исполняемого произведения или его части, имена авторов (музыки и текста), главных исполнителей и дирижера, порядковый номер записи. В отличие от обычных библиографических данных не принято указывать год выпуска; если какое-либо произведение переписывается в улучшенном виде вновь, оно сохраняет иногда прежний фабричный (каталожный) номер. Часто особым индексом (буквой или цветом этикетки) отмечается группа, к которой относится пластинка по тематике или по качеству. На заграничных пластинках ставится также лицензионный знак, указывающий на то, что данная пластинка засчитана в число идущих на оплату гонорара авторам и т. п.; этот лицензионный знак либо включается в текст самой этикетки, либо помещается в виде отдельной наклейки, как марка.

Первые граммофонные пластинки вовсе не имели этикетки. Одно время на оборотной стороне пластинок (пластинки были вначале односторонними) впрессовывали листок, содержащий

<sup>415</sup> Интересно при случае отметить, что фирма Columbia выпустила серию в 5 пластинок, служащую для установления степени музыкальности слушателя. Lothar R., Die Sprechmaschine, Лейпциг 1924, стр. 113.

аннотацию пластинки вместе с текстом исполняемого на пластинке произведения. С переходом к двусторонним пластинкам это было оставлено; тогда такой текст («либретто») стал прилагаться к пластинкам в виде отдельного листка, либо печататься

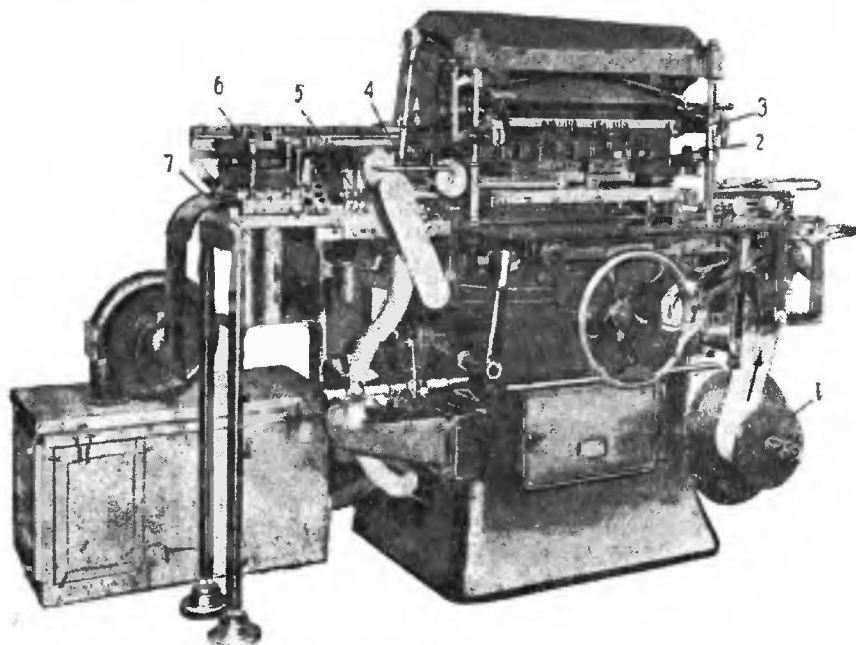


Рис. 235.

тался в отдельных сборниках либретто пластинок, либо, наконец, помещался в специальных грамофонных периодических журналах.

Однако в дальнейшем и эта традиция была оставлена, с одной стороны, в связи с осложнениями, связанными с авторским правом, с другой стороны, ввиду того, что текст многих произведений легкого жанра, взятый отдельно от музыки, имеет очень непривлекательный, убогий вид.

Одно время выходные данные пластинок наносились на оригинал путем гравировки, а после прессования полученная углубленная надпись на пластинке замазывалась белой краской, избыток которой удалялся вытиранием поверхности тряпочкой. Рассматривание подобных пластинок<sup>416</sup> показывает, что гравировка наносилась, очевидно, вручную, так как

имеет довольно грубый вид. Однако подобная гравировка могла бы быть выполненной значительно тоньше, если бы она осуществлялась с помощью пантографских машин.

Для пластинок нормального типа наибольшее распространение получила бумажная этикетка. Первоначально изготовление этой этикетки велось многокрасочным (2—5 красок) литографским путем. Однако с повышением художественных требований почти повсеместно перешли на одноцветную (бронзовую) этикетку, выполняемую на темноокрашенной глянцевой бумаге, так как блестящая и в основном темная этикетка лучше гармонирует с общим видом самой пластинки.

Глянцевая бумага готовится из обычной некрашеной бумаги (типа писчей, с весом квадратного метра 70—80 г) путем пропитки ее красящим составом на грунтовальной машине, подобной описанной в § 159.

Окрашивание бумаги производится преимущественно в черный, красный, коричневый, реже синий, фиолетовый, зеленый и т. п. цвета. В красящий состав входят кроме собственно красящего вещества еще воскоподобные вещества (пчелиный воск; парафин), смолистые вещества (канифоль), клеящие вещества (костяной клей, казеиновый клей и т. п.).

Пропитанная и просушенная на грунтовальной машине бумага поступает на вторую машину — так называемую фрикционную, в которой она проходит между двумя валиками; один из этих валиков вращается быстрее другого и при этом обогревается паром. Благодаря скользящему движению этого очень гладкого стального валика относительно бумаги он производит гладящее действие, а присутствующие в наносе воскоподобные вещества, размягченные нагревом, обеспечивают получение очень гладкого слоя на бумаге: гладкость этого слоя и является причиной блеска его.

Как грунтовальная, так и фрикционная машина работают на рулонной бумаге. Напротив, литографские машины флатовые (работает на листах), а специально этикеточные машины бобинные (работают на ленте). Поэтому после фрикционной машины следует резательная. На описании всех этих машин останавливаться не будем<sup>417</sup>, так как они не предназначены специально для этого производства.

Упомянем особо лишь этикеточную машину, так как она очень удобна для изготовления этикеток грамофонных пластинок (хотя предназначена для любых этикеточных работ).

Этикеточная машина полуротационного типа представлена<sup>418</sup> на рис. 235. На катушку 1 надевается бобина глянцевой бумаги; с катушки бумага сматывается, проходя по на-

<sup>417</sup> См., например, Weichelt A., Buntpapier-Fabrikation, Берлин 1927.

<sup>418</sup> В выполнении фирмы Automatic, тип UDM ПА.

правлению стрелки. На движущейся с периодическими остановками бумаге последовательно клише 2 печатает постоянный рисунок (название фирмы, товарный и лицензионный знак, орнамент), а набор 3 печатает сменный текст.

Печать производится олифой, к которой добавлены сиккативы, так что поверхность бумаги в соответствующих местах оказывается липкой. Хороший шрифт для текста этикеток — «коринна» (шрифт № 13 по ОСТ 1337). По размеру обычно применяется петит, реже нонпарель и корпус.

В аппарате 4 бумага натирается после печати «бронзой» с помощью щеток, причем бронза пристаёт лишь к липким местам, так что при последующей очистке бесконечной щеточной лентой в коробке, расположенной рядом, бронза снимается со всех мест, где ничего не напечатано. Наконец, в 5 производится пробивка центра, в 6 — общая вырубка этикетки из ленты. Готовые этикетки падают в цилиндр 7 или в подставленную коробку.

Диаметр этикетки лежит обычно в пределах 75 — 85 мм.

«Бронзой» или бронзовым порошком называют очень тонкий блестящий порошок, состоящий, например, из измельченной латуни или бронзы, а то и из двусернистого олова  $\text{SnS}_2$ , напоминающего своим видом золото. На бумаге бронзовые порошки держатся чисто механически (путем приклеивания). Так как наличие слоя, придающего глянец, затрудняет процессы впитывания, адсорбции между олифой и бумагой и т. п., то прочность бронзы на глянцевой бумаге оказывается пониженной и при достаточно сильном трении бронза может сходить.

Этому способствует, повидимому, тонкий слой масла, которым покрывают бронзовые порошки на изготавливающих их предприятиях с целью уменьшения огнеопасности этих порошков<sup>419</sup>. В таких случаях бронзу следует предварительно отмывать растворителями.

Бронзовые порошки поддаются окраске, однако она в рассматриваемом производстве не применяется; золотистый цвет привился больше других.

Фольгированная бумага, покрытая, например, тонким слоем алюминия, по которому производится разноцветная печать просвечивающими красками, также позволяет получить красивую этикетку.

На прозрачных монолитных пластинках бумажная этикетка уступает свое место либо этикетке, нанесенной методом декалькомании, либо, гораздо лучше, рисунок и текст наносятся

путем тиснения, как это делается на переплетах книг (по способу высокой печати). Выполняется это тиснение на прессах, сходных с указанными в § 159 и носящих название золотарных прессов.

Материалом, служащим для тиснения, является здесь обычно сусальное золото. Однако в рассматриваемом нами случае последнее никогда не состоит из собственно золотой фольги, так как даже при наиболее тонкой золотобитной фольге толщиной порядка 3  $\mu$  превышение стоимости этикетки над обычной оказалось бы значительным. При применении плакировки, например, при совместной прокатке золота и меди, получается слой, в котором на долю золота приходится уже только 1  $\mu$  — это так называемое тальма-золото. Наиболее принято применение имитационной фольги из неблагородных металлов, обладающих цветом, напоминающим золото, например из латуни, томпака; в виде тонких листков этот материал носит название поталь. Кроме золотистого цвета применяются также серебристый, синий, белый и др.

Так как просвечивание массы в прозрачных пластинках вызывает наложение текстов обеих сторон пластинки, то для избежания этого иногда отводят для надписи каждой стороны лишь полкруга на зеркале, оставляя эту часть незаполненной на обороте.

Конверт изготавливается из прочной бумаги (например крафт-целлюлозы), обычно небеленой и имеющей естественный бурый оттенок<sup>420</sup>, применяются, однако, и другие сорта бумаги. Существенно, чтобы бумага не была сорной, так как механические включения (например крупные зерна наполнителя бумаги) могут царапать и пачкать пластинку. Для прозрачных пластинок наиболее изящны конверты из бумажной кальки или целлофана.

Форма конвертов обычно близка к квадратной; посредине в них вырубается круглое окно, позволяющее прочитывать этикетку пластинки без вынимания последней из конверта.

Иногда конверты изготавливаются с теми или иными улучшениями, например с вырезом для захвата рукой во время переноски, с удлинением одной стороны, облегчающим вкладывание пластинки, с клапаном для запирания конверта, с карманчиком для иголок и т. д.

На конверте кроме названия фирмы печатаются иногда рекламы и т. п.

Коробки и альбомы изготавливаются из картона, гладкого или гофрированного, обычными методами картонажной техники.

<sup>419</sup> Шварц Э., Пожары и взрывы от химико-технических причин, М. 1929 стр. 350. Здесь указывается, что 6 кг бронзы могут в некоторых условиях сделать взрывчатым воздух помещения емкостью около 100 м<sup>3</sup>.

<sup>420</sup> В СССР применяются вполне подходящие кабельная бумага (ОСТ 6321) или патронная бумага (ОСТ 4934).

Смотря по возможностям заводской типографии, она производит для завода также те или иные вспомогательные работы (акцидентные, печатание рекламных материалов, репертуарных каталогов и т. д.), на которых здесь можно не останавливаться.

## Глава XV

### КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Производство наилучше поставлено, когда соответствующими методами контроля обеспечивается не только предотвращение брака, но и исключение возможности всяческих отклонений от нормального хода процесса, приводящих к нестабильности продукта.

Совокупность технических приемов, позволяющих судить о том, все ли идет правильно в производстве, и составляет методы контроля.

Для того чтобы контроль был исчерпывающим, он должен охватывать сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию; наблюдению должны подвергаться все этапы производства.

Вместе с тем нужно, чтобы количество проверок не было чрезмерным, так как это не только удорожает продукцию, но и осложняет производство организационно. Поэтому необходимо заботиться о том, чтобы в контроле производства неуклонно проводился принцип *необходимости и достаточности*. Это относится к числу пунктов проверки, к числу самих проверочных опытов и к содержанию требований, подлежащих проверке.

В контроле производства граммофонных пластинок имеют применение методы физического (механического, термического, электроакустического, микроскопического), физико-химического и химического контроля, наиболее целесообразные из которых здесь будут рассмотрены.

Кроме того, имеет применение контроль технологическими пробами.

Раньше чем говорить об отдельных методах, следует сделать несколько замечаний, касающихся самого отбора проб для этих испытаний.

#### 166. Отбор средней пробы

Отбору пробы, производимому обычно работниками низкой квалификации, уделяется часто значительно меньше вни-

мания, нежели самому анализу. Это следует считать одной из самых непростительных ошибок, так как недостаточно тщательно произведенный отбор средней пробы может привести к гораздо большим заблуждениям в суждениях о материале, чем погрешности в ходе самого анализа. Порядок отбора средней пробы должен быть поэтому строго регламентирован для каждого материала.

При отборе средней пробы следует не упускать из виду также необходимость согласовывать отбор пробы с назначением материала. Чем больше образцов смешаны для получения средней пробы, т. е. чем более точное представление даст анализ о средних качествах материала, тем меньшее представление можно получить о степени однородности этого материала. Это элементарное правило, к сожалению, часто игнорируется. Например, от одной поставки берут 50 образцов и, смешивая их по 10, составляют 5 проб, которые в отдельности подвергают анализу. Правильнее составить из всех 50 образцов одну среднюю пробу и подвергнуть ее анализу в двух параллельных пробах и, кроме того, подвергнуть анализу три из первичных образцов — при том же общем числе анализов материал был бы охарактеризован значительно полнее и надежнее. Единичные образцы, подвергаемые при этом анализу, следует выбирать такими, чтобы они, по возможности, более соответствовали крайним показателям — например, брать образцы, отличающиеся по виду, или из наиболее далеких друг от друга мест, и т. д.

Чем крупнее куски поставляемого материала, тем больше должна быть взята начальная порция, так как наполнитель в крупных кусках обладает меньшей внутренней однородностью. От порошкообразных наполнителей образцы отбираются удобнее всего шупом при разгрузке вагонов. Уменьшение пробы производится квартованием или с помощью механических делителей.

Следует отметить, что анализы сырых материалов, производимые на пластиночных заводах, являются лишь выборочно-контрольными; сортировка материала по данным этих анализов обычно не практикуется. Поставщики должны производить у себя на месте систематический контроль своей продукции и сами заботиться о поддержании однородности поставляемых ими материалов, так как у поставщика сортировка материала всегда много совершеннее.

Отбор средней пробы полуфабриката должен производиться еще более тщательно. При автоматическом процессе мельничного цеха наиболее удобна установка специальных автоматических пробоотборников, например, при течках.

Для отбора средней пробы готовых пластинок специфических правил не имеется.

## 167. Механические испытания

Механические испытания производятся на образцах определенной формы. В СССР наиболее распространены<sup>421</sup> для пластмасс механические испытания по германским нормам, разработанным для электроизоляционных материалов<sup>422</sup>.

Количество различных методов механических испытаний чрезвычайно велико. Необходимо ограничиться из этих методов лишь наиболее характерными, так как излишнее обилие испытаний, особенно малоподходящих, обычно не только не облегчает, а, напротив, лишь осложняет использование результатов этих испытаний. В производстве грамофонных пластинок наибольшее значение имеет исследование твердости, хрупкости и прочности на излом. На этих видах испытаний мы и остановимся более обстоятельно.

### Приготовление образцов

Масса, подвергаемая физико-механическим испытаниям, предварительно запрессовывается для получения формы нормального бруска. Размеры нормального бруска определены УДЕ такими:  $10 \times 15 \times 120$  мм.

Прессование этих брусков производится в открытых или закрытых прессформах. Открытые прессформы удобно делать многогнездными, что ускоряет изготовление нормальных брусков.

На первый взгляд открытые прессформы ближе к условиям массового производства, что, вообще говоря, желательно при всяком испытании. В действительности, пользование этими прессформами допустимо лишь при работах первого приближения (каковыми часто достаточно бывает ограничиться в производственных условиях). Для точных исследований, связанных, например, с установлением оптимальных условий технологического режима прессования, следует пользоваться исключительно прессформами закрытого типа, так как лишь последние обеспечивают получение точного давления в массе. В закрытых прессформах перетекание массы через кветцконт исключается — количество

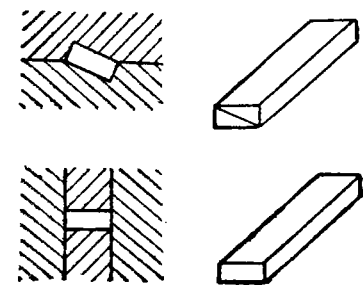


Рис. 236.

<sup>421</sup> См. ОСТ 5052—4.

<sup>422</sup> Обзор испытаний, принятых в других странах, см. Зомерфельд А., Пластические массы, М.-Л. 1935, часть третья.

массы берется строго определенным (отвешивается), чтобы брусок получился нужного размера; при сжатии нагрузка целиком передается массе.

Работа с закрытыми прессформами более медленна и хлопотна, а определение правильной навески при незнакомой массе требует предварительного экспериментального подбора.

На рис. 236 показаны схематически открытая и закрытая прессформы для нормальных брусков; обратим внимание на наклонное положение бруска в открытой прессформе, исключаяе шов на продольных гранях и облегчающее вынимание. Справа показаны полученные в этих прессформах образцы.

Пластинки было бы неправильным превращать для испытания в порошок и готовить из последнего нормальные бруски<sup>423</sup>: пластинку следует испытывать как таковую. Удобнее всего вырезать из пластинки полоски. Несмотря на общеизвестную хрупкость пластинки, из нее вполне возможно вырезать прямоугольные участки. Из значительного числа испробованных для этой цели приемов наиболее удобными оказались два.

Первый прием состоит в применении небольшого станка, напоминающего круглую пилу; удобно закреплять две пилы рядом, подобрав между ними такое расстояние, чтобы полоска получалась непосредственно нужной ширины. Пластинка закрепляется в зажиме, который ведется по направляющему пазу. Этот прием особенно удобен для многослойных пластинок с бумажным или картонным слоем.

При втором приеме пластинка раскалывается; этот прием предназначен для нормальных шеллачных пластинок и дает очень ровный излом; при этом притотвление полосок значительно ускоряется. Для надежности работы и полного отсутствия каких-либо побочных трещин необходимо, чтобы движение колющих ножей осуществлялось станком точно и чтобы ножи имели симметричные, а не односторонние острия и приходились остриями как раз один против другого, а не смещенно, как это обычно практикуется в гильотинных ножницах.

Из гибких эфирно-целлюлозных пластинок часто удобнее вырезать образцы ножом по металлической линейке (менее аккуратно — ножницами).

На каждом предприятии, смотря по принятым испытаниям, устанавливается свой шаблон разрезки пластинки на полоски. Ширина полосок для точности испытаний должна быть возможно больше, однако, если пластинка недостаточно однородна по толщине, так что невозможен одинаково плотный за-

<sup>423</sup> Подобное испытание целесообразно лишь, когда оно ставит целью изучение влияния прессования и последующего дробления на свойства массы.

жим пластинки по всей ширине, то применение слишком широких пластинок недопустимо. Для сравнимости испытаний предпочтительно придерживаться постоянной ширины полосок, например 20 мм.

Первой операцией после изготовления образцов является их точный промер с помощью микрометра. Запись промеров дает возможность вводить коррективы при отнесении нагрузки к сечению излома.

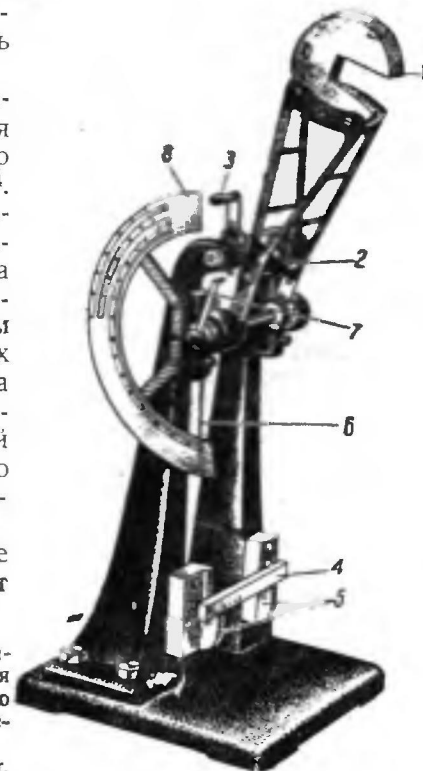
Взвешивая нормальные бруски, имеющие постоянный размер, удобно по этим данным составлять предварительное суждение об удельном весе массы.

### Прочность на излом

В условиях эксплуатации граммофонная пластинка может подвергаться, главным образом, двум опасностям — ударам (например при падении) и излому (например при неудачном взятии за край). Соответственно этому испытывается динамическая и статическая прочность пластинки на излом.

Динамическое испытание на излом служит для определения прочности на удар или, иначе говоря, хрупкости<sup>424</sup>. Испытание производится с помощью копра типа Шарпи малой модели, показанного<sup>425</sup> на рис. 237. Испытание по Шарпи характеризуется свободным положением образца на двух опорах (в отличие от маятника Изода, в котором брусок закреплен на одном конце, а второй свободен). Определяющие это положение размеры приведены<sup>426</sup> на рис. 238.

Техника испытания крайне проста: стрелку копра 6 ставят



<sup>424</sup> Иногда подчеркивают, что прилагаемая к бруску нагрузка является изгибающей и потому говорят о прочности к ударному изгибу (немецкое Schlagbiegefestigkeit).

<sup>425</sup> В выполнении фирмы L. Schopper, Leipzig.

<sup>426</sup> Нормы VDE 318, A2.

Рис. 237.

на нуль, маятник 1 поднимается вверх, — при этом заскакивает защелка 2, соединенная с рычажком 3, и держит его наверху. Брусок 4 (не надрезанный в отличие от обычных испытаний металла) укладывается на опоры 5, причем обращается особое внимание на плотное его прилегание к вертикальным стенкам обеих щечек.

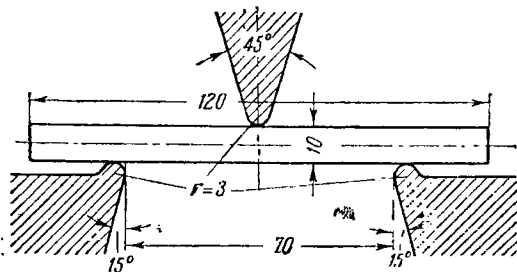


Рис. 238.

Поворачивая рычажок 3, отпускают защелку 2, благодаря чему маятник 1 падает и производит удар. Разбив брусок, маятник продолжает свое движение, поднимаясь вверх с противоположной стороны; при этом жестко сцепленный с маятником палец 7,

захватывая стрелку 6, поднимает ее с собой; она остается таким образом в положении наивысшего вторичного подъема маятника.

Положение стрелки отсчитывается на шкале 8, где нанесены деления в угловых градусах. Рядом нанесена вторая шкала в «исправленных градусах», в которой учтены поправки на трение в подшипниках, на сопротивление воздуха и на усилие захвата стрелки (хотя в самом приборе приняты меры для сведения размера этих поправок к минимуму путем применения шариковых подшипников и т. п.); «исправленные градусы» соответствуют числу градусов, на которое произошел бы подъем при отсутствии подобных потерь.

Перевод градусных значений в величину работы не представляет затруднений.

Обратимся к схеме, представленной на рис. 239. Здесь  $O$  соответствует центру вращения маятника, окружность  $СВА$  представляет линию перемещения центра тяжести. Точка  $A$  соответствует наивысшему положению центра тяжести до удара, точка  $B$  соответствует низшему положению центра тяжести в момент удара, точка  $C$  — наивысшему положению центра тяжести после удара. Если масса падающей части равна  $G$ , а первоначальный подъем ее центра тяжести составлял  $h_1$  над самым низким положением, то потенциальная энергия до

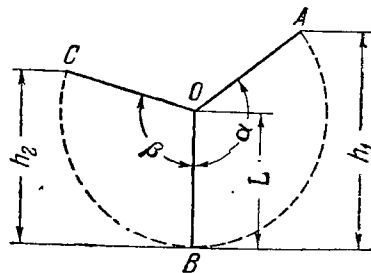


Рис. 239.

удара равна  $Gh_1$ . Если максимальный подъем после удара равен  $h_2$ , то соответственно потенциальная энергия равна  $Gh_2$ . Таким образом работа, затраченная на удар, равна:

$$Q = G(h_1 - h_2). \quad (79)$$

Так как конструктивно удобнее измерять углы (что, как мы видели, и делается в описанном приборе), нежели величины подъема, то в выведенном выражении следует выразить  $h_1$  и  $h_2$  через углы:  $\alpha$  — угол падения и  $\beta$  — угол взлета. Введя для этого константу прибора — величину  $L$  — расстояние от оси вращения маятника до центра тяжести качающейся массы, и ведя счет квадрантам от точки  $B$ , найдем:

$$h_1 = L(1 - \cos \alpha),$$

$$h_2 = L(1 - \cos \beta),$$

следовательно

$$Q = GL(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (79a)$$

Описанный выше прибор фирмы Шоппер имеет константы:

$$G = 0,304 \text{ кг}$$

$$L = 17 \text{ см}$$

$$\alpha = 160^\circ$$

соответственно этому уравнение (79a) принимает вид:

$$Q = 0,304 \cdot 17 (\cos \beta - \cos 160^\circ) = 5,16 (\cos \beta + 0,94) \text{ кг.см.} \quad (79b)$$

При  $\beta = 0^\circ$  (что соответствовало бы случаю *неломящегося бруска*) работа удара:

$$Q_{\beta=0} = 5,16 (1 + 0,94) = 10 \text{ кг.см.},$$

что и отвечает предельным возможностям данного маятника. Кроме описанного маятника в 10 кг.см к прибору прилагается еще второй сменный маятник, имеющий  $G = 1,02 \text{ кг}$  и  $L = 20,2 \text{ см}$ , что отвечает  $Q_{\beta=0} = 1,02 \cdot 20,2 (1 + 0,94) = 40 \text{ кг.см}$ . К последнему маятнику при обычной шелачной массе прибегать не приходится, так как брусок всегда оказывается разбитым и менее точным маятником в 10 кг.см.

При  $\beta \neq 0$  подсчет может производиться либо по выведенной выше формуле, либо по таблицам, составленным на основе этой формулы и прилагаемым обычно к прибору.

В том и другом случае надлежит исходить из значения по шкале исправленных градусов. Отсчет по шкале достаточно вести с точностью  $1^\circ$ .

Работа по разбрасыванию частей бруска поправками в исправленных градусах не учитывается; иногда рекомендуют поэтому особые приемы<sup>427</sup> для учета этой неточности, однако на практике обращается к ним нет надобности, пока в удельном весе масс нет особенно сильных отличий.

<sup>427</sup> Например, Зомерфельд (см. сноску 422), стр. 316.



Найденная величина  $Q$  относится обычно к единице поперечного сечения <sup>427a</sup> образца (имеющего поверхность  $S$ , измеренную в  $см^2$ ) и выражается как удельная работа удара:

$$q = \frac{Q}{S} \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2 \quad (80)$$

(не следует как это иногда делают, писать  $кг/см$ , так как это, хотя и правильно с точки зрения размерности, делает неясным происхождение величины).

При точном соблюдении размеров нормального бруска  $S = 1,5 \text{ см}^2$  и потому:

$$q = 3,44 (\cos \beta + 0,94) \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2. \quad (81)$$

Легко было бы, пользуясь этой формулой, нанести непосредственно на шкалу прибора прямо значения  $q$ ; если этого не делают, то лишь из соображений практической нестабильности величины  $S$  (из-за неточности размеров бруска). Этим подчеркивается необходимость основываться всегда на действительных промерах образца. Вместе с тем нанесение упомянутой выше шкалы для  $q$  может быть рекомендовано для быстрых ориентировочных суждений.

Прибор должен, конечно, устанавливаться строго по отвесу — судить о правильности установки прибора легко по стрелке  $b$ , при этом, однако, обязательна и поперечно-правильная установка, достигаемая с помощью уровня, вделанного в плиту прибора. Прибор обязательно должен быть прочно установлен на безукоризненно жестком основании — даже незначительное колебание этого основания при качании маятника приводит к неточности в работе.

Маятник, как и все приборы, должен время от времени подвергаться проверке. Удобный способ проверки маятника — подсчет его колебаний. Продолжительность ста полных колебаний описанного маятника в  $10 \text{ кг} \cdot \text{см}$ , отпущенного из положения полного исходного подъема, составляет 125 сек.

Так как прочность на удар обычно понижается с понижением температуры, следует помимо испытаний при нормальной температуре проводить испытания заморозенных образцов ( $-20^\circ$ ). Это рекомендуется нормами VDE и вполне уместно в рассматриваемом случае, так как пластинка может попадать

в условия самого разнообразного климата. Из всех испытаний морозостойкости испытание на копре наиболее целесообразно.

Хрупкость может измеряться не только на брусках из массы, но и на полосках из готовой пластинки, — в последнем случае необходимо видоизменить установку щечек таким образом, чтобы полоска также имела соприкосновение с бойком по всей его грани, а не в нижней лишь точке, для чего придется выдвинуть эти щечки вперед.

Хрупкость брусков из нормальной шпательной массы — величина порядка  $1,5 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$ .

Из испытания на копре можно извлечь, кроме того, и некоторые качественные указания; так, следует обязательно обращать внимание на характер излома — раковистый, стекловидный, рыхлый и т. д., и на форму поверхности излома — при известном навыке эти признаки дают полезные указания для суждения о материале; например, хрупкие массы обычно дают прямой излом, вязкие — изогнутый.

Статическое испытание на излом может осуществляться различным образом. Автор использовал для полосок, вырезанных из пластинок, прибор Наумана, предназначенный его конструктором <sup>428</sup> для испытаний не пластинок, а папок и картонов. Так как аппарат этот не приводится обычно в литературе по испытаниям пластмасс, он будет здесь описан обстоятельно.

На рис. 240 представлен разрез, а на рис. 241 кинематическая схема прибора. Образец зажимается между щечками верхнего зажима  $A$  и нижнего  $B$ . Оба эти зажима связаны с совершенно различными кинематическими цепями, между собой не связанными; лишь когда вставляется образец, создается связь этих двух кинематических цепей через образец.

Верхний зажим  $A$  жестко сцеплен с валом  $M$ , на котором с другой стороны жестко закреплен рычаг  $N$  с грузом  $G$ .

Нижний зажим  $B$  укреплен на большом червячном колесе  $K$ , входящем в зацепление с червяком  $I$ , приводимым во вращение маховичком  $H$ .

Вставив образец, вращают маховичок  $H$  по часовой стрелке — это заставляет колесо  $K$  вращаться против часовой стрелки. Жесткость образца приводит к тому, что верхний зажим также отклоняется против часовой стрелки и заставляет рычаг  $N$  с грузом  $G$  отклоняться в том же направлении (см. стрелки на рис. 241).

Отклонение рычага из вертикального положения и создает изгибающий момент, действующий на образец, так как груз

<sup>427a</sup> Если желательно производить сравнение результатов испытаний образцов разной формы, то предпочтительно относить величину  $Q$  к единице объема образца (длинной при этом считается расстояния между опорами), так как по теории Мозера работа, воспринимаемая единицей объема образца, постоянна для данного материала и не зависит от формы испытываемого образца. См. Одинг И. А., Прочность металлов, 1932, стр. 100.

<sup>428</sup> Naumann M., Ein neuer Apparat zur Prüfung der Biegefestigkeit, und des Biege winkels von Pappen usw. Wochenblatt für Papierfabrikation, 1924, 55; 33: 2073—7. 35: 2202—5. 36: 2263—8.

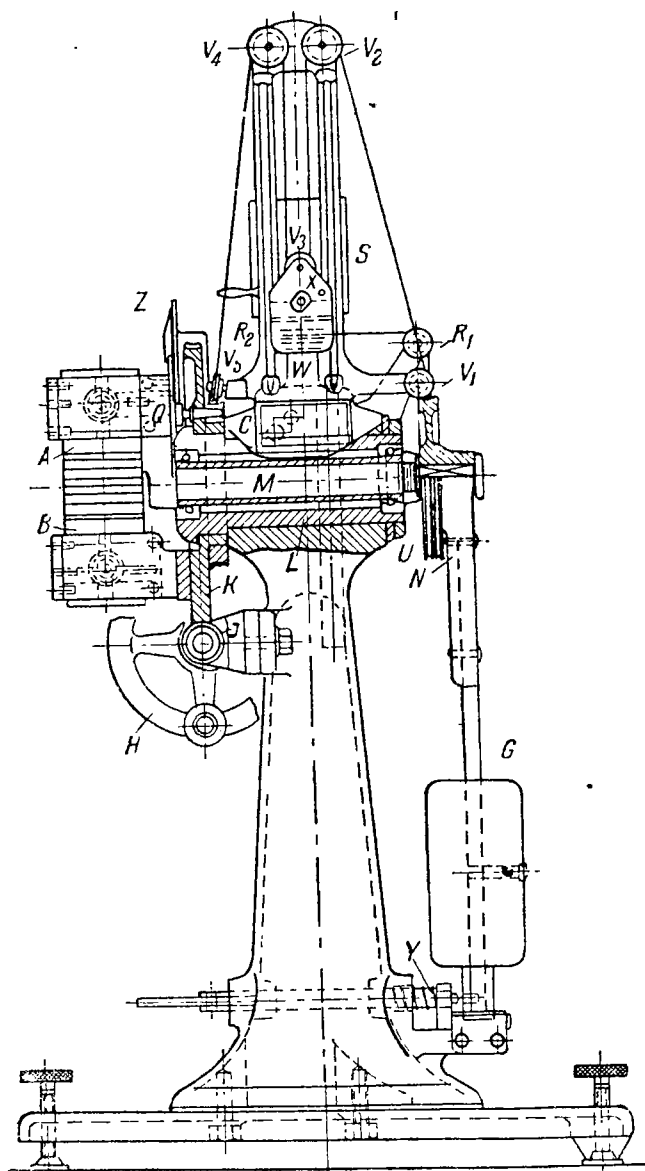


Рис. 240.

стремится занять самое низкое возможное положение. Нагрузка на образец возрастает пропорционально синусу угла отклонения, и при некоторой величине нагрузки происходит надлом образца <sup>429</sup>.

Угол отклонения рычага, характеризующий нагрузку, указывается на неподвижном циферблате Z стрелкой, скрепленной с верхним зажимом.

Этот угол благодаря изгибу образца обычно меньше угла, на который повернулось колесо K; разница между этими двумя углами характеризует угол изгиба  $\varphi$  образца, легко отсчитываемый по положению той же стрелки относительно другого циферблата, вращающегося вместе с колесом K. Эти две величины — нагрузка и угол излома — характеризуют образец при рассматриваемом испытании.

Нетрудно подсчитать напряжение  $K_b$ , при котором происходит надлом. Как известно <sup>430</sup>:

$$K_b = \frac{M}{W} \text{ кг/мм}^2,$$

где  $M$  — изгибающий момент в  $\text{кг} \cdot \text{мм}$ ,

$W$  — момент сопротивления в  $\text{мм}^3$ .

Однако момент сопротивления равен:

$$W = \frac{I}{\tau} \text{ мм}^3,$$

где  $I$  — момент инерции в  $\text{мм}^4$ ,

$\tau$  — толщина образца в  $\text{мм}$ .

Соответственно устройству прибора точка O стыка правых частей зажимов при вращении остается на месте (другими словами, здесь находится нейтральный слой). Поэтому момент инерции должен быть взят относительно основания. Он равен:

$$I = \frac{b^3}{3} \text{ мм}^4,$$

где  $b$  — ширина образца в  $\text{мм}$ .

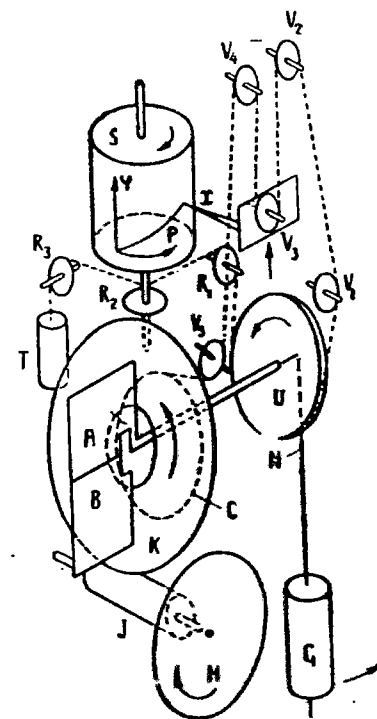


Рис. 241.

<sup>429</sup> Моментом надлома считается возникновение первой трещины, если образец не надламывается сразу полностью.

<sup>430</sup> См., например, ТимOSHЕНКО С. П., Курс сопротивления материалов, Киев 1918, стр. 115.

Таким образом имеем:

$$K_b = \frac{M}{W} = \frac{M\tau}{I} = \frac{3M}{b\tau^2}. \quad (82)$$

Для вычисления  $K_b$ , величины  $b$  и  $\tau$  легко найти прямым обмером, а величину  $M$  дает прибор. При этом нужно иметь в виду, что на циферблате прибора нанесена не величина изгибающего момента  $M$ , а сила  $P$ , создающая этот момент при некотором плече (так как  $M = P \cdot r$ ), причем плечо  $r$  условно принято <sup>431</sup> равным 50 мм. Поэтому окончательно получаем:

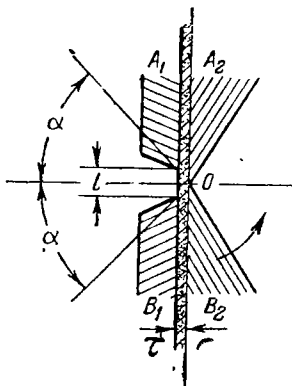


Рис. 242.

$$K_b = \frac{150 \cdot P}{b\tau^2} \text{ кг/мм}^2. \quad (83)$$

При максимальной для этого прибора ширине образца  $b = 50$  мм формула принимает вид:

$$K_b = \frac{3P}{\tau^2} \text{ кг/мм}^2.$$

Для того чтобы создать однообразный характер распределения нагрузки в образцах различной толщины, зажимы устроены таким образом, что сдвиг левых щечек  $A_1$  и  $B_1$  происходит под углом  $\alpha = 45^\circ$  (рис. 242) и потому имеет место соотношение:

$$l = 2 \cdot \tau \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2\tau, \quad (84)$$

другими словами, имеется прямая пропорциональность между  $l$  и  $\tau$  (значение  $\tau$  ясно из рис. 242).

Не следует, однако, думать, что существование подобного устройства полностью обеспечивает сравнимость образцов разной толщины. Напротив, не следует забывать, что обычно в самом материале нет полной однородности свойств во всей толще излома и потому предпочтительно придерживаться образцов постоянной толщины и, во всяком случае, не делать сопоставлений образцов разной толщины без оговорки об отличии этой толщины <sup>432</sup>.

<sup>431</sup> Выбор такого плеча объясняется тем, что при такой величине легка градуировка прибора, так как радиус паза в колесе  $U$  равен 50 мм. Таким образом для проверки прибора следует закреплять на колесе  $U$  канатик и подвешивать на нем груз, который и должен быть равен нанесенным на циферблате значениям  $P$ .

<sup>432</sup> То же касается угла изгиба. Например, для картонов найдено, что этот угол падает с увеличением толщины.

Прочность на излом нормальной шеллачной пластинки, измеренная на этом приборе, — величина порядка 1,7 кг/мм<sup>2</sup>; угол изгиба около 3°.

Прибор снабжен регистрирующим устройством, рисующим диаграмму в координатах  $P\phi$ .

Запись нагрузки обеспечивается благодаря тому, что через укрепленное на валике  $M$  колесо  $U$  перекинут канатик, оттягиваемый далее через ролики  $R_1, R_2, R_3$  грузом  $T$  (движущимся внутри направляющей трубы). Таким образом поворот рычага  $N$  вызывает соответствующий поворот барабана  $S$  и этим отмечается нагрузка  $P$  (рис. 241).

Для записи угла изгиба образца служат второй канатик, идущий от того же колеса  $U$  через направляющие ролики  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$  к колесу  $C$ , имеющему тот же диаметр что колесо  $U$ , но скрепленному не с валиком  $M$ , а с колесом  $K$  (помощью шпика  $Q$ ). Ролик  $V_5$  сидит на ползунке  $W$ , могущем перемещаться по вертикали и несущем пишущее острие  $X$ .

При наличии изгиба образца, как уже говорилось выше, угол вращения верхнего зажима обычно меньше угла вращения колеса  $K$ ; в такой же, следовательно, мере угол вращения колеса  $U$  меньше угла вращения колеса  $C$ . Тем самым, благодаря тому что при вращении обоих колес  $C$  и  $U$  против часовой стрелки канатик сходит с колеса  $U$  и наматывается на колесо  $C$ , укорачивается длина свободного канатика и подъем ползунка отмечается угол изгиба  $\phi$  (рис. 241).

Для того чтобы после излома, когда рычаг оказывается свободным и начинает качаться, как маятник, не пачкалась диаграмма, в приборе предусмотрен улавливающий стопор  $Y$ , задерживающий маятник в его нижнем положении.

Прибор Наумана позволяет легко испытывать грампластинку, как таковую, а не в виде нормальных брусков. Это представляет особую ценность при сравнении нормальных пластинок с пластинками других типов, например слонстыми.

При испытании на этом приборе прокладочных пластинок на бумаге следует помнить, что свойства самой бумаги различны в долевом и поперечном направлении и потому вырезать пробы надо однообразно <sup>433</sup>.

Прибор Наумана позволяет производить еще целый ряд интересных испытаний, из которых мы отметим испытания на усталость и особенно испытание гистерезиса. Для последнего испытания образец не доводится до разрыва и нагрузка постепенно снимается — возвращенный в исходное положение образец обладает уже несколько иными свойствами (например имеет остаточную деформацию). Для некоторых пластинок других типов испытания гистерезиса могут дать даже более интересные результаты, чем сами испытания излома.

Так как прибор Наумана имеет не механический, а ручной

<sup>433</sup> Если долевое направление не может быть установлено, следует вырезать полоски в разных направлениях и считать долевым то, при котором наблюдаются наибольшие значения прочности.

привод, экспериментатор должен выработать привычку равномерного вращения (желательно 0,5 об/сек.).

Прибор этот, поскольку в нем измерение нагрузки основано на отклонении рычага от вертикали, должен устанавливаться точно по уровню.

### Твердость

О значении твердости говорилось в § 111. Там упоминалось уже, что твердость материала может оказаться различной, смотря по способу увеличения поверхности материала.

При всех методах увеличения поверхности на испытуемый

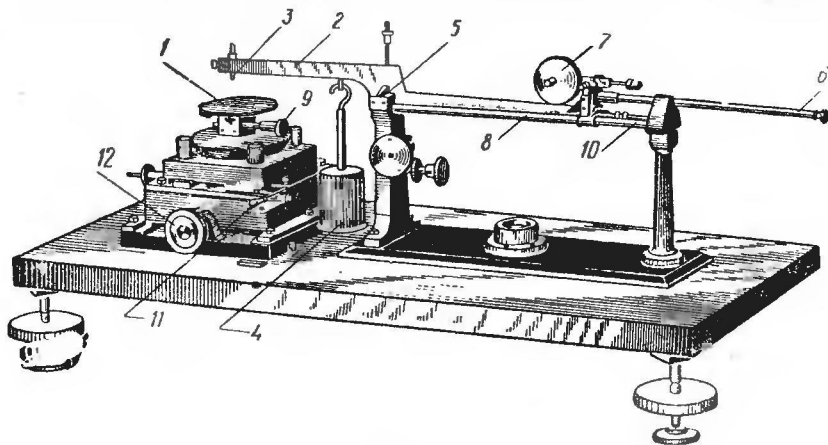


Рис. 243.

образец налагается известная нагрузка, производящая местное давление на материал, причем если имеется относительное перемещение нагружающего тела и образца, сопровождаемое снятием стружки, мы имеем дело с царапанием, а если нагружающее тело лишь внедряется вглубь образца, — имеем случай вдавливания, т. е. местного сжатия.

При эксплуатации граммофонных пластинок имеют дело с царапающей нагрузкой. Поэтому приборы, измеряющие твердость царапанием, представляют особый интерес в данном производстве.

Метод царапания применяется в значительном числе вариантов. В технике испытания лаковых пленок применяется ряд царапающих приборов (например Клемена, Дюпона и др.<sup>434</sup>). Для испытания минеральных тел царапание предло-

жено было Мосом<sup>435</sup> еще в 1822 г. Один из более совершенных типов приборов для царапания — склерометр Мартенса — представлен на рис. 243.

Образец помещается на столик 1. Для точных измерений рекомендуется приплавить образец в двух местах; при текущих испытаниях квадратов, вырезанных из граммофонных пластинок, удобно просто притирать их на сале, как это практикуется с крышками эксикаторов (при этом притирку следует производить в направлении, перпендикулярном к будущему направлению царапания).

Рабочей частью аппарата является находящееся на коромысле 2 острие 3, оставляющее на образце царапину при движении столика с образцом под этим острием.

Царапающее острие прибора — алмаз, отшлифованный в виде конуса с углом при вершине в 90°. Эта форма острия определяет соотношение<sup>436</sup> между нагрузкой  $P$  и шириной царапины  $d$ .

Представлялось бы, вообще говоря, возможным видоизменить процесс испытания таким образом, чтобы царапание производилось не алмазным острием, а граммофонной иглой, что на вид приблизит условия испытания к условиям эксплуатации, однако на практике подобная замена мало целесообразна.

Нагрузка осуществляется грузом 4, висющим на коромысле. Коромысло опирается призмой 5 на опору станины. По правому плечу коромысла может быть перемещаем с помощью штанги 6 противовес 7, позволяющий изменять нагрузку: значения этой нагрузки нанесены на шкале 8.

Столик с образцом поднимается вращением кремальеры 9 до того момента, пока острия 10 не окажутся стоящими одно против другого, что укажет на правильное положение коромысла. После этого производят самое царапание путем перемещения рукоятки 11 вправо.

С помощью винта 12 столик может быть смещен, так что следующая царапина ляжет параллельно первой рядом с ней.

При испытании проводят целый ряд царапин при разных нагрузках (10—50 г в точке приложения усилия), а затем полученные царапины рассматриваются под микроскопом при увеличении приблизительно в 50 раз. При испытании граммофонных пластинок нагрузка, дающая царапину шириною 40 м,

<sup>435</sup> Некоторые значения твердости по шкале Моса приведены были в табл. VII.

<sup>436</sup> Соотношение имеет характер кривой  $P = Ae^{Bd}$ , где  $A$  и  $B$  коэффициенты,  $e$  — основание нат. лог. Подробности по этому поводу, а также кривые зависимости между нагрузкой и шириной царапины см. в статье: Склерометрия, ТЭ 21; 139.

<sup>434</sup> См. подробнее Гарднер Г., Физико-химическое исследование лаков и красок, 1931, гл. III.

считается мерой твердости. Твердость нормальной шеллачной пластинки не менее 25 г.

Можно было бы пользоваться методом Тернера, при котором мерой твердости принимается нагрузка, дающая еле заметную царапину, но при этом следует заботиться о том, чтобы малая нагрузка соответствующая этой царапине, находилась в пределах достаточной чувствительности прибора.

Из соображений практической простоты иногда ограничиваются определением ширины царапины при одной неизменной нагрузке; поступать так, однако, означает получать от прибора меньше того, что он способен дать, и вообще работать неточно, так как лишь при одинаковой форме царапины величины вполне сравнимы.

Точность результатов метода царапания определяется, главным образом, точностью измерения ширины царапины. Однако последнее часто бывает затруднительным, так как край не получается достаточно ровным. Поэтому для получения надежных количественных характеристик метод царапания следует считать в применении к пластинкам мало удобным.

Так или иначе остается ценной *качественная* характеристика стандартно произведенной царапины: степень однородности рваного края, размер вырванных частиц и т. п. Эти признаки очень ценны, хотя и дают указания лишь привычному глазу.

Метод вдавливания имеет большую историческую давность (уже в 1772 г. Реомюр пользовался для определения твердости вдавливанием призм) и также существует

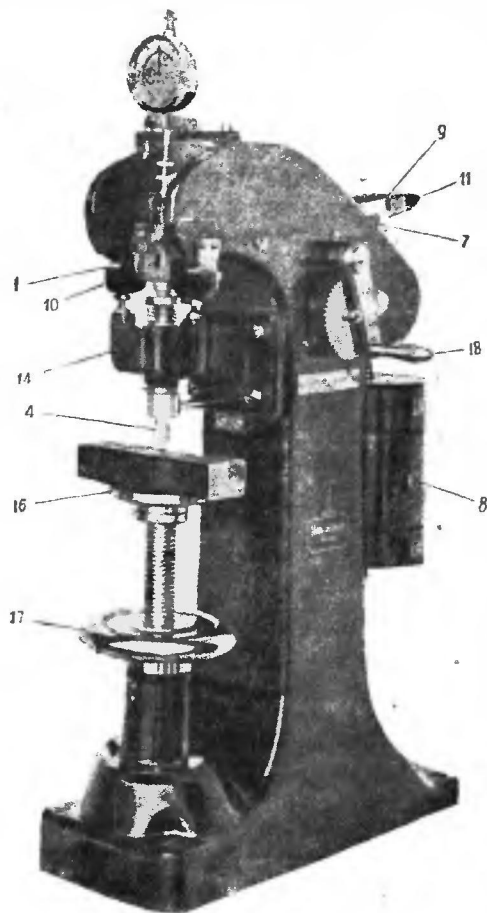


Рис. 244а.

в очень многих разновидностях. Эти разновидности отличаются, прежде всего, по форме давящего тела; в качестве последнего предложены: вершина конуса, шар, вершина призмы, основание цилиндра и т. п.; из всех этих форм для пластмасс наиболее приемлема форма шара. Второе отличие состоит

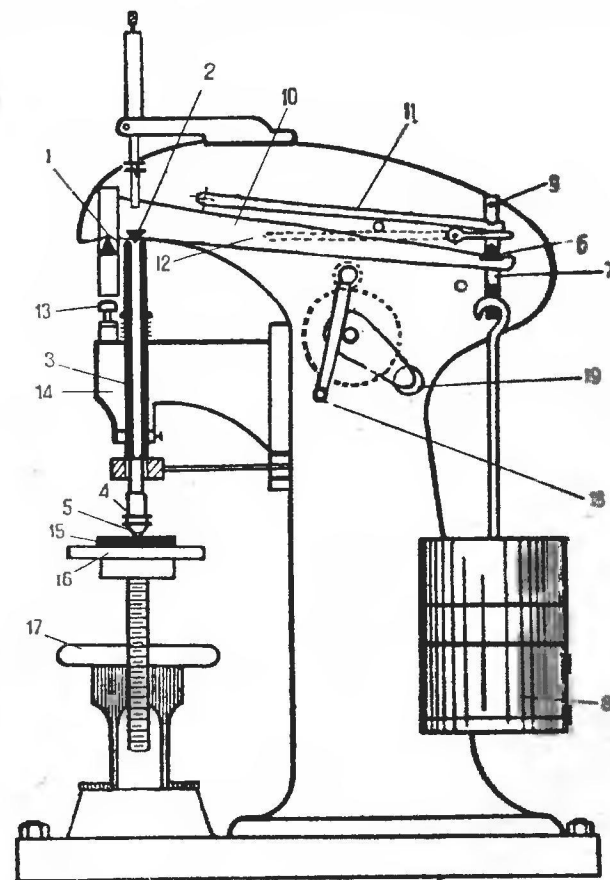


Рис. 244б.

в характере самого приложения нагрузки — толчком или с некоторой постепенностью. Наконец, отличны и методы измерения.

Шариковая проба предложена в 1901 г. шведским инженером Бринель (Brinell) и поныне пользуется широким распространением в металлопромышленности. Для испытания пластмасс применяют аппараты подобного типа, но рассчитанные на значительно меньшие нагрузки и имеющие более компакт-

ные размеры. Такой аппарат представлен на рис. 244 а и в разрезе на рис. 244б.

Принцип устройства прибора прост. Существенным элементом прибора является рычаг второго рода 10, осью вращения которого являются точки 1. Призматические ножи, находящиеся на рычаге и обращенные рабочими ребрами вверх, опираются (опора находится *сверху*) в этих точках в призматические подушки станины. На *малом* плече рычага сидит другая призма 2, толкающая своим обращенным книзу рабочим ребром шпиндель 3, на котором в специальной насадке 4, сидит шарик 5.

На большом плече рычага находится призма 6, на которую опирается рамка 7, поддерживающая на штоке грузы 8, составленные из нескольких дисков и имеющие радиальные прорезы для удобной насадки на шток. В нерабочем, показанном на рис. 244а, положении прибора эта рамка вместе со штоком и грузами подхватывается за выступы 9 отводкой 11, поднимаемой вверх путем переведения из горизонтального в вертикальное положение специальной рукоятки 12, находящейся по другую сторону станины и потому не видимой на рис. 244а.

Для того чтобы рычаг 10 не падал в ненагруженном состоянии (свойственном нерабочему положению), он имеет на это время поддержку, осуществляемую шаровыми головками двух винтов 13, ввинченных в тело консоли 14; в рабочем положении рычаг, конечно, не находится более в соприкосновении с этими винтами.

Испытуемый брусок 15, лежащий на столике 16, подводится к шарiku вращением маховичка 17. Самая нагрузка дается не толчком, а постепенно, путем равномерного вращения ручки 18 против часовой стрелки, благодаря чему сидящий на оси зубчатого колеса палец с роликом 19, служащий добавочной опорой рычага, постепенно уходит от этого рычага. На рис. 244 б прибор показан в рабочем положении.

Недостатком прибора является неравномерность скорости нагружения, которая могла бы быть смягчена при применении масляного катаракта.

Образец, уложенный на столик, поднимается вращением маховичка до такого положения, чтобы образец плотно соприкасался с шариком (при этом стрелка индикатора достигает нуля, левее которого она находится без нагрузки).

Первоначально пользовались промером диаметра отпечатка (с помощью так называемой лупы Бринеля), но затем было установлено <sup>437</sup>, что такой способ неточен вследствие заминания или выпучивания края и в настоящее время принято из-

мерение не диаметра отпечатка, а глубины вдавливания (т. е. наибольшего смещения по нормали от начальной поверхности). Отсчет по диаметру отпечатка неточен еще и в том отношении, что (в результате упругого последействия) после снятия нагрузки происходит уменьшение глубины вдавливания. Поэтому глубина отпечатка должна **обязательно** измеряться под нагрузкой <sup>437а</sup>, а не путем последующего промера. Циферблат, который виден на приборе, и является таким индикатором глубины вдавливания; он дает показания с точностью до 0,01 мм; отсчет производится под нагрузкой.

Площадь шарового сегмента, отвечающего глубине вдавливания при диаметре шарика  $d$ , равна  $\pi dh$ . Нагрузка  $P$ , отнесенная к единице шаровой поверхности, т. е.

$$H_{Br} = \frac{P}{\pi dh} \quad (85)$$

принимается за меру твердости по Бринелю и выражается в кг/мм<sup>2</sup>.

По нормам VDE для изоляционных материалов принята <sup>438</sup> нагрузка  $P=50$  кг, а диаметр закаленного стального шарика  $d=5$  мм; при этих условиях:

$$H_{Br} = \frac{50}{\pi 5h} = \frac{3,18}{h} \text{ кг/мм}^2 \quad (85а)$$

Ввиду того что под нагрузкой в 50 кг грампфонные пластинки довольно часто раскалываются, для них применяют нагрузку в 25 кг.

Для того чтобы испытание это могло претендовать на точность и давало сравнимые результаты, необходимо соблюдать определенные условия. Так, вдавливание происходит с известной постепенностью, поэтому нужно производить отсчет через определенный промежуток времени (10 сек., 1/2 мин., минуту) после дачи нагрузки, по секундомеру или подходящим песочным часам. Самая нагрузка должна быть дана достаточно быстро, но без толчка.

Следует заботиться также о том, чтобы нагрузка не прилагалась слишком близко (< 7 мм) от края образца, чтобы образец опирался на подставку всей поверхностью (не был коробленый), чтобы толщина образца не была чрезмерно малой (не меньше 7 h) <sup>439</sup>, чтобы оси соседних вдавливаний не при-

<sup>437а</sup> Ср. Третьяков А. Г., Методы испытания механических свойств пластических масс. Информ. сборн. № 14 ВИАМ, стр. 5б.

<sup>438</sup> Норма № 318.

<sup>439</sup> Поэтому следует избегать, особенно при упругих, недостаточно твердых массах, сопоставлений результатов вдавливания на брусках с результатом, полученным на пластинках.

<sup>437</sup> См. Одинг И. А., Прочность металлов. М.-Л. 1932, стр. 91, где имеются дальнейшие ссылки на оригинальную литературу.

ближались друг к другу более чем на 13 мм, чтобы поверхность в месте испытания была достаточно гладкой и т. д.

Прибор снабжается сменными вдавливающими наконечниками разных диаметров. Общая нагрузка прибора может изменяться. Однако без крайней нужды не следует менять вдавливающий наконечник или нагрузку, так как это уменьшает сопоставимость результатов. Если приходится применить шарик другого диаметра, то следует иметь в виду, что нужно изменить одновременно и нагрузку так, чтобы нагрузки относились между собой, как квадраты диаметров шариков.

Твердость нормальной шеллачной пластинки, измеренная на этом приборе, составляет около 15 кг/мм<sup>2</sup>.

Метод испытания толчком предложил Шоре (Albert F. Shore); осуществляется оно на так называемом склероскопе Шоре, указывающем высоту отскока бойка, падающего на испытуемый брусок с постоянной высоты. К сожалению, отклонения при параллельных испытаниях в разных точках одной и той же пластинки часто превышают различия между значениями, получаемыми для двух различных масс, и потому этим испытаниям можно доверять, лишь когда выводятся средние из очень большого числа наблюдений. Об этом приходится пожалеть, так как в принципе прибор, основанный на измерениях мгновенной реакции массы на толчок, должен быть очень интересен с точки зрения рассматриваемой продукции. Пластинка нормального типа дает на этом приборе значение 45—50. Комплексность показаний этого прибора обнаруживается наглядно в том, что величину такого порядка дают также столь отличающиеся материалы, как каучук и мягкое железо.

Испытание нагрузкой качения является особым случаем. При этом испытании небольшая шаровая поверхность совершает возвратно-поступательное движение качения по испытуемому образцу. Так как при этом поверхность образца, приходящая в соприкосновение с шаровой поверхностью, имеет линейную протяженность не более  $\pi r$ , а  $r$  — радиус этой шаровой поверхности — очень мал, то практически зона испытания оказывается не большей, а даже меньшей, чем при испытании вдавливанием, при котором и нагрузки применяются большие.

Испытание это производится с помощью так называемых маятников. Впервые маятниковый принцип предложен в 1898 г. Менделеевым<sup>439a</sup>; промышленный образец создан в 1924 г. Гербертом (Herbert). Для испытаний грампластинок удобнее видоизменение этого прибора в виде очень простого маятника Кузнецова<sup>208</sup>, представленного на рис. 245.

Здесь 1 — испытуемый образец, лежащий на неподвижной опоре 2. В образец упираются две грампластиночные иглы 3, укрепленные в зажимах, составляющих одно целое с рамкой 4, несущей внизу груз 5. Рамку заставляют качаться на иглах и наблюдают через короткие промежутки (15—30 сек.) изменение амплитуды качания. Последнюю измеряют, либо наблюдая движение конца 6 относительно линейки, либо следя за отражением светового зайчика от зеркальца 7.

Поскольку в маятнике Кузнецова применены грампластиночные иглы,  $r \approx 30$  р. В маятнике Герберта  $r = 500$  р.

Груз в маятнике Кузнецова берется тем больший, чем больше твердость материала. Для грампластинок удобен груз в 1 кг. Чем меньше твердость образца, тем больше энергии затрачивается на его разрушение при качении и тем, следовательно, быстрее затухание колебаний маятника.

За меру твердости принимают обычно время, нужное для определенного затухания амплитуды, либо отношение этого времени ко времени одинакового затухания некоторого материала, принятого за эталон, либо<sup>440</sup> обратную величину начального значения скорости относительного понижения амплитуды.

Последняя величина удобно определяется графически, если строить кривую в координатах амплитуда — время и засекать начальным направлением этой кривой отрезок на оси времени: величина этого отрезка, выраженная в секундах, и представляет твердость.

Проводя испытания подобным маятником, необходимо иметь в виду практические различия в твердости и радиусе закругления отдельных игл, а между тем величина эта должна считаться основной константой прибора. Поэтому для более точных исследований пользуются небедитовыми остриями<sup>440</sup>.

При всех механических испытаниях наблюдения должны производиться при нормальной температуре, причем температуру эту должен успеть принять перед испытанием и сам образец. Для тех масс, которые обнаруживают гигроскопичность, следует заботиться также об испытаниях при постоянной влажности воздуха и образца.

Между отдельными испытаниями всегда бывают отклоне-

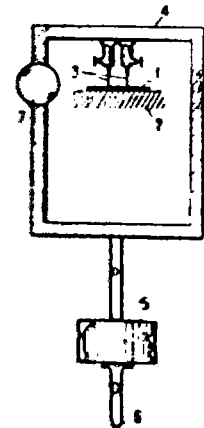


Рис. 245.

<sup>440</sup> Ребиндер П. А. и Калиновская Н. А., Физико-химическая склерометрия и процессы диспергирования при механической обработке твердых тел, П. ЖТФ, 1932, 2; 7—8:726—55.

<sup>439a</sup> Давиденков Н. Н., Динамические испытания металлов, 1929.

ния, и потому следует при механических испытаниях производить не менее 3—10 параллельных проб. Помимо среднего значения, найденного из этих испытаний, следует указывать обнаруженные наименьшие и наибольшие значения. Так как разброс полученных значений бывает обычно при механических испытаниях значительным, а самое отклонение изучаемой величины невелико, то для получения надежных выводов при принципиальных исследованиях число параллельных проб должно быть еще значительно увеличено.

Испытание истираемости граммофонных пластинок, хотя и существенное в эксплуатационных условиях, на существующих машинах для испытания истираемости (предназначенных, например, для текстильных изделий, резины, металлов) нецелесообразно, так как характер этих испытаний далек от условий эксплуатационной службы пластинок.

### 168. Термические испытания

Для термопластических масс имеют значение механические испытания не только при обычной, но и при повышенной температуре, во-первых, потому, что поведение нагретой массы особенно существенно для производственных процессов, во-вторых, потому, что механические свойства пластинки должны возможно менее ухудшаться при несколько более высокой, чем обычно, температуре, могущей иметь место в условиях жаркого климата.

Механические испытания при повышенных температурах можно было бы, вообще говоря, проводить и с помощью обычных приборов, описанных выше, помещая приборы в камеры с повышенной температурой. Однако не все приборы достаточно приспособлены к последней возможности и потому для этой цели созданы специальные методы. Некоторые из них более удобны для испытания связующих в отдельности, другие — для композиций.

Рассмотрение начнем с метода, наиболее близкого к чисто химической практике, именно, с метода Кремер-Сарноу, и опишем его в варианте, несколько видоизмененном специально для исследования смол, так как в обычном своем выполнении он в применении к смолам неудобен<sup>441</sup>.

По методу Кремер-Сарноу-Нагеля стеклянная трубочка с внутренним диаметром 5 мм, на расстоянии ровно 10 мм от края, сужающаяся плавным конусом до диаметра 3 мм, ставится на лист белой бумаги и в нее аккуратно засыпается очень тонко измолотый порошок исследуемой смолы, который утрамбовывается затем маленьким деревянным шом-

полом так, чтобы высота загруженной смолы была точно 10 мм (на трубочке имеется метка), что соответствует обычно 120—150 мг смолы. Затем в трубочку на смолу заливают ровно 5 г ртути.

Трубочка укрепляется вместе с термометром внутри пробирки (служащей воздушной баней), и, наконец, все вместе погружается в глицериновую баню. Температуру поднимают быстро до уровня, лежащего градусов на 25 ниже точки размягчения (по предварительному определению), выдерживают при этой температуре 15 мин. для выравнивания температур и затем очень старательно повышают температуру ровно на 1° в минуту.

Температурой размягчения считают ту, при которой произойдет прорыв ртути. При условии тщательного выполнения этот метод дает результаты, колеблющиеся в узких пределах (например для шеллака TN между 80 и 85°). Для некоторых ископаемых копалов, например для занзибарского с «гусиной» поверхностью, могут встретиться трудности вследствие выделения газов — для подобных случаев этот метод не применим.

Испытание по этому методу, по существу, представляет собой механическое испытание нагретой смолы с помощью постоянной нагрузки.

Другим методом является так называемое испытание истечения (flow test), производимое для шеллака на аппарате, показанном на рис. 246<sup>442</sup>.

В чашечку диаметром 25,4 мм, находящуюся в теле медной болванки, предварительно разогретой (электрическим током, проходящим через проволоку сопротивления, монтированную под болванкой) до 125° (контролируется термометром, вставляемым в болванку возле чашечки), вводят 2 г шеллака, просеянного через сито в 60 меш, накрывают стеклянной пластинкой и ровно через 4 мин. наклоняют болванку под углом 60° к горизонтали и считают мерой текучести шеллака время,

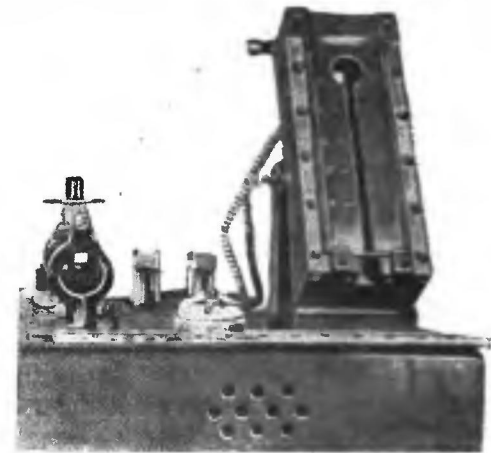


Рис. 246.

<sup>441</sup> Nagel W., Der Erweichungspunkt von Harzen, Siem 1925, 4; 2:321.

<sup>442</sup> Parry E. J., Schellac, London 1935, стр. 114—8.



необходимое для вытекания шеллака на 127 мм по ведущему от чашечки жолобу глубиной 12,7 мм и шириной 6,4 мм.

Описанный здесь прибор предложен Мак-Лейном (Mc Lain) и специально рекомендован для шеллака. Однако отдельные фирмы грамофонных пластинок, сохранив его принцип, в той или иной мере видоизменили технику, так что цифровые значения у разных фирм различны.

Известны еще более примитивные методы, как, например <sup>443</sup>, метод фирмы Victor, в котором определяется длина, на которую протечет шеллак (2 г) в пробирке, нагретой до 100° и наклоненной на 15°.

Фирма Columbia применяет проверку поведения шеллака при нагреве по методу вытягивания нитей <sup>442</sup>. Хотя метод этот отличается простотой выполнения, он все же не может претендовать на стандартность, так как дает вполне однообразные результаты лишь при условии, если выполняется постоянно одним и тем же человеком.

Применение более сложных и совершенных дуктилометрических методов, насколько известно, не осуществляется в этой промышленности, как, впрочем, не применяются и другие родственные методы близких отраслей (например определение температуры каплепадения, температуры застывания, вискозиметрия и т. п.). Это может быть объяснено тем, что последние методы ближе к жидко текучему состоянию, менее существенному для данного производства, чем жидко вязкое.

Из более совершенных приборов для испытания шеллака пригоден пластометр Гувинка <sup>203</sup>, являющийся видоизменением для случая смол часто применяемого в резиновой промышленности пластометра Вильямса (Williams).

Приведенные выше методы, как уже говорилось, предназначены для связующих. Для испытания композиций из связующих с наполнителями методы эти менее удобны.

Испытания композиций производятся обычно на нормальных брусках. Остановимся на трех предназначенных для этой цели методах.

Относящаяся к числу пенетрометрических методов испытания широко принятая в цементной промышленности и гла Вика для испытания пластмасс видоизменена Шобом (Shob). Этот прибор показан <sup>444</sup> на рис. 247. На нормальный брусок 1, помещаемый в термостат, давит круглый стержень 2, имеющий плоское основание диаметром 1,13 мм, т. е. поверхностью 1 мм<sup>2</sup>; стержень находится под нагрузкой 5 кг, создаваемой с помощью груза 3. Перемещение стержня отмечается по

шкале 4 рычагом 5. Полная длина шкалы отвечает 2 мм. Показанием прибора считается та температура, при которой произойдет погружение стержня на глубину 1 мм.

Достижение этого момента сигнализируется звонком 6, который начинает звонить благодаря замыканию контактов 7 на шкале. Для контроля прибор снабжен также термометрами 8.

На рисунке видно, что прибор рассчитан на три одновременных определения.

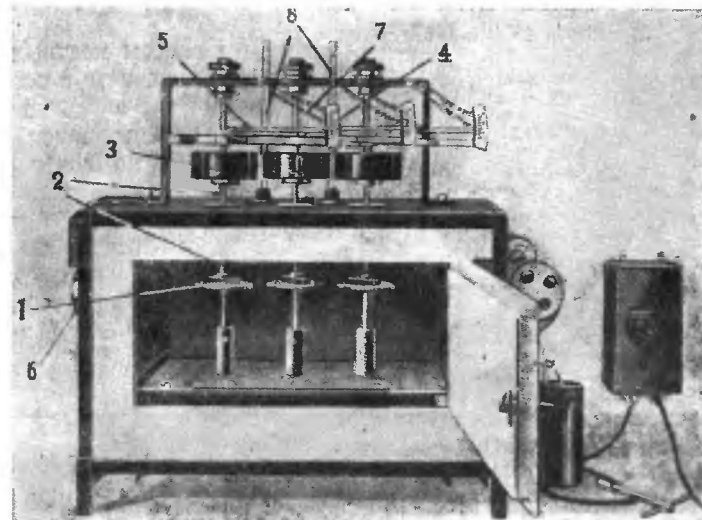


Рис. 247.

В термостате производится равномерный подъем температуры. Подъем температуры производится со скоростью 50° в час.

Осуществляется равномерный подъем, например, с помощью приспособления, показанного на рис. 248.

В шкаф вставляется алюминиевая трубка 1, конец которой 2 укрепляется в коробке 3. К концу 4 этой трубки прикрепляется стержень 5, сделанный из легированной (никелевой) стали инвар, коэффициент температурного расширения которой равен единице. Второй конец этого стержня 6 несет на себе закруленную гайку 7, упирающуюся в рычаг 8, вращающийся относительно оси 9 и оттягиваемый пружиной 10.

При повышении температуры в шкафу алюминиевая трубка расширяется и тянет за собой стержень 5 так, что гайка 7 отклоняет рычаг 8 влево. На рычаге 8 имеется контакт 11, находящийся против контакта 12, помещенного на рычаге 13, вращающемся относительно той же оси 9. Положение рычага 13 устанавливается с помощью винта 14.

<sup>443</sup> Veerman L. C., *Fundamental Physical Properties of Lac. Part I. Thermal properties*, 1935. В этой брошюре приведен еще ряд не упомянутых здесь методов.

<sup>444</sup> В конструкции фирмы Louis Schopper, Leipzig.

упирающегося в этот рычаг; обратное движение обеспечивается пружиной 15.

Таким образом при некотором повышении температуры происходит размыкание контактов 11—12, что вызывает разрыв соответствующей цепи в реле; благодаря этому происходит разрыв в нагревательной цепи шкафа. Положением рычага 13 однозначно определяется таким образом желательная температура. В интересующем нас приборе рычаг 13 несет на себе шестеренку, могущую быть сцепленной с часовым приводом, чем и обеспечивается автоматический подъем температуры с заданной скоростью.

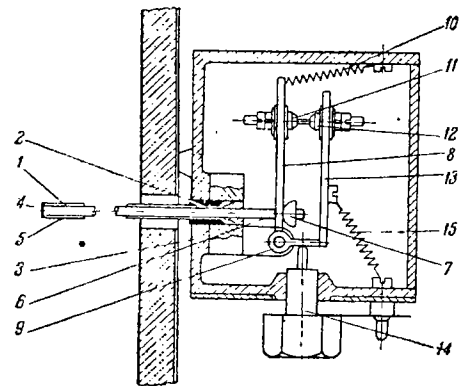


Рис. 248.

Вторым методом, осуществляемым с помощью прибора Мартенса, определяется, как и иглой Вика-Шоба, теплоустойчивость пластмасс; основан он на применении к бруску изгибающего момента. Способ создания изгибающего

момента ясен из рис. 249, где показана схема закрепления бруска. Здесь 1 — испытуемый брусок, 2 — нижняя неподвижная опора, 3 — верхняя опора, составляющая одно целое с рычагом 4, несущим груз 5 и тарелочку 6. На тарелочку 6 опирается штифт 7, несущий в верхней части указатель, отмечающий по шкале изгиб нормального бруска.

Изгибающее напряжение, как известно, составляет:

$$\sigma = \frac{M_u}{W}$$

где  $M_u$  — изгибающий момент, а  $W$  — момент сопротивления.

На рис. 249 рядом со схемой закрепления показана эквивалентная схема балки, свободно лежащей (со свешивающимися концами) на двух опорах, и соответственная эпюра изгибающих моментов. Легко видеть, что:

$$M_u = Gl + gl',$$

где  $G$  — вес груза, равный 0,65 кг,  $g$  — вес рычага, равный

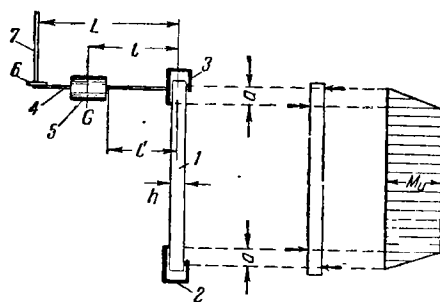


Рис. 249.

0,41 кг,  $l$  — плечо груза, равное 12,9 см,  $l'$  — расстояние от оси до центра тяжести рычага, равное 10 см.

Таким образом  $M_u = 0,65 \cdot 12,9 + 0,41 \cdot 10 = 12,5 \text{ кг} \cdot \text{см}$ .

Что касается момента сопротивления, то он (относительно осевой линии) равен  $W = \frac{bh^2}{6}$ :

$$W = \frac{bh^2}{6},$$

где  $b$  — ширина образца, равная для нормального бруска 1,5 см,  $h$  — высота, равная 1 см.

$$W = \frac{1,5 \cdot 1^2}{6} = 0,25 \text{ см}^3.$$

Отсюда вытекает значение напряжения:

$$\sigma = \frac{M_u}{W} = \frac{12,5}{0,25} = 50 \text{ кг/см}^2.$$

Иначе говоря, испытание на теплостойкость к шкафу Мартенса производится при изгибающем напряжении в 50 кг/см<sup>2</sup>. Такая величина предписана была для подобных испытаний нормами VDE <sup>446</sup>.

Теплостойкостью при этом испытании считается та температура в градусах Цельсия, при которой произойдет опускание на 6 мм штифта, опирающегося на рычаг на расстоянии  $L = 240$  мм от оси изгиба.

Приведенный выше расчет, дающий нагрузку в 50 кг/см<sup>2</sup>, не вполне точен, так как при нем не учитывалось изменение эквивалентной схемы после некоторого изгиба (эквивалентная схема точна лишь в первый момент, так как верхняя опора не неподвижна). Поэтому, в действительности, нагрузка в 50 кг/см<sup>2</sup> не может считаться строго поддерживаемой. Брусок подвергается, кроме того, еще некоторой сжимающей нагрузке. Указательный штифт не свободен от трения, а собственный вес его, заставляющий его перемещаться, невелик. Точность отсчета опускания штифта сама по себе невысока и т. д. Поэтому прибору Вика следует отдать предпочтение.

В приборе Мартенса, как и в приборе Вика, производится параллельное определение трех образцов.

Способ обогрева в термостате Мартенса таков же, как и у Вика — подъем температуры производится также на 50° в час.

При испытаниях по Мартенсу и Вика от момента загрузки образцов до момента их извлечения по окончании испытания открывание дверей шкафа не допускается. Поэтому для осу-

<sup>445</sup> См., например, Hütte, 1926, ч. I, стр. 588.

<sup>446</sup> Норма № 318a.

ществления наблюдения шкафы имеют окна и электрическое освещение.

Брусек из нормальной шеллачной массы показывает теплостойкость около 65 при испытании по Мартенсу и около 80° при испытании по Вика-Шобу. Отличие между теплостойкостью по Мартенсу и Вика не должно удивлять. Оно означает лишь, что принятое изгибающее напряжение по сравнению с принятой сжимающей нагрузкой оказывает более сильное воздействие на материал. Обе величины, как это видно из вышесказанного, условные и отнюдь не указывают на температуру, которую может выдержать пластинка в условиях проигрывания.

Третий способ испытания связан с другим методом приложения нагрузки. На рис. 250 показано приложение нагрузки по способу BERA<sup>447</sup>.

Этот метод приложения нагрузки в сочетании с микрометрическим стрелочным индикатором для указания прогиба особенно интересен для случая испытания не нормального бруска, а полоски, вырезанной из пластинки.

Испытание может быть видоизменено таким образом, что температура (например 40°) поддерживается постоянной и наблюдается прогиб полоски в течение определенного времени или время, нужное для достижения определенного прогиба. Интерес представляет также длительное наблюдение этим методом над полосками при обычных температурах. Наконец, с помощью этого метода можно вести наблюдения и над целыми граммофонными пластинками, укрепленными консольно и прогибающимися от собственного веса.

Говоря об этом методе, очень интересно упомянуть о способе Нагеля-Бауман<sup>276</sup>, состоящем в укреплении палочек смолы одним концом в штатив в горизонтальном положении, так что второй конец провисает от собственного веса.

Для некоторых пластинок других типов существенны также испытания г о р ю ч е с т и, на которых, как имеющих лишь вспомогательное значение, мы здесь останавливаться не будем<sup>448</sup>.

Более интересными с точки зрения близости к технике прессования являются методы испытания композиций истечением, позволяющие судить о т е к у ч е с т и. Таких методов имеется целый ряд<sup>449</sup>. Здесь достаточно будет упомянуть

Более интересными с точки зрения близости к технике прессования являются методы испытания композиций истечением, позволяющие судить о т е к у ч е с т и. Таких методов имеется целый ряд<sup>449</sup>. Здесь достаточно будет упомянуть

<sup>447</sup> Норма B/S.1 Название BERA — сокращенное обозначение The British Electrical and Allied Industries Research Association.

<sup>448</sup> О них см., например, Медорн А. Прессовочные материалы из искусственных смол (пер. с нем.), М. 1925, гл. VII.

<sup>449</sup> Обзор их см. Настюков А. М., Введение в курс технической химии пластмасс, М.-Л. 1934, стр. 18—21.

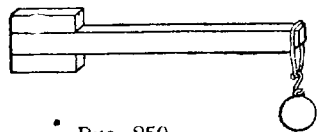


Рис. 250.

о способе фабрики Рашиг (Raschig)<sup>450</sup>, предназначенном, правда, для отверждающихся смол, но оказавшемся пригодным<sup>451</sup> и для термопластических масс. Способ состоит в продавливании порции пластмассы через отверстие в специальной прессформе; о пластичности судят по размерам выдавившегося стержня<sup>451а</sup>.

## 169. Электроакустические испытания

### Измерение негладкости как источника шипения

Из рассмотрения гл. VI нам известно, что гладкость поверхности пластинки определяет уровень ее шипения. Чем ближе к геометрической плоскости форма поверхности пластинки по борту или зеркалу, тем больше оснований полагать, что минимальной будет шероховатость и поверхности канавок. Поэтому очень важным показателем является измерение гладкости пластинки.

Гладкость — очень существенный фактор также в некоторых случаях точного машиностроения. Интересно поэтому познакомиться с методом измерения гладкости, выработанным в точном машиностроении.

В приборе Гаррисона<sup>452</sup> по испытываемой поверхности перемещается санфиоровая игла, вправленная в адаптер, и возникающий в последнем ток подается на осциллограф.

В приборе проф. Берндт (Berndt)<sup>453</sup> запись ведется оптически с помощью небольшого зеркальца, а в качестве острия используется граммофонная игла.

Подобным же образом измеряют в рассматриваемой нами промышленности гладкость граммофонных пластинок.

По поверхности пластинки и притом как раз по наиболее важному ее участку — по канавкам — перемещается граммофонная игла, вставленная в адаптер, и снимаемый с последнего ток подвергается измерению. Испытание это является, таким образом, электроакустическим и имеет тем большее значение для граммофонной пластинки, что исключительно

<sup>450</sup> Krahl, RM 1931, 6:101.

<sup>451</sup> Аксберг Л. Ф. и Шелион В. А., ИМ 1935, 3:20—2.

<sup>451а</sup> В резиновой промышленности делались уже попытки разработки приборов, определяющих пластичность без нарушения хода производственного процесса и без отделения образца от основной массы материала (например Фрумкин Л. С. и Дубинкер Ю. Б., Определение пластичности резиновых смесей непосредственно на работающих вальцах. Каучук и Резина, 1938, 12:8—20), однако прямой перенос подобной аппаратуры в рассматриваемое производство невозможен.

<sup>452</sup> Яхин, Методы контроля качества поверхностей металлоизделий, Машиностроитель 1934, 3:7.

<sup>453</sup> Maschinenbau 1932, 11; 23—4:502.

близко совпадает с нормальными эксплуатационными условиями граммофонной пластинки.

Пример этого совпадения методов испытания гладкости металлических поверхностей и поверхности граммофонной пластинки приведен с целью пояснить специфическую роль электроакустических испытаний, имеющих для граммофонной пластинки главное значение и, вместе с тем, все же характеризующих пластинку косвенно, а не прямо.

Выше неоднократно подчеркивалось, что пластинка осуществляет чисто механическую функцию, почему и требования к ней могут предъявляться лишь механические (точное воспроизведение формы канавок и точное их сохранение при проигрывании).

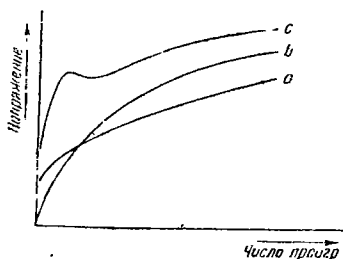


Рис. 251.

Однако легко видеть, что рассмотренные выше механические испытания дают *макрохарактеристики* массы, в то время как особое значение для граммофонной пластинки имеют как раз *микрохарактеристики*. Чисто механическим путем мы эти микрохарактеристики проверить не умеем и потому прибегаем к косвенному электроакустическому измерению, тем более в данном случае оправданному, что оно дает оценку как раз тех механических свойств, которые могут иметь наибольшее влияние на звучание.

Технически измерение гладкости производится обычно на пластинках, отпрессованных со специальных матриц «записи молчания» (производимой с выключенным рекордером), имеющих только холостые канавки. Менее удобно делать это измерение на наружных холостых канавках обычных музыкальных пластинок. Для измерения обычно вращают пластинку с нормальным числом оборотов, устанавливая на нее адаптер с обыкновенной, или, лучше, так называемой «вечной» иглой. Напряжение подается с адаптера на градуированный усилитель, после которого измеряется усиленное напряжение с помощью вольтметра.

По результатам измерения можно судить как об относительном значении начальной гладкости пластинки, так и об ухудшении гладкости с возрастанием числа проигрываний, т. е. об износе пластинки. Так как та или иная степень гладкости определяет собою уровень шипения, то измерение это и называют обычно измерением относительного уровня шипения.

Полученные результаты удобнее всего представлять в координатах напряжение — число проигрываний.

Вид полученных кривых бывает достаточно разнообразен. Примеры нескольких кривых показаны на рис. 251. Рассматривая эти кривые, мы видим, например, что пластинка *b* шипит первоначально меньше пластинки *a*, но обладает малой стойкостью, и потому перегоняет по своему шипению после известного числа проигрываний пластинку *b*. Считая условно то или иное число проигрываний нормальным, можно на основе этих кривых износа отдавать предпочтение той или иной пластинке. Кривая *c* служит примером специфического хода кривой, при котором шипение обнаруживает временное падение в результате некоторого сглаживания иглой стенок канавки.

Измерение это может быть осуществлено очень быстро с помощью кольцевых канавок (т. е. канавок, представляющих оборот эквивалентен одному проигрыванию, так что для получения результата, эквивалентного 200 проигрываниям, достаточно двух минут.

Особенно эффективно это испытание будет в том случае, если использовать регистрирующий вольтметр. Тогда, градуируя ленту, на которой производится запись, непосредственно в числах оборотов пластинки (что может быть достигнуто с наибольшей точностью, когда лентопротяжный механизм имеет привод от синхронного мотора, как и мотор диска для пластинки), получим на этой ленте непосредственную запись нужных нам кривых, подобных представленным на рис. 251.

Неустойчивость степени усиления, отличия между отдельными иглами и т. п. факторы могут влиять на сопоставимость уровней отдельных измерений. Это влияние особенно велико, когда между замерами отдельных пластинок прошел значительный промежуток времени. В таких случаях сравнивают *относительные* приросты шипения, принимая *начальные уровни* их равными единице. Никогда не следует, однако, упускать при этом из виду, что две пластинки, показавшие одинаковый ход кривых нарастания шипения, могут быть весьма различны по величине самого шипения, являющейся, в конце концов, наиболее важной характеристикой, так что один ход кривой нарастания не может еще считаться достаточным для суждения о шипении пластинки.

Отношение силы звука шипения двух пластинок будет, конечно, характеризоваться не отношением снимаемых напряжений, а отношением квадратов этих напряжений<sup>453a</sup>.

Для того чтобы учесть влияние спектрального состава

<sup>453a</sup> В системе ГШП принимают за «нулевой» блик  $b = 625 \mu$ , соответствующий по формуле (38) колебательной скорости  $0,409 \cdot 0,625 = 0,258$  см/сек; величина эта найдена как среднее для большого числа граничных пластинок.

этого шипения, усилителю придается частотная характеристика, соответствующая чувствительности нашего слуха (так называемая *кривая уха*).

Все же подобное измерение не может считаться строго характеризующим шипение, обнаруживаемое в эксплуатационных условиях. Особо нужно подчеркнуть, что канавки с музыкальной записью подвергаются при проигрывании большим усилиям, чем холостые канавки, почему они и изнашиваются гораздо быстрее. Поэтому пластинка с музыкальной записью, проигранная то же число раз, что и пластинка с холостыми канавками, будет изношена сильнее и обнаружит более сильное шипение, хотя оно субъективно и будет менее заметно благодаря маскеффекту. Удобных методов для измерения шипения на музыкальных пластинках, однако, не имеется.

Возможно, конечно, и абсолютное измерение силы звука шипения, однако в этом случае необходимо ввести тот или иной звукоизлучатель, например мембрану с рупором, и измерять звуковое давление с помощью градуированного микрофона, соблюдая определенное взаимоположение звукоизлучателя и микрофона и пользуясь не создающим стоячих волн помещением. Этот метод значительно более сложен, а преимуществ никаких не дает.

Другие измерения шипения, как, например, снятие частотного спектра его и т. п., относятся к числу методов, имеющих значение для экспериментальных исследований, а не для постоянного контроля.

#### Измерение неправильности формы канавок как источника искажений

Из гл. IV мы знаем, что нарушение формы канавок является источником искажения звука. Изменения формы канавок возможны двоякого рода — постоянные и временные; первые бывают в пластинке еще до ее проигрывания, вторые возникают под действием проигрывающей иглы и лишь на время этого воздействия.

Примером первых могут служить изменения, внесенные полировкой оригиналов и гальваническими процессами, примером вторых может служить упругая деформация канавок в гибких пластинках из эфиров целлюлозы.

Те и другие искажения формы удобнее всего также измерять косвенно — электроакустически.

Так, опрессовав пластинки с одной и той же матрицы<sup>453b</sup>, на которой записан чистый тон постоянной амплитуды, на двух массах, например нормальной шеллачной и ацетилцеллюлозной, и промеряя затем напряжение, снимаемое адаптером

<sup>453b</sup> В системе ГШП для электроакустических испытаний применяются матрицы ЦЛ 91/92 и ЦЛ 54.

с каждой из этих пластинок, обнаружим у ацетилцеллюлозной пластинки пониженное напряжение, обусловленное временным изменением формы канавок — «податливостью канавок», которая и получает этим путем количественное выражение.

Проиграв эти же пластинки некоторое число раз и вновь смерив тем же способом напряжение, мы можем обнаружить дальнейшее уменьшение его, которое будет свидетельствовать о дальнейшем уменьшении амплитуды, т. е. о дальнейшем отклонении от начальной формы канавок, на этот раз за счет износа пластинки.

Нарушение формы канавок может быть промерено также обычным приемом обнаружения нелинейных искажений — по возрастанию клирфактора. Это измерение можно производить путем выявления гармоник анализом и последующим подсчетом или пользуясь специальным прибором — клирфактормессером, являющимся разновидностью мостика Вина и дающим возможность находить величину клирфактора без подсчета и без выяснения значения отдельных гармоник.

Однако клирфактормессер не дает, к сожалению, достаточно быстро прямого значения клирфактора, как что измерение кратковременных процессов очень затруднительно. Измерение ведется на пластинках с записью чистого тона, и постоянство частоты снимаемого тона является непременным условием измерения, почему даже такой дефект пластинки, как эксцентриситет, затрудняет измерения.

Испытывая пластинки на износ путем их заигрывания, следует помнить о том, какое пагубное влияние на износ имеет эксцентриситет, и потому для устранения этого влияния хорошо применять при заигрывании (как и при измерении) столик, позволяющий пластинки предварительно центрировать. Это достигается удобно при наличии на диске специального устройства для радиального смещения шпенька.

#### 170. Микроскопические исследования

Структура наполнителей, форма молотых частиц, мелкие дефекты матриц и т. п. лучше всего могут быть рассмотрены при обследовании их под микроскопом.

В граммофонно-пластиночном производстве применяются микроскопы с проходящим и с отраженным светом, обычные и поляризационные. Ввиду малой прозрачности большинства компонентов микроскопы с отраженным светом имеют главное применение: для рассматривания таких темноокрашенных предметов, как граммофонная пластинка, они необходимы. Поляризационные микроскопы полезны при исследовании минеральных наполнителей, но при наличии микротомы могут оказать пользу также для исследования срезов восковых композиций, а также шлифов пластиночной массы.

Простые микроскопические исследования пластинок и оригиналов очень полезны на производстве. Можно рекомендовать при этом пользование косым светом с подсвечивающим экраном, расположенным в непосредственной близости к рассматриваемому предмету. При рассматривании оригиналов более удобен рассеянный свет от матовой лампы.

При микроскопических работах с граммофонными пластинками не всегда оправдано применение особо высоких увеличений. В большинстве случаев наиболее удобно 25—50-кратное линейное увеличение.

Отмечать при микроскопическом исследовании на граммофонных пластинках интересную зону удобнее всего желтым или красным восковым карандашом типа, применяемого для писания по стеклу, а мелкие зоны — простым карандашом.

Для выделения вышележащих частей при фотографировании иногда проводят карандашную черту по поверхности пластинки. Описано также введение в канавки цинковых белил (замазывается определенное место, затем очищается тряпочкой, так что белила остаются лишь в канавках); однако поступать так — значит делать удобно обозримым все, кроме собственно нужного.

Если ставят себе задачей изучение профиля канавки граммофонной пластинки, не следует пытаться это делать путем полировки излома пластинки, так как края при этом заваливаются. Лучше уже судить просто по нетронутому излому, но если хотят получить точные данные, следует прибегать к изготовлению с пластинки желатинового отпечатка и к его последующему срезанию на микротоме. При желании судить о том, как будет выглядеть на позитиве какой-либо дефект негативного (нечетного) оригинала, можно пользоваться слепками, приготовленными путем нанесения на оригинал окрашенного нитролака.

Интересно упомянуть, что для производства микроскопических снимков *крупных зерен пигментов* рекомендуется способ <sup>454</sup> намазывания этого пигмента поперек канавок граммофонной пластинки.

Особенно пригодны в описываемом производстве бинокулярные микроскопы, дающие стереоскопическую картину.

В лабораторных условиях очень полезно сочетание бинокулярного микроскопа со стереокамерой. Макростереоснимки, исключительно рельефно рисующие рассматриваемый предмет, чрезвычайно наглядны <sup>455</sup>.

Удобно пользоваться вращающимся столиком, имеющим градуировку 0—360° по и против часовой стрелки. Если, кроме того, такой столик (или тубус микроскопа) имеет смещение по радиусу вращающегося столика, становится очень легко находить любое место любого оригинала по двум координатам (угол и смещение по радиусу) — это очень облегчает труд при сопоставлении оригиналов, разыскании того или иного дефекта и т. п. (так называемый «метод локальной индексации»).

К значительным увеличениям приходится прибегать лишь при исследовании гальванических отложений. В этом случае пользуются металлографическими микроскопами и обычной техникой полировки и гравления шлифа. Можно, между прочим, заменять травление шлифов катодным их распылением, которое также выявляет структуру, так как между гранями отдельных кристаллитов распыление происходит сильнее.

### 171. Физико-химические испытания

С помощью физико-химических методов может быть определено большое число существенных при исследовании рассматриваемого производства показателей. Чтобы дать представление о значении этих методов, укажем, например, на активную поверхность наполнителей, получающую этим путем свое количественное выражение. Однако постоянное не эпизодическое значение имеет лишь небольшое число испытаний.

Не останавливаясь на таких общеизвестных определениях, как измерение концентрации водородных ионов, электропроводности растворов и т. п., отметим имеющий особое значение гранулометрический анализ или, иначе говоря, определение зернового состава наполнителей.

Для исследования этого рода годятся разнообразные приемы, начиная с чисто механического просеивания или отвеивания и кончая методами дисперсионного анализа <sup>455a</sup>.

С гранулометрическим анализом граничит определение шеллакоемкости наполнителей. При существующей методике, заимствованной из лакокрасочной промышленности, определение это не принадлежит, к сожалению, к числу достаточно точных. Отсутствие работ, сопоставляющих шеллакоемкость с маслосемкостью, водосемкостью и т. д. и выводящих общие основы л и к в и д о е м к о с т и, делает невозможным надежную

<sup>454</sup> Гардиер (см. сноску 434), стр. 80—1.

<sup>455</sup> Было бы поэтому очень желательно дать в этой книге атлас таких стереофотографий для иллюстрации изломов пластинки, вида канавок, дефектов матриц, брака прессования и т. д., однако обычные стереоснимки слишком громоздки, а анаглифические требуют двухцветной печати.

<sup>455a</sup> В статье Эйсулович А. С., Фотоэлектрический метод седиментометрического анализа, Заводск. Лабор., 1938, 7: 967—72, описан так называемый турбидиметр Вагнера, основанный на законе Стокса и применяемый в системе ГШП для гранулометрического анализа порошков наполнителей граммофонных пластинок.

замену определения шеллакоемкости, например, экспериментально более удобным определением керосиномкости или емкости относительно другой подходящей жидкости.

Для быстрого определения влажности порошков при цеховых анализах применяются электрические приборы. Из электрических приборов наиболее удобны те, которые основаны не на определении сопротивления, а на определении емкости<sup>455b</sup>.

### 172. Химический анализ

В большинстве производств химпромышленности (в том числе, в известной мере, и в производстве пластмасс) химическому анализу принадлежит решающая роль среди других методов контроля. Этого нельзя сказать о рассматриваемом производстве. Объясняется это как тем, что чисто химическим реакциям в процессе производства грампластинок принадлежит более чем второстепенная роль, так и тем, что вещества, входящие в состав нормальной грампластины, редко относятся к числу химически индивидуализированных чистых веществ определенного состава. Напротив, они являются в основной своей части не продуктами промышленного производства, а естественными продуктами животного, растительного или минерального мира. Поэтому приходится лишь заботиться о поддержании практического постоянства свойств однажды выбранного продукта. Из гл. X мы знаем, что производственная пригодность двух наполнителей одинакового химического состава может быть весьма различна: один химический анализ наполнителя еще поэтому совершенно не характеризует сырье. Данные химического анализа следует скорее рассматривать как косвенные характеристики. Здесь нет поэтому оснований останавливаться на методах химического анализа, тем более, что в самих методах также нет какой-либо специфичности.

Стоит, пожалуй, лишь упомянуть о существовании метода анализа шеллака, стандартизованного ASTM<sup>456</sup> и принятого американской ассоциацией импортеров шеллака, и о методике, рекомендуемой фирмой Angelo Bros. Ltd., уже упоминавшимся крупным поставщиком шеллака<sup>457</sup>. В обоих случаях идет речь

<sup>455b</sup> О диэлектрических влагомерах см. Hirtz H., Schnellbestimmung des Wassergehaltes von Braunkohle. Вг.-Kohle, 1929, 6: 101. Грефе Э., Руководство к исследованию продуктов бурого угольной промышленности, 1932.

<sup>456</sup> Сокращенное обозначение American Society for Testing Materials. В русском переводе этот метод приведен в книге Гарднер (см. сноску 434) гл. XXIX.

<sup>457</sup> Shellac. its Physical and Chemical Examination, изд. фирмы.

об определении содержания влаги. канифоли, шеллачного воска и нерастворимых веществ<sup>458</sup>.

В общем, участки, где сохраняет главное значение химический анализ, следующие: 1) анализ электролитов гальванного цеха и сырья для них; 2) контроль влажности всех ингредиентов массы; 3) анализ компонентов воскового сплава и контроль самого сплава.

Возможности химического анализа настолько малы, что аналитическое установление точного рецепта состава воска для записи или рецепта состава грампластинок чужой фирмы этим путем практически невозможно.

### 173. Технологические пробы

Под технологическими пробами понимают тот путь контроля, при котором небольшую пробу исследуемого сырья или полуфабриката подвергают обработке в установленном режиме производственного процесса и о качестве судят по нормальности протекания процесса и по доброкачественности полученного продукта.

Совершенно аналогично о правильности хода того или иного процесса судят путем пробной обработки вполне надежного сырья или полуфабриката.

Чем более развиты все рациональные методы испытаний, тем более отступают на задний план технологические пробы. Вытеснение их наиболее затруднительно на первых порах, так как обычно в защиту технологических проб выставляют, например, такой аргумент: «зачем испытывать массу на всяких необычных приборах и в необычных условиях, получая при этом более или менее условные значения, когда проще попробовать сделать из этой массы пластинку и сразу увидеть — годна ли она». Этот аргумент бывает вначале тем более силен, что результаты рациональных испытаний приобретают ценность лишь после того, как накопился достаточный материал по показателям, связанным с обычным процессом и всевозможными от него отклонениями. Однако этот аргумент несостоятелен, так как главным недостатком технологических проб является их качественный характер, при котором невозможна столь важная для исследовательских работ относительная количественная оценка отдельных материалов.

Технологические пробы, однако, обладают той несомненной ценностью, что дают комплексную характеристику и могут обнаружить те недостатки, которые не предусматриваются

<sup>458</sup> См. также книги: Dieterich, Analyse der Harze, Balsame und Gummiharze, 1930 и Parry, 1935 (сноска 239).

рациональными испытаниями, например, образование пятен на поверхности, и т. п. Поэтому они не утрачивают своего значения при наличии развитых рациональных испытаний.

В хорошо оборудованных лабораториях технологические пробы проводятся на машинах, напоминающих производственные (перплекс, вальцы, бенбери, гальванические ванны и т. д.), но имеющих меньшие размеры, и на прессах обычного размера и типа.

## Глава XVI

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

#### 174. Хозяйственное разделение предприятия

В § 55 уже указывались организационные элементы, на которые подразделяется предприятие, выпускающее граммофонные пластинки.

В принципе наиболее целесообразно иметь все элементы объединенными как хозяйственно, так и территориально; однако этому препятствует ряд трудностей. Так, для студии необходимо выбирать местность, удобную для посещения ее исполнителями, т. е. достаточно центрально расположенную и не имеющую шумного окружения, но подобная местность обычно бывает неудобной для устройства промышленного предприятия, требующего удобных подъездных путей для грузового и ж.-д. транспорта, неуместных в центре города. Нередко размещение промышленного предприятия в местности, желательной с точки зрения студий, даже не допускается городскими нормативами.

Поэтому студии с аппаратной выделяются в этом случае в территориально отделенный и хозяйственно самостоятельный орган, в ведение которого входит и играющий вспомогательную роль для звукозаписи восковой цех. Производственной подобной самостоятельной хозяйственной единицы являются записанные восковые диски.

Отделение процесса звукозаписи от гальванических процессов имеет ряд неудобств. Так, при этом приходится транспортировать с одного предприятия на другое, подвергая температурным изменениям хрупкие и легко механически повреждаемые восковые диски, а после снятия I оригинала возвращать их обратно для вторичного использования воска. Далее, лишь снятие безупречного II оригинала дает известную уверенность в том, что запись пойдет в производство, ибо как бы мала ни была опасность неудачного протекания операций нанесения ПС, наращивания I оригинала и благополучного снятия II оригинала, эта опасность все же имеется и постоянно может грозить необходимостью повторить запись. Поэтому работники звукозаписи всегда заинтересованы в том, чтобы их записи



поскорее были перенесены с воска на устойчивые оригиналы, так как при необходимости повторить запись желательнее, чтобы между начальной и повторной записью прошел минимальный промежуток времени.

Исходя из этих соображений, иногда (в частности в СССР) создают самостоятельные предприятия звукозаписи и объединяют студии с цехом металлизации и гальваническим цехом. В результате годовой продукцией предприятия становятся I оригиналы вместо восков. Это отделение производства I и II оригиналов от производства III оригиналов оправдывает себя еще и в том отношении, что повышает аккуратность в обращении с I и II оригиналами, так как ограничивает их от массового производства, характерного для матриц-инструмента.

Однако такое организационное построение имеет также и свои недостатки. Гальванические процессы геряют при нем свою цельность — процесс искусственно обрывается на полпути. теряется единство наблюдения за сохранением качества начальной записи, увеличивается потребность в техническом персонале одного профиля, возрастают затраты на содержание более мелких цехов вместо одного более крупного и т. д.

Поэтому в настоящее время считается более правильным объединять с записью все гальванические процессы, кончая приготовлением матриц, оставляя за пластиночными заводами исключительно операции приготовления массы и прессования пластинок.

Вряд ли, впрочем, можно говорить о каком-то устоявшемся типе хозяйственного деления рассматриваемого производства. За границей известны, например, предприятия, не имеющие вовсе мельничных цехов, получающие готовые порошки, которые им остается лишь смешать в пропорции рецепта. Известны даже и такие фирмы, которые имеют лишь прессовый цех и работают на готовой массе и покупаемых на стороне матрицах.

### 175. Расположение цехов

Отличия в составе и объеме отдельных предприятий и отличия в их историческом развитии привели к тому, что **вряд ли сейчас найдутся два предприятия граммофонно-пластиночного производства, имеющие одинаковую планировку промышленной площадки и цехов.**

На некоторых иностранных предприятиях производство граммофонных пластинок не обособлено даже в отдельном здании и перемежается с цехами производства граммофонов, радиодеталей, разных пластмассных изделий и т. д. Тем труднее выделить те обобщающие элементы, которые характери-

зуют эту планировку. Все же некоторые замечания можно попытаться сделать.

Чтобы яснее осветить взаимосвязь цехов, рассмотрим примерную схему расположения цехов (рис. 252). Для упрощения в качестве примера избрано одноэтажное здание (с верхним светом), оно позволяет теснее расположить цеха, так как не приходится считаться с боковой световой поверхностью.

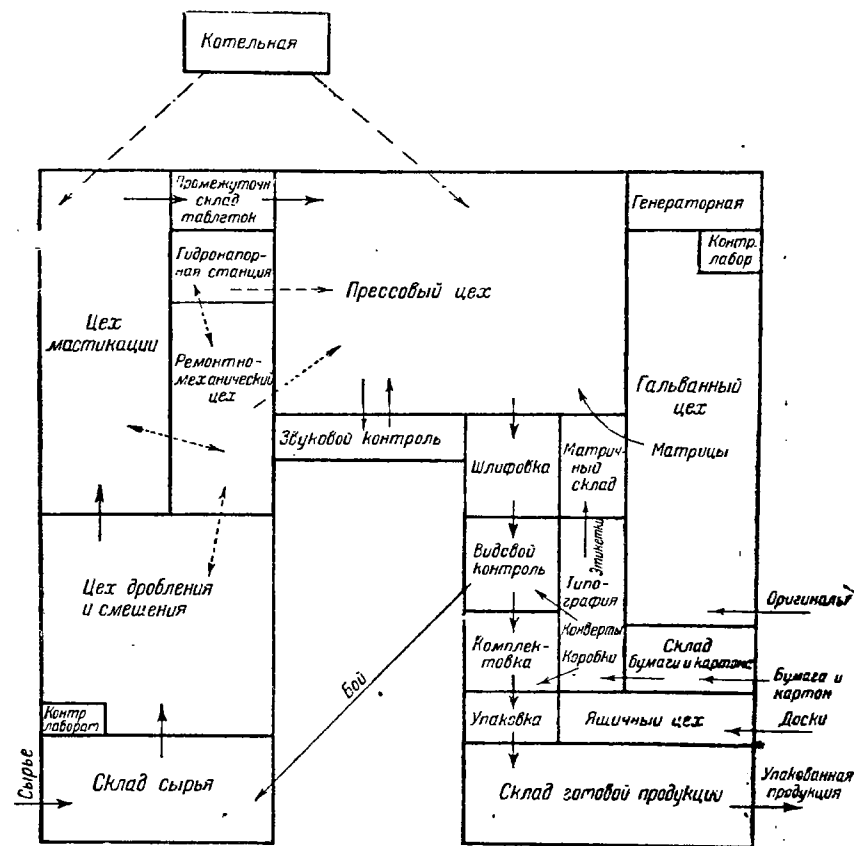


Рис. 252.

Жирные стрелки на рисунке изображают направление основного товарного потока, пунктирные стрелки указывают на вспомогательные связи, рассматриваемые ниже.

Предоставим читателю самому убедиться в том, что весь путь от склада сырья до склада готовой продукции при приведенной планировке оказывается возможным пройти от цеха к цеху без возвратных движений, петель и взаимных пересечений.

Переходя к рассмотрению расположения отдельных цехов, прежде всего отметим, что цех дробления и смешения возможно далее удален

от склада готовой продукции и от гальванного цеха, чтобы избежать загрязнения последних. С той же целью склад сырья и склад готовой продукции имеют разобщенные, а не общие вьезды.

Ремонтно-механический цех расположен среди трех цехов, которые более всего требуют его обслуживания, — прессового цеха, цеха мастикации и цеха дробления и смешения.

Котельная обслуживает паром преимущественно два цеха — прессовый и мастикационный, которые и должны находиться в наибольшей от нее близости во избежание значительных потерь в трубопроводах.

По соседству с прессовым цехом находится гидронапорная станция. Гидронапорная станция имеет воздушные аккумуляторы, так как они более компактны и не требуют столь массивных фундаментов, как грузовые аккумуляторы.

По соседству с гальванным цехом находится генераторная, умформеры которой питают цех низковольтным постоянным током.

Матричный склад является промежуточным звеном между гальванным цехом и прессовым цехом, этим и определяется его положение. В этом же матричном складе хранятся и этикетки, поэтому он связан с типографией.

Конверты выдаются на видовой контроль (иногда в шлифовку). Коробки передаются на комплектовку; здесь сортируют пластинки по тематике и подбирают по заказчикам.

Кабины прослушивания расположены по соседству с прессовым цехом. При многоэтажных сооружениях удобно располагать кабины прослушивания над или под прессовым цехом, соединяя их с ним небольшими товарными лифтами.

Склады расположены в общем здании, это правда удорожает их содержание, однако имеет преимущество большей сохранности материалов и готовой продукции (в частности больше защищает от увлажнения).

Склады гальвального цеха, как содержащие сильнодействующие химикаты (например кислоты), находятся вне общего здания.

Отметим, наконец, соседство ящичного цеха с упаковкой.

При мельнично-мастикационном цехе (по соседству со складом сырья) и три гальванным цехе находятся цеховые (контрольные) лаборатории, проверяющие поступающее сырье, полуфабрикаты и процесс.

Одноэтажное расположение не является обязательным. Многоэтажное расположение представляет некоторое удобство в отношении мельничного цеха, так как облегчает транспорт (нории размещаются удобнее шнеков и транспортеров), но, с другой стороны, нельзя забывать, что мельничный цех не вполне лишен элементов взрывоопасности и с этой точки зрения многоэтажность является большим недостатком.

Следует обратить внимание на отсутствие в приведенной выше планировке цеховых контор, а также санитарных и прочих вспомогательных помещений. Само собой разумеется, что им должно быть уделено существенное внимание.

Несомненно, еще больший интерес, нежели общая планировка промьшленной площадки, представляет внутрицеховое расположение оборудования. К сожалению, разнообразие предприятий в этом отношении еще более велико и привести какое-либо типовое расположение невозможно.

### 176. Планирование производства

Может показаться, что предприятие, выпускающее лишь один продукт — граммофонную пластинку — не представляет трудностей в планировании. Но даже если отвлечься от вы-

пускаемых некоторыми предприятиями нескольких сортов пластинок (например более дорогих и более дешевых, пластинок нормального шеллачного типа и др.), надо подчеркнуть, что и при выпуске одного сорта пластинок предприятие носит характерные черты многоассортиментного производства — более того, производства с непрерывно изменяющимся ассортиментом.

В каталоге фирмы находятся обычно тысячи названий пластинок и ежедневно производятся новые записи<sup>450</sup>; пластиночный завод выпускает одновременно сотни различных наименований пластинок: он должен выполнять план не только по количеству и качеству, но и по тематике.

Подход к вопросам тематики в СССР и за границей совершенно различен. В заграничной практике выбор тематики определяется исключительно коммерческими соображениями. В СССР выбор тематики определяется прежде всего соображениями культурными.

В соответствии с общим плановым хозяйством Советского Союза распределение тематики по отдельным разделам репертуара заранее планируется, и уже в начале года устанавливается число пластинок, подлежащих выпуску по каждому отдельному разделу репертуара.

Чтобы дать представление о распределении выпуска пластинок по отдельным разделам репертуара, приведем цифры выпуска пластинок по разделам в 1937 г. В этом списке даны физические пластинки, т. е. каждая пластинка, независимо от ее формата, принята за единицу.

Раздел тематики	тыс. шт.	%
Документальные записи . . . . .	11 405	27,9
Творчество народов СССР . . . . .	9 729	23,6
Танцевальная и развлекательная музыка . . . . .	5 670	13,8
Массовые песни . . . . .	3 553	8,7
Оперные записи . . . . .	2 991	7,2
Детские и юношеские . . . . .	1 396	3,4
Камерно-вокальные . . . . .	1 384	3,4
Марши . . . . .	1 131	2,8
Симфонические . . . . .	1 065	2,6
Оперетта и эстрада . . . . .	967	2,3
Художественное чтение . . . . .	904	2,2
Камерно-инструментальные записи . . . . .	716	1,7
Учебные пособия . . . . .	178	0,4
	41 089	100

В пояснение содержания отдельных разделов репертуара 1937 г. надо сказать следующее:

<sup>450</sup> В СССР ежегодно производится 1500—2000 записей и переписей.

Раздел «документальные записи» состоял из речей т. т. Сталина и Молотова. Сюда вошли также переписи старых акустических записей речей т. Ленина.

Раздел «творчество народов СССР» представлен записями народного творчества (народные песни, пляски и т. п.) отдельных народностей Советского Союза. Здесь имеются записи русские, украинские, грузинские, узбекские, казахские, народов Сев. Кавказа, азербайджанские, армянские, туркменские, киргизские, башкирские, каракалпакские, марийские, таджикские, татарокрымские, татароказанские, югославские, бурятомонгольские, молдавские и т. д.

Раздел «оперные записи» состоял как из отдельных отрывков, так и из цельных опер («Евгений Онегин», «Руслан и Людмила»).

Раздел «массовые песни» включил в себя наряду со старыми массовыми песнями новинки, получившие распространение через звуковые фильмы.

Раздел «учебные пособия» состоял из пластинок, служащих для изучения иностранных языков (французского, английского, немецкого).

Необходимо подчеркнуть, что пластиночный завод должен не только выполнять годовую программу по выпуску пластинок нужной тематики, но и выпускать эту тематику с необходимой равномерностью на протяжении всего года; поэтому годовой план дается в еще более точных показателях поквартально.

Выполнение этого плана требует безукоризненной постановки тематикодиспетчерской работы на производстве. На технике этой работы следует несколько остановиться.

Прежде всего в соответствии с годовым заданием планируется запись, подбираются исполнители, выбираются произведения. Последняя работа осуществляется редакторами, специализирующимися по тематическим разделам.

Серию национальных записей часто удобнее обслужить сразу, а не вразброс и притом сделать это на месте, в национальной республике, поэтому в таких случаях организуют экспедиционную запись с помощью передвижки. Во избежание перебоев в работе посылка этих экспедиций должна быть заранее распланирована.

Работа студии планируется календарно по дням, причем учитывается рациональное использование сопровождающего оркестра и т. д.

При выборе какой-либо записи всегда приходится заботиться о наличии подходящей «спарки», так как пластинка не может быть выпущена односторонней или в неподходящем сочетании.

Весьма существенную роль играет выбор формата пластинки, на котором должна быть сделана запись; выбор формата есть, с одной стороны, вопрос качества записи (чем крупнее формат, тем высококачественнее запись), с другой стороны, вопрос расхода массы (чем крупнее формат, тем больше расходуется массы). Вопрос этот решается в каждом отдельном случае с учетом, в частности, и тех соображений, которые были высказаны в § 44.

С этой точки зрения статистика записей представляет несомненный интерес. На рис. 253 представлен результат статистической обработки 1200 записей, произведенных ГСП в 1937 г. Все записи были разбиты на группы, каждая из которых отличалась от соседней по длительности звучания на 10 сек. Число случаев, соответствующих определенному отрезку времени, отложено по ординатам, а самое время — по абсциссам. На графике приведены три кривых распределения. Штриховая линия относится к числу выпущенных пластинок, пунктирная — к числу произведенных записей, сплошная — к числу спарок (иначе говоря, для сплошной линии подсчет произведен по стороне более длительного звучания, как определяющей формат пластинки).

На том же графике указаны границы, соответствующие разным форматам пластинок при  $\Delta_2$ .

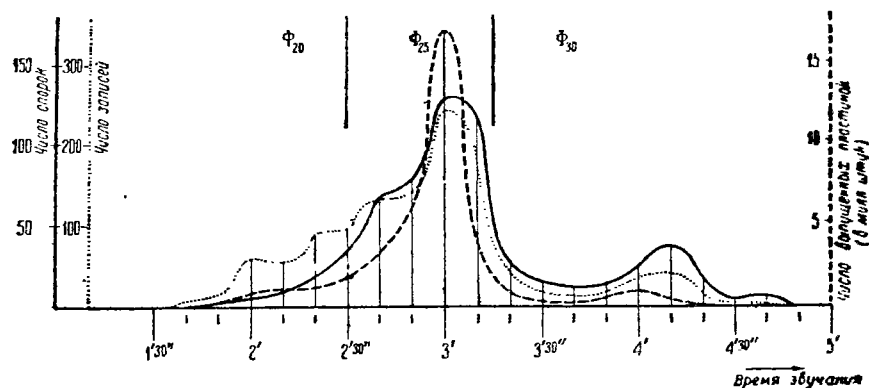


Рис. 253.

Рассмотрение графика показывает, что наиболее распространенная длительность отрывка, записываемого на пластинку, близка к 3 мин., и действительно, формат  $\Phi_{25}$  является самым ходовым в торговле. Из графика видно также, что записи, отклоняющиеся по времени от этой наиболее распространенной величины, оказываются в то же время и относительно малотиражными.

Когда запись произведена, изготавливаются пробные пластинки, которые подвергаются технической проверке. В случае признания пластинок годными (отсутствие налезания соседних канавок, опережающего эхо, склонности к образованию мертвого круга и других производственных дефектов), пробные пластинки прослушиваются художественно-технической комиссией, определяющей качество произведенной записи и устанавливающей ее тираж и спарку.

Когда запись одобрена, диспетчер следит за тем, чтобы размножение оригиналов происходило в соответствии с тиражом, предположенным для этой записи. Так, например, в записях, которые предстоит выпустить в самых больших тиражах, целесообразно делать матрицей V оригинал. Напротив, в записях наименьшего тиража (две-три тысячи пластинок) матрицами должны служить III оригиналы.

Сообразуясь с заданием пластиночного завода на ближайший период времени, диспетчер составляет для гальванного цеха задания (недельные и даже суточные), указывая складу, какие номера записи и какие оригиналы следует в настоящее время выдать в цех для размножения. Тематический диспетчер следит также за изъятием Отделом технического контроля отдельных оригиналов (вследствие брака или амортизованности) и соответственно корректирует схему размножения, либо ставит вопрос о возобновлении записи. Диспетчер должен следить также за своевременным изготовлением пробных пластинок, так как лишь после утверждения последних допускается массовое размножение оригиналов.

Особое внимание уделяется тому, чтобы в размножение шли параллельно номера, подлежащие спарке, так как наличие лишь одной из двух нужных для каждой пластинки матриц создает задержку в прессовом цехе и завалы незавершенной продукции матриц. Получив данные о выходе из строя матриц в прессовом цехе (вследствие повреждения матриц или в виду их износа), диспетчер заботится о своевременном пополнении запаса; наконец, он же должен календарно-оперативно планировать и выпуск этикеток по типографии, так как необходимо всегда заботиться о том, чтобы готовые этикетки нужных названий имелись в достаточном количестве к моменту передачи того или иного заказа в прессовый цех.

Кроме тематической диспетчеризации на предприятиях организуется и техническая диспетчеризация. Прежде всего она касается планово-предупредительных ремонтов оборудования. Например, по определенному графику проверяются прессформы прессов на закипание (и очищаются от накипи протравливанием) и т. д.

Далее ведется надзор за наличием установленного запаса доброкачественного сырья, за отсутствием заторов полуфабриката на отдельных участках, за своевременной подготовкой вспомогательных материалов и инструмента и т. п.

В результате доведения плана до каждого агрегата и планового технического руководства предприятие может работать как единое слаженное гармоническое целое.

### 177. Организация труда

Для достижения максимальной производительности труда в сочетании с высоким качеством продукции необходима правильная организация труда.

Основой рациональной организации труда должна быть умелая расстановка кадров, построенная на хорошем знании этих кадров и учете данных каждого отдельного работника. Большое значение имеет также правильное раз-

деление труда. Например, прессовщик не должен заниматься регулировкой цикла — эту операцию должен выполнять слесарь-наладчик, обслуживающий несколько прессов. Вместе с тем, очень желательно совмещение профессий: например совмещение функций прессовщика и браковщика профилактического контроля. Прессовщик может также совмещать профессию зарядчика, производя для своего пресса несложную слесарную операцию зарядки прессформ матрицами. Внутрицеховой транспорт смеси, таблеток и пластинок должен быть максимально механизирован. Промежуточная тара должна быть легкой и удобной.

Большое внимание должно быть уделено правильной организации рабочего места. В § 146 была приведена схема рабочего места прессовщика, работающего по ручному процессу. При обслуживании автоматизированного пресса сбоку от него помещается плита для размягчения массы, так что рабочий имеет возможность делать минимум лишних движений. С той же целью этикетки помещаются пачкой на станине пресса по обе стороны от прессформы, например, слева — нижние, справа — верхние. Несомненно, что сейчас вполне назрел и должен быть поставлен вопрос о еще более рациональном расположении рабочего места прессовщика: можно полагать, что точнее подобранное размещение плиты относительно прессформ, полки с таблетками, ящика с готовыми пластинками, этикеток и вспомогательного инструмента позволит прессовщику перейти от работы стоя к работе сидя, что будет способствовать дальнейшему облегчению труда и росту производительности.

Необходимо далее, чтобы весь процесс был продуман и налажен таким образом, чтобы дать возможность наибольшего уплотнения рабочего дня. Например, рассматривая с этой точки зрения хронокарту процесса прессования, приведенную на рис. 209, можно заметить наличие промежутков времени, на протяжении которых прессовщик не занят: происходит это вследствие несоответствия машинного времени ручному; отсюда возникает мысль о необходимости сокращения машинного времени путем усиления охлаждения (например повышением напора воды и т. д.).

Разделение труда, правильная организация рабочего места и уплотнение рабочего дня наряду с овладением новой техникой являются основами стахановского движения, опрокидывающего старые нормы производительности труда и устанавливающего новые, более высокие технические нормы.

Так, прессовщики Ногинского завода дают до 700 годных пластинок в семичасовую смену (с одной прессформы). Достигается это за счет удачных технических приемов и сокращения всяких потерь времени. Например длительность цикла ра-

**боты, схема** которого представлена на рис. 209, сокращают за счет того, что вытягивание прессформы из-под пресса производят раньше, чем плунжер опустится полностью (обе прессформы двустороннего пресса не соединены между собой; поэтому вытягивание прессформы возможно уже в тот момент, когда между прессформой и верхней плитой пресса оказывается небольшой зазор). Пластинку, снятую с прессформы, откладывают в сторону, а в период, когда происходит охлаждение (прессовщик «не занят»), пластинку осматривают и очищают скребком от грата; тем самым часть операции «съем пластинки» переносится из напряженного периода времени в свободный. Из большого числа подобных, на первый взгляд небольших мероприятий, сочетаемых одно с другим, создается значительный эффект.

Кроме необходимых организационно-технических мероприятий нужно способствовать высокой производительности труда также правильным построением системы оплаты труда, стимулирующей повышение производительности. По возможности все профессии должны быть охвачены сделной оплатой. Прессовщики — ведущая профессия в рассматриваемом производстве — должны оплачиваться дополнительно за снижение потерь массы.

Огромное значение имеет также работа по непрерывному повышению квалификации всех работников предприятия. Изучение технического минимума и сдача гостехэкзамена, обязательные для всех рабочих, курсы для мастеров и т. д. ведут к повышению общей культуры производства. Наша молодая промышленность грамофонных пластинок должна тщательно воспитывать свои постоянные кадры, помня, что наличие многолетнего опыта имеет огромное значение, тем более в таком деликатном производстве, как рассматриваемое.

Особое внимание и забота должны быть уделены вопросам охраны труда. В частности, мельничный цех должен быть максимально механизирован и по возможности герметизован во избежание пыления. Он должен быть оборудован безукоризненной аспирационной системой и обеспечен мероприятиями по уничтожению взрывоопасности. Противопожарные мероприятия также должны быть предусмотрены во всех цехах, в частности, в типографии, ящичном цехе и в упаковке. Гальваный цех должен работать по возможности без ядовитых веществ (например без цианистых солей) и также должен быть обеспечен достаточной вентиляцией (особенно сильной в отделении хромовых ванн). В цехе мастикации следует предпочесть установку бенбери установке вальцов, так как условия труда в первом случае легче. В прессовом цехе должно быть обращено особое внимание на яркое освещение рабочих

мест индивидуальными лампами. В рассматриваемом производстве очень большое внимание должно быть обращено на наличие хорошей не только вытяжной, но и приточной вентиляции. Применение (хотя бы в мельничном, мастикационном и прессовом цехах) системы кондиционирования воздуха было бы весьма полезно. Однако кондиционирование воздуха пока нашло свое применение лишь в студиях, где важно создать все условия для хорошего самочувствия исполнителей.

Охрана труда должна быть неизменным элементом при разработке технологического процесса. Твердая регламентация всего технологического процесса совершенно обязательна.

### 178. Учет производства

Система учета неразрывно связана с организацией труда. Примером этой связи может служить хотя бы учет готовой продукции. Например, некоторые предприятия допускают перепрессовку пластинок, негодность которых обнаружена самим прессовщиком, путем их непосредственного разогрева на плите; для этого после разогрева прессовщик может вырезать центровую часть с этикеткой и, вновь собрав массу в комок, подбавить массы и отпрессовать новую пластинку. Сводки разбраковки, составляемые браковщиками, никогда не дадут в этом случае полной картины действительного брака, так как перепрессованные пластинки не войдут в счет брака: цифры брака будут занижены. Напротив, на лучших предприятиях, где перепрессовка бракованных пластинок не допускается, где все отпрессованные пластинки попадают к браковщику и где все бракованные пластинки направляются на вторичный помол (выше уже указывалось, что двойной помол, вообще, есть один из приемов улучшения качества массы и потому не должен рассматриваться как неоправданное осложнение процесса), там цифры брака окажутся более высокими. По существу, брак может быть на обоих предприятиях одинаковым, а в цифровом выражении он будет сильно отличаться. Поэтому, кстати, необходимо помнить, что сопоставление процентов брака двух предприятий, имеющих разные системы учета брака, либо одного и того же предприятия за периоды, когда брак учитывался по разным системам, недопустимо.

Говоря об учете, следует еще раз подчеркнуть большое значение его своевременности и оперативности. Если учет запаздывает, он теряет всякую ценность для технической диспетчерской работы и становится чисто бухгалтерским. Поэтому первым требованием к производственному учету должно быть ограничение его минимальным числом показателей.

Наряду с своевременностью учета существенно также, чтобы данные учета не были обезличены и чтобы всегда име-

лась возможность установить, на каком именно участке кроется первичный элемент, повлиявший на сводные данные. Чтобы в окончательной браковке можно было установить выработку и брак каждого отдельного прессовщика, каждый ящик с пластинками сопровождается учетным листком («путевкой»), указывающим номер пресса, дату и смену работы.

Совершенно аналогично этому каждую отдельную варку массы также сопровождает подобная путевка, по которой можно установить, кем и когда масса была сварена. Вместо путевки применяется иногда выдавливание этих сведений с помощью особого номератора, приспособленного на каландре.

Такая же система применяется и в гальванном цехе. Каждый отдельный оригинал здесь сопровождается индивидуальным паспортом<sup>460</sup>. Обычно на паспорте отмечаются все дефекты, возникшие на оригинале; для этой цели на бланке паспорта изображается окружность, разделенная на сектора, на ней указывается местоположение всех дефектов оригинала. Точнее применять так называемый метод локальной индексации, при котором (см. § 170) положение дефекта указывается индексом, состоящим из двух чисел: радиального расстояния от центра и углового расстояния от «нулевого радиуса», который удобнее всего считать проходящим через начало номера, гравированного на оригинале. Само собой разумеется, что при индексации негативных оригиналов угловой отсчет делается в обратном направлении (т. е. против часовой стрелки).

Для целей учета самые оригиналы должны иметь маркировку, которая позволяла бы установить их происхождение. Для этого удобно после разделения выбивать на копии керном ее порядковый номер, установив, например, что II оригиналы кернятся по соседству с номером записи, III оригиналы со смещением в 90° от номера записи и т. д. таким образом, чтобы на готовой пластинке, читая все метки по часовой стрелке, легко было установить всю историю матрицы. Можно кернить также дату прессования; наносят иногда и другие специальные пометки.

Существенной стороной учета является сторона экономическая. Себестоимость продукции является характерным критерием экономической организованности предприятия. Приведем примерную, не претендующую на нормативность, калькуляцию граммофонной пластинки Ф25 (см. табл. на стр. 617).

Из этой калькуляции вытекает, что заводская себестоимость пластинки равна одному рублю; эта цифра близка к существующей в настоящий момент цифре себестоимости, но

Статья расхода	Расход на 1 пластинку	Стоимость единицы	Общая стоимость
	шт.	руб.	коп.
Основные материалы рецепта	2	0,01	25,0
Этикетки	1	0,03	2,0
Конверты	0,005	8,00	3,0
Ящики для упаковки			4,0
Инструмент:			
Матрицы	2×0,0005	15,00	1,0
Прессформы	0,00003	1000,00	3,0
Кольца	0,0017	12,00	2,0
Центры	0,001	5,00	0,5
Пар и энергия			6,0
Зарплата исполнителей			15,0
Производственная зарплата (основная и вспомогательная):			
Мельничный цех			2,0
Цех мастики			2,0
Прессовый цех			5,0
Шлифовка			0,8
Браковка			0,7
Начисления на зарплату			1,0
Цеховые расходы			15,0
Общезаводские расходы			12,0
			100,0

В пояснение приведенной калькуляции надо сделать следующие замечания.

При расчете стоимости основных материалов рецепта вычтена стоимость возвратных отходов.

Стоимость прессформы в 1000 руб. принята с учетом трехкратного (в среднем) ее ремонта.

Оплата исполнителей, конечно, сильно колеблется от одной записи к другой: в то время как простое художественное чтение одного номера (артист без аккомпанемента) обходится в 250—500 рублей, стоимость одной сложной записи (оркестр с хором и солистами) может достигать 10 000—12 000 руб. Привинная среднюю оплату исполнителей за одну запись 1500 руб. и считая средний тираж записи в 10 000 пластинок, получим, что стоимость исполнителей, приходящаяся на одну пластинку, составляет 15 коп.

несомненно, что в дальнейшем себестоимость пластинки будет снижаться.

Приведенная калькуляция является калькуляцией пластиночного завода. Поэтому стоимость содержания студии и аппаратной, цеха металлизации и цеха оригиналов включена в стоимость матрицы. Ограничиваясь здесь приведенной калькуляцией, отметим, что все гальванические процессы оказываются сравнительно дешевыми, так как стоимость их составляет лишь около одного процента в себестоимости пластинки. Это видно наглядно и по другому признаку: матрица лишь в каких-нибудь полтора десятка раз дороже получаемой с ее помощью пластинки.

<sup>460</sup> Пример такого паспорта иностранного предприятия представлен на рис 61 в книге Брайсона

Глава XVII

ТЕХНИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАММОФОННЫХ  
ПЛАСТИНОК

Наилучшего эффекта от пластинки можно добиться лишь при соблюдении известных простых условий. Поставить пластинку на граммофон может, конечно, всякий (именно этому она и обязана своим распространением), но обращение с ней, обеспечивающее наилучшее воспроизведение и наибольший срок службы пластинки, требует соблюдения известных правил<sup>1</sup>.

Описание граммофонной пластинки было бы неполным, если бы мы совершенно не остановились также на технической стороне воспроизведения.

Эта техническая сторона имеет почти столь же большое значение, как техническая сторона звукозаписи, так как они друг друга дополняют. Вместе с тем, мы в этом убедимся, техника потребительского воспроизведения значительно отстает от техники звукозаписи.

Рассмотрим существенные элементы техники воспроизведения.

179. Контроль числа оборотов

В настоящее время можно за ничтожными исключениями считать, что угловая скорость вращения при записи граммофонной пластинки широкого потребления одинакова во всем мире и равна 78 об/мин. В СССР вся запись ведется исключительно при этой скорости.

Так как для правильного воспроизведения скорость про-

игрывания должна быть в точности равна скорости записи, то диск также должен делать 78 об/мин.

Истари заведено, что у всякого граммофона есть возможность регулировать число оборотов. В сущности, регулятор предназначен служить только для одной цели — соблюсти нужные 78 об/мин. На практике, однако, он чаще всего приводит как раз к несоблюдению этого числа. Наличие этого регулятора дает в руки слушателя нелепую возможность по его усмотрению «превращать сопрано в бас-профундо». Для чего же, говорят, сделан регулятор, если им не пользоваться. Правильнее было бы делать этот регулятор недоступным для всех случаев, кроме ремонта, и при выпуске аппарата с завода устанавливать его на правильное число оборотов, причем качества механизма граммофона должны быть таковы, чтобы он в процессе эксплуатации не изменял этого числа оборотов.

При регуляторе находится шкала, на которой наносятся цифры числа оборотов в минуту, соответствующие разным положениям регулятора; этим шкалам редко можно доверять, так как они изготавливаются обычно неиндивидуально (например штамповкой) и не соответствуют отличиям отдельных аппаратов (вспомним, что в число существенных элементов механизма регулятора входит, например, такой «точный» элемент, как тормозная подушка).

Правильное число оборотов пластинки должно устанавливаться не по шкале, а другими более точными приемами.

Применение счетчиков числа оборотов или механических тахометров обычного типа, вносящих добавочное сопротивление, при измерениях со столь маломощными двигателями, как граммофонный, конечно, неуместно.

Можно, сделав пометку по краю пластинки, например наклейкой белой бумаги, проверять число оборотов прямым счетом в течение минуты, но это очень неудобно.

Выпускаются приборы, специально предназначенные для измерения числа оборотов граммофонных дисков. Обычно они основываются на измерении развиваемой при вращении центробежной силы, т. е. по существу, на том же принципе, который лежит в основе и самого регулятора граммофонного механизма. Измерение производится либо по величине подъема груза, либо по смещению пузыря воздуха.

В конструкции фирмы His Masters Voice шкалы при подобном приборе нет и он предназначен лишь отмечать момент, когда достигается правильное число оборотов (78 об/мин), — в этот момент уровень груза на рычаге выравнивается с уровнем постоянной горизонтальной плоскости, что дает возможность удобного наблюдения при вращающемся диске.

Все эти приборы недостаточно точны и, к тому же очень

<sup>1</sup> К сожалению, элементарное умение пользоваться пластинками недостаточно распространено среди лиц, пользующихся ими. Можно, как исключение, отметить, что для частей РККА, где портативный граммофон является табельным имуществом, Агитмассовым отделом Политуправления издана особая инструкция, в которой в частности приводятся и правила обращения с пластинками. См. «Руководство по уходу, сбережению и пользованию патефоном», изд. 1933 г., стр. 18.

чувствительно реагируют на эксцентричность пластинки, затрудняя этим основное измерение.

Значительно точнее и удобнее способ стробоскопического измерения числа оборотов. Стробоскопический метод вообще удобен для исследования периодических быстрых процессов<sup>2</sup>.

На рис. 254 представлена предназначенная для этой цели этикетка<sup>3</sup>.

Если окружность разделена на некоторое число  $k$  равных промежутков и мы будем освещать эту укрепленную на вращающейся пластинке этикетку источником света, делающим  $f$  вспышек в секунду, то благодаря стробоскопическому



Рис. 254.

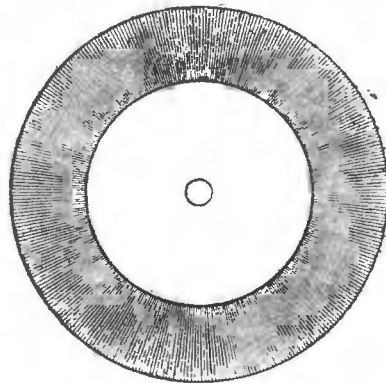


Рис. 254а.

эффекту диск покажется нам неподвижным при некотором числе оборотов  $n$  в минуту, определяемом соотношением

$$n = 60 \frac{f}{k}. \quad (86)$$

В качестве источника света, дающего периодические «вспышки», удобно использовать электрическую лампочку на переменном токе. Так, например, наиболее у нас распространенный 50-периодный ток дает 100 вспышек в секунду ( $f=100$ ). В этом случае при разных  $k$  (для которых можно принимать только целые числа) легко получаются соответствующие  $n$ :

$k = 75$	$76$	$77$	$78$	$79$
$n = 80,00$	$78,95$	$78,20$	$76,92$	$75,95$

<sup>2</sup> С помощью этого метода, носящего в этом случае название стробоскопического метода, между прочим получают фотографии формы звучащего тела, например голосовых связок.

<sup>3</sup> Введенная автором для пластинок лабораторного назначения. Многократно предлагалось применение стробоскопического узора в рисунке этикетки всех обычных пластинок.

Таким образом, 77 делений ближе всего к нужному нам числу оборотов и отвечают 78 об/мин с точностью  $1/4\%$ . В действительности, впрочем, точность ниже, так как стабильность частоты городского переменного тока лежит обычно в пределах  $\pm 1\%$ .

Хотя освещение может производиться обычной экономиче-ской (не угольной) лампочкой накаливания, но отчетливее получается картина при пользовании неоновой лампой, которая, благодаря отсутствию тепловой инерции, дает более резкий контраст между темными и светлыми полосами.

Этот прием применен в частности и на записывающих станках (см., например, рис. 103, где видны полосы, нанесенные по борту планшайбы).

Еще более точные результаты можно получить с помощью кружка, изображенного<sup>4</sup> на рис. 254а. В этом случае стробоскопический эффект достигается за счет совладения темных и светлых полос с колебаниями ножки камертона  $la_2$ . На кружке нанесено 336 линий, что при  $f=437$  гц дает нужную величину в 78 об/мин.

Предложен еще способ установления нужного числа оборотов на слух с помощью специальных граммофонных пластинок. На этих пластинках обычно записан тон  $la_2$ , взятый на каком-либо инструменте, например на скрилке. Воспроизводя такую пластинку на граммофоне, можно, вращая регулятор, настроить пластинку в унисон с одновременно приводимым в звучание камертоном. Этот способ особенно предпочтителен для музыкантов. Запись этого тона настройки может производиться не только на отдельных пластинках, но и на оставшемся поле обычных музыкальных пластинок<sup>5</sup>.

Разумеется всякая проверка числа оборотов должна производиться в рабочем состоянии граммофона, т. е. при лежащей на диске пластинке и при опущенной на пластинку игле.

На практике полезно убедиться в том, что число оборотов не меняется при полном и ослабшем заводе пружины. — подобная стабильность характерна для хороших механизмов. Не столь безупречные механизмы могут замедлять свое движение к концу проигрывания на 2 и более оборотов в минуту.

Все приведенные до сих пор способы имеют целью установление средней угловой скорости. Существенно также, чтобы и на протяжении одного оборота угловая скорость не подвергалась колебаниям. Проверка этого может быть произведена более сложными приемами<sup>6</sup>, в потребительских условиях

<sup>4</sup> Wetzel R., Stroboskopische Methoden zur Einstellung der Umdrehungszahl von Schallplatten. Funk. 1931, 35: 551—2.

<sup>5</sup> См. герм. пат. 163925 (1904 г.), 227755 (1910 г.).

<sup>6</sup> Например способами, пригодными для проверки записывающих станков (см. сноску 40а во II части книги).



принемлемыми. Плохие механизмы могут изменять свою скорость на 1% на протяжении одного оборота пластинки.

В асинхронных электромоторах число оборотов поддерживается с помощью такого же тормозного регулятора, как и в пружинном механизме. Напротив, при синхронных моторах дело значительно упрощается и регуляторов более не требуется, — этот вид привода следует считать для граммофона наиболее совершенным, хотя для начального пуска такого мотора ему приходится давать толчок в желательном направлении. Впрочем, соответственно нестабильности частоты сети подобный моторный привод также не всегда обеспечивает

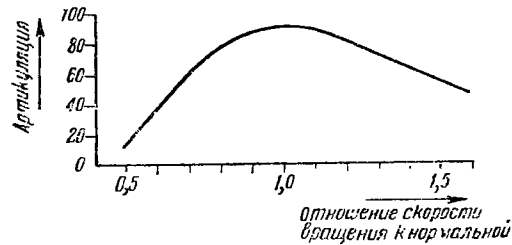


Рис. 255.

соблюдение скорости с точностью более 1%. Интересно отметить, что изменение числа оборотов непосредственно сказывается на артикуляции. На рис. 255 представлена эта зависимость по данным Флетчера. Число оборотов, соответствующее числу оборотов при записи, принято за единицу. Впрочем артикуляция не может быть исчерпывающим критерием для граммофонной пластинки и поэтому допустимое изменение артикуляции в пределах практически возможного числа оборотов еще не свидетельствует о маловажности соблюдения точной скорости.

### 180. Движение тонарма

К условиям проигрывания относятся и другие обстоятельства, которые должны быть предусмотрены еще при изготовлении граммофона.

Знакомая с аппаратурой записи, мы видели, что резец перемещается по радиусу воскового диска, что является условием образования правильной спирали. А между тем игла при воспроизведении благодаря вращательному движению тонарма перемещается по дуге окружности. Не требуется пояснять, что это приводит к искажениям.

На правильный выход из этого положения первым указал повидимому Вильсон (Wilson)<sup>7</sup>. Остановимся на этом вопросе.

<sup>7</sup> На это, по крайней мере, имеется указание в книге Wilson и Webb, Modern Gramophones and Electrical Reproducers, Лондон 1929, стр. 126. Аналитический вывод Вильсона, к сожалению, автору неизвестен. Данный ниже вывод является самостоятельным; он приводится здесь, так как является, по мнению автора, наглядным.

соблюдение скорости с точностью более 1%.

Интересно отметить, что изменение числа оборотов непосредственно сказывается на артикуляции. На рис. 255 представлена эта зависимость по данным Флетчера. Число оборотов, соответствующее числу оборотов

На рис. 256  $O$  — центр вращения пластинки,  $T$  — ось вращения тонарма,  $B_a B_o B_i$  — окружность, описываемая острием иглы,  $r_i$  и  $r_a$  — крайние, внутренний и наружный, радиусы рабочей зоны пластинки,  $r_o$  — некоторый радиус, промежуточный между первыми двумя,  $B_i A_i$ ,  $B_o A_o$ ,  $B_a A_a$  — касательные к окружностям радиусов  $r_i$ ,  $r_o$  и  $r_a$  в точках  $B_i$ ,  $B_o$  и  $B_a$ .

Пусть далее  $B_a C$  представляет проекцию плоскости иглы, конец которой находится в точке  $B_a$  (в холостой канавке), а  $\alpha$  и  $\gamma$  — углы, образуемые линией  $B_a C$  с линиями  $B_a T$  и  $B_a A_a$ . При этом  $\gamma$  есть тот вредный угол, на который игла повернута относительно положения резца при записи, а  $\alpha$  — постоянный угол, заданный конструкцией.

Как известно, в  $\triangle O T B_a$  сторона  $a$  может быть выражена через другие элементы треугольника следующим образом

$$a^2 = p^2 + r^2 - 2pr \cos \beta,$$

где  $a$  — длина стороны  $OT$ ,

$p$  — длина стороны  $T B_o$ ,

$r$  — длина стороны  $O B_a$ .

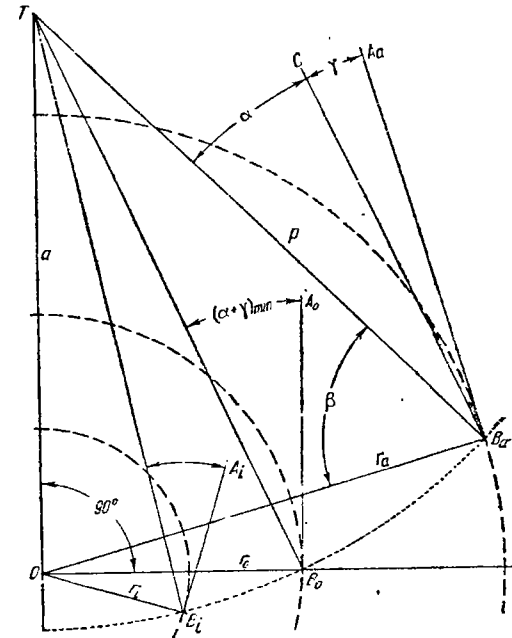


Рис. 256.

Но так как по условию чертежа  $\angle A_a B_a O = 90^\circ$ , то  $\beta = 90 - (\alpha + \gamma)$  и так как  $\cos [90 - (\alpha + \gamma)] = \sin (\alpha + \gamma)$ , то

$$a^2 = p^2 + r^2 - 2pr \sin (\alpha + \gamma) \quad (87)$$

В этом выражении для осуществленной конструкции переменными являются лишь  $r$  и  $\gamma$ .

Раньше часто применялось  $a = p$ ; в этом случае, как легко видеть

$$\sin (\alpha + \gamma) = \frac{r}{2p}.$$

Например при  $p = 22$  см и

$r$	5	7	9	11	13	15 см
$\alpha + \gamma$	$6^\circ 32'$	$9^\circ 09'$	$11^\circ 46'$	$14^\circ 29'$	$17^\circ 10'$	$19^\circ 56'$

Изменения вредного угла  $\gamma$  будут происходить

$$\begin{aligned} \text{при } \alpha = 0^\circ & \text{ от } 6^\circ 32' \text{ до } 19^\circ 56' \\ \alpha = 13^\circ 14' & \text{ " } - 6^\circ 42' \text{ " } + 6^\circ 42' \end{aligned}$$

Принимая  $\alpha$  отрицательным, мы получили бы особенно большие значения вредного угла  $\gamma$ . Поэтому отрицательное  $\alpha$  (соответствующее случаю, когда линия проекции плоскости иглы проходит между центрами тонарма и пластинки) совершенно недопустимо, хотя и встречается в некоторых старых конструкциях.

Таким образом, уже для случая  $a = p$  мы видим, что при положительном значении  $\alpha$ , равном среднему из крайних значений  $\alpha + \gamma$ , т. е. при

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{(\alpha + \gamma)_{\text{max}} + (\alpha + \gamma)_{\text{min}}}{2}, \quad (88)$$

отклонения  $\gamma$  становятся обоюдосторонними (т. е. со знаком  $\pm$ ) и потому уменьшаются по абсолютной величине.

При  $a \neq p$  можно добиться еще меньших отклонений, так как при этом можно достичь сближения самих величин  $(\alpha + \gamma)_{\text{max}}$  и  $(\alpha + \gamma)_{\text{min}}$  в уравнении (88).

Найдем угол  $\alpha$ , дающий наименьшее  $\gamma$ .

Максимум значения  $(\alpha + \gamma)$  будет иметь место в крайних канавках. Следовательно, выгодно в наружной и внутренней канавках, т. е. при  $r_a$  и  $r_i$  иметь одинаковые отклонения, так как при этом условии абсолютная величина  $(\alpha + \gamma)_{\text{max}}$  будет наименьшей, поэтому

$$[\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{max}} = [\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{min}} \quad (89)$$

Но из (87) следует:

$$\sin(\alpha + \gamma) = \frac{p^2 + r^2 - a^2}{2pr} \quad (87a)$$

и, следовательно, значения синусов определяются из (87):

$$[\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{max}} = \frac{p^2 + r_i^2 - a^2}{2pr_i} \quad (87b)$$

$$[\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{min}} = \frac{p^2 + r_a^2 - a^2}{2pr_a} \quad (87c)$$

Приравняв на основании (89) правые части выражения (87b) и (87c), найдем

$$p^2 - a^2 = \frac{r_a - r_i}{\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_a}} \quad (90)$$

Значение  $r_0$ , при котором  $\sin(\alpha + \gamma)$  имеет свой минимум, найдем, приравняв нулю первую производную (87a) при переменной  $r$ :

$$\frac{1}{2p} \left( 1 - \frac{p^2 - a^2}{r^2} \right) = 0,$$

откуда

$$r_0 = \sqrt{p^2 - a^2}$$

т. е. другими словами  $\angle B_0OT = 90^\circ$ .

Пользуясь (90), напишем:

$$r_0 = \sqrt{\frac{\frac{r_a - r_i}{1} - \frac{r_i}{1}}{\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_a}}} \quad (91)$$

При найденном значении  $r_0$  имеем по (87a)

$$[\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{min}} = \frac{1}{p} \sqrt{p^2 - a^2} = \frac{r_0}{p} \quad (91a)$$

Подставляя (90) в (87b) или (87c), найдем:

$$[\sin(\alpha + \gamma)]_{\text{max}} = \frac{r_i + r_a}{2p} \quad (92)$$

Воспользовавшись теперь (88), найдем:

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{r_a + r_i}{2p} + \frac{1}{2} \arcsin \frac{r_0}{p} \quad (93)$$

В этом случае интересовавшая нас абсолютная величина наибольшего отклонения выразится из (92):

$$\gamma_{\text{max}} = \arcsin \frac{r_a + r_i}{2p} - \alpha_{\text{opt}} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{r_a + r_i}{2p} - \frac{1}{2} \arcsin \frac{r_0}{p} \quad (94)$$

Из этого выражения видно, что  $\gamma_{\text{max}}$  уменьшается с возрастанием  $p$ .

Чтобы рассмотреть на численном примере выведенные закономерности примем  $r_i = 5$  см и  $r_a = 15$  см.

Тогда

$$r_0 = \sqrt{\frac{r_a - r_i}{\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_a}}} = \sqrt{75} \text{ и } \frac{r_i + r_a}{2} = 10$$

и потому

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{10}{p} + \frac{1}{2} \arcsin \frac{\sqrt{75}}{p} \quad (93a)$$

$$\gamma_{\text{max}} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{10}{p} - \frac{1}{2} \arcsin \frac{\sqrt{75}}{p} \quad (94a)$$

В то время как при  $a = p = 22$  см в лучшем случае, при  $\alpha_{\text{opt}}$  мы имели  $\gamma_{\text{max}} = 6^\circ 42'$ , при  $p = 22$  см по формуле (94a) для рассмотренного только что способа выравнивания  $\gamma_{\text{max}} = 1^\circ 58'$ . Достигается это уменьшение благодаря тому, что конец иглы отстоит от центра на величину  $p - a = 17,8$  мм.

Приведенный только что расчет приобретает значительно большую наглядность, если выразить зависимость  $\alpha + \gamma$  от  $r$

<sup>4</sup> К сожалению, из соображений компактности принимают  $p$  малым; например, для портативного граммофона ПТ-3 (тип, выпускаемый в настоящее время Главышпротребом) принято  $a = 17,5$  см, чем определяется и малое  $p$ .

<sup>5</sup> Принятые для  $r_i$  и  $r_a$  значения несколько шире приведенных § 42; для них  $r_i = 4,5$ ,  $r_a = 14,4$  и соответственно  $r_0 = 9,5$  см.

графически. На рис. 257 это сделано для рассмотренных случаев  $p = 22$  см.

Легко видеть, что при  $a \neq p$  величины  $a + \gamma$  больше, чем в случае  $a = p$ , но разности  $(a + \gamma)_{\max} - (a + \gamma)_{\min}$  меньше. Из графика наглядно видно также, что основное, достигаемое при  $a \neq p$ , сводится к тому, что  $r_0$  помещается между  $r_1$  и  $r_a$ .

Среди многих мастеров, занимающихся ремонтом граммофонов, распространен прием монтировать мембрану таким образом, чтобы игла упиралась в центр шпинделя. Из вышесказанного очевидно ошибочность подобной установки.

Надо отметить, что при  $p > a$  игла стремится к смещению по вращающейся поверхности (даже при отсутствии канавок) в направлении от периферии к центру.

Благодаря этому игла, выскочившая почему-либо из канавки, легко переходит на другую сторону за центральной шпеленк и создает при этом на пластинке царапину.

Приведенное решение задачи введением угла  $\alpha$  и неравенства  $p > a$  является простым, но не единственным способом уменьшения угла  $\gamma$ . Имеются решения этой задачи, основанные на применении простых кинематических приемов выпрямления вращательного движения<sup>10</sup>, более удобные в случае адаптера, чем в случае мембраны. Чтобы дать представление о количественном влиянии рассмотренной неправильности движения тонарма на слуховое восприятие, укажем<sup>10а</sup>, что при неблагоприятном соотношении между записанной длиной волны и амплитудой и при вредном угле, равном  $15^\circ$ , величина возникающей второй гармоники достигает 4,1%.

Несовпадение линии движения конца иглы с радиусом имеет своим недостатком не только появление вредного угла, но, строго говоря, и незначительное изменение угловой скорости. Последний недостаток сохраняется при всех конструк-

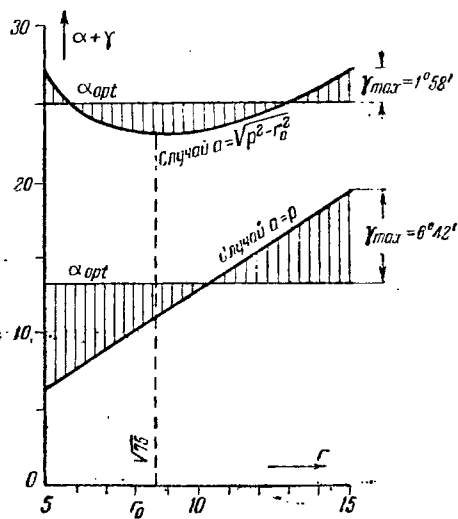


Рис. 257.

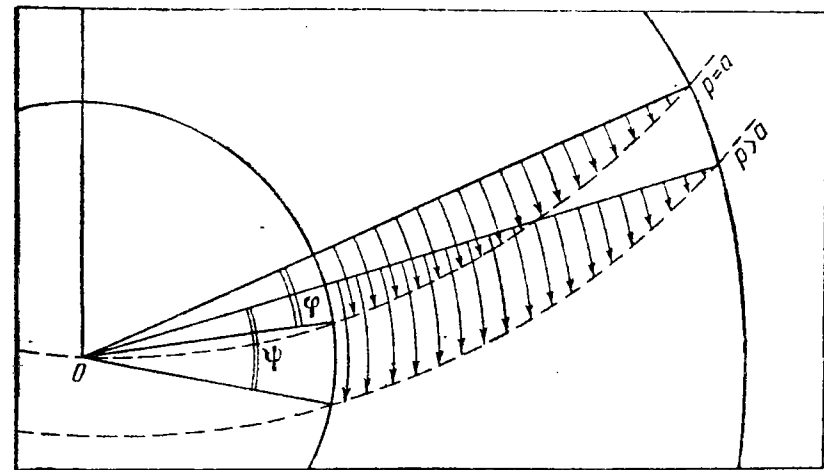


Рис. 258.

циях, при которых линия перемещения иглы не совпадает с радиусом. В самом деле (рис. 258), между начальным и конечным положением иглы имеется некоторый угол. При этом  $\angle \psi$ , отвечающий случаю  $p > a$ , больше  $\angle \varphi$ , отвечающего случаю  $p = a$ . Наличие этого угла означает, что при обычном проигрывании от края к центру конец иглы перемещается в том же направлении, что и пластинка, и потому число оборотов пластинки относительно конца иглы (которое только и существенно) меньше абсолютного числа оборотов самой пластинки.

Чтобы дать об этом явлении количественное представление, укажем, что, например, при  $a = p = 22$  см,  $r_a = 15$  см,  $r_1 = 5$  см, величина  $\varphi = 14^\circ$ .

Но на расстоянии  $r_a - r_1 = 10$  см при средней плотности  $\Delta_2$  укладывается 378 канавок, так что на один оборот приходится лишь недоход на  $\frac{\varphi}{\Delta_2} = \frac{14}{378} = 0,0371$ , что соответствует падению скорости

$$\frac{0,0371}{360} \cdot 100 = 0,0103\%$$

При практическом слушании этой величиной можно, конечно, вполне пренебречь и лишь при использовании пластинки для некоторых особо точных измерительных работ ее небесполезно иметь в виду. Так, установив совершенно одинаковое число оборотов с тем, которое было, например, при записи чистого тона в 5000 гц, мы в действительности будем снимать тон на 0,5 гц ниже. При неблагоприятных значениях  $p$  и  $a$  этот дефект может быть значительно сильнее.

<sup>10</sup> Например герм. пат. 578250, 599969.

<sup>10а</sup> Olney V., Phonograph Pickup Tracking Error (vs distortion and record wear). Electronics 1937, 10, 11: 19—23. 81.

При переписи пластинок, когда пластинка проигрывается адаптером и ток с него передается после усиления на рекордер, дефект этот удваивается, так как дважды вносится эта ошибка (звукосниматель переписи, затем звукосниматель воспроизведения).

Отметим здесь же, что целый ряд устройств, предназначенных для рассматриваемых в гл. XIX пластинок прямого воспроизведения, ведет адаптер точно по радиусу.

Следует обратить внимание на принципиальное отличие между установками, в которых звукосниматель перемещается самой граммофонной пластинкой, и установками, в которых адаптер *принудительно* перемещается механизмом (как, например, восковой адаптер, перемещаемый суппортом). Последний способ предпочтителен, так как освобождает пластинку от лишней боковой нагрузки. Принудительное движение звукоснимателя имеет, впрочем, пока применение лишь для пластинок прямого воспроизведения, ввиду связанных с этой системой для обычных пластинок конструктивных трудностей (установка на разную подачу соответственно принятому шагу записи, выключение подачи при переходе на выводную спираль, необходимость точнейшей центровки и т. д.).

### 181. Воспроизведение адаптером

Действие адаптера противоположно действию рекордера: он превращает механические колебания в электрические (в этом он схож с микрофоном — отличие состоит в том, что микрофон воспринимает колебания, приходящие по воздуху, а адаптер лишь передаваемые прямым контактом).

Конструктивно адаптер в принципе схож с рекордером. В нипеле железного якоря укрепляется граммофонная игла. Якорь колеблется внутри неподвижной катушки, находящейся между полюсными наконечниками подковообразного постоянного магнита, благодаря чему индуцирует в катушке соответствующую электродвижущую силу.

Собственная частота колебаний системы якоря (вместе с иглой) обуславливает наличие резонансного пика в кривой частотной характеристики адаптера. Пик этот лежит в области высоких частот (например около 4000 гц), за этим пиком имеет место завал более высоких частот. Задача конструкторов состоит в том, чтобы отодвинуть этот пик по возможности дальше в область высоких частот.

Анализ механической системы якоря, производимый с помощью упоминавшегося в § 66 метода электромеханических аналогий, показывает<sup>11</sup>, что повышение частоты этого резо-

нанса возможно путем применения менее гибких игл, уменьшения гибкости закрепления якоря и уменьшения момента инерции якоря.

Под гибкостью понимается перемещение от определенной силы (например 1 см/дина). Обратная величина называется жесткостью (или упругостью)<sup>12</sup>.

Совокупность подвижной системы, несущей адаптер, также обладает некоторой собственной колебательной частотой, лежащей низко (например около 200 гц), соответственно значительности общей массы. При подобной частоте, сообщаемой кончику иглы, сможет прийти вместе с иглой в колебательное движение все это устройство и притом, благодаря резонансу, в большей мере, чем сама игла, что и дает снова пик в частотной характеристике. Электродвижущая сила индуцируется лишь при движении иглы *относительно* полюсных наконечников, вследствие чего при еще более низких частотах, когда игла будет колебаться как одно целое со всем механизмом, наблюдается уменьшение снимаемого напряжения, иначе говоря, происходит завал низких частот.

Конструктивной задачей является сдвиг этого второго резонанса (называемого *нижним* в отличие от упомянутого выше, носящего название верхнего или *главного*) дальше в сторону низких частот для расширения диапазона передаваемых частот.

Анализ показывает, что для достижения этого следует увеличить гибкость закрепления якоря или повысить массу всей подвижной системы.

Таким образом, в отношении гибкости закрепления якоря требования с точки зрения нижнего и верхнего резонансов оказались противоположными.

Требование повышения массы всей подвижной системы встречает возражения с точки зрения износа пластинки.

Для уменьшения износа пластинки желательно, чтобы нагрузка на пластинку была по возможности мала. Вес звукоснимателей (порядка 100—150 г), на первый взгляд незначительный, в действительности создает огромные нагрузки на пластинку, так как передается весьма малой (особенно в первый момент) поверхностью иглы. Так, считая эту начальную поверхность равной четверти поверхности шара с радиусом, равным радиусу кончика иглы, принимая этот радиус

<sup>12</sup> „Жесткость тела“ (сокращенно „жесткость“) надо отличать от „жесткости закрепления“. Первая относится к перемещению одних участков тела относительно других участков его (*деформация*) и определяется совокупным влиянием жесткости материала и жесткости приданной ему формы; вторая характеризует перемещение определенной точки тела (или жесткого тела в целом) относительно точек закрепления (*смещение*). Это замечание относится, конечно, и к гибкости.

<sup>11</sup> См. Fortsmann A., Zur Theorie elektromagnetischer Tonabnehmer. ENT 1930. 7; 11: 426—34.

$r = 30 \mu = 3 \cdot 10^{-3} \text{ см}$  и принимая вес подвижной системы равным  $p = 150 \text{ г} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ т}$ , найдем, что удельная нагрузка, равная весу, приходящемуся на единицу поверхности, составляет  $p : (0,25 \cdot 4 \pi r^2) = 1,5 \cdot 10^{-4} : (0,25 \cdot 4 \pi \cdot 9 \cdot 10^{-6}) = 5,2 \text{ т/см}^2$ . Для того чтобы показать, насколько огромна эта величина, укажем, что удельная нагрузка на рельс от паровоза (с давлением на ось около 20 т, как это имеет место для наиболее мощных паровозов) — величина того же порядка. Допускаемые в машиностроении напряжения на сжатие и сдвиг значительно ниже этих величин.

Понижение износа пластинок требует также увеличения гибкости закрепления якоря (слабого демпфирования), что

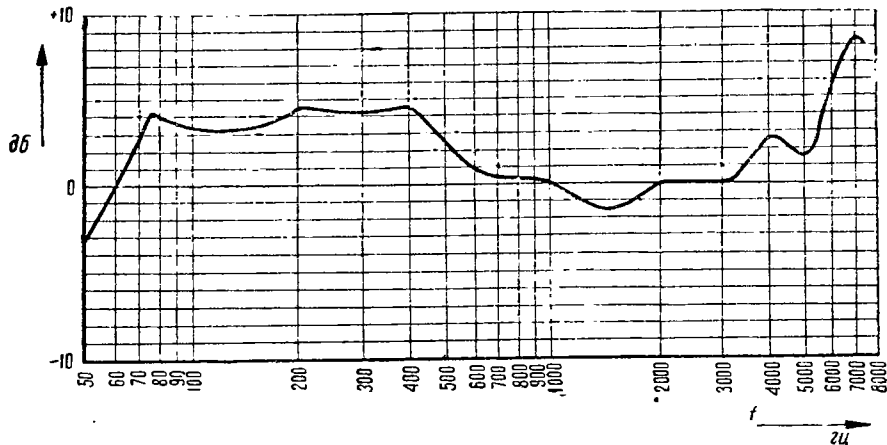


Рис. 259.

прогиворечит требованию повышения верхнего резонанса. Единственное, не встречающее противоречий требование — уменьшение момента инерции якоря — конструктивно трудно выполнимо, ввиду необходимости устройства зажима для укрепления иглы, что вызывает повышение массы этого якоря.

Практические конструкции представляют собой в той или иной мере компромиссное решение в выборе упомянутых величин<sup>13</sup>.

Примером частотной характеристики адаптера может служить<sup>13а</sup> рис 259, где видны оба пика, завал низких и начало

завала высоких частот; в основном диапазоне — между пиками — характеристика достаточно линейна: интервал между наибольшими отклонениями от линейности не превышает 5—8 дБ.

Электромагнитный адаптер, рассматривавшийся до сих пор, получил наибольшее распространение. Здесь не место поэтому останавливаться на других типах, например пьезоэлектрическом, емкостном и т. п. Электродинамические адаптеры нашли удачное применение для проигрывания пластинок глубиной записи.

Включив к адаптеру непосредственно телефонную трубку, можно уже слушать, но практически всегда ток, снятый с адаптера, подается на усилитель.

Не останавливаясь на конструкции усилителя как такового<sup>14</sup>, напомним, что в нем существенно наличие наименьших нелинейных искажений, правильная частотная характеристика и малый период установления.

Особо ценна возможность введения в усилитель волюмконтроля, тонконтроля и экспандера. Наличием этих последних возможностей адаптерное воспроизведение выгодно отличается от рассматриваемого ниже мембранного.

Наличие волюмконтроля, служащего для изменения по желанию громкости воспроизведения (т. е. по существу, для вторичного микширования) и тонконтроля, позволяющего в некоторых пределах менять частотную характеристику воспроизведения, может впрочем дать полный эффект лишь в опытных руках, а в неопытных может привести, напротив, к удалению от естественности.

Как на пример неправильного пользования волюмконтролем, легко указать на очень распространенное стремление слушать всякую передачу с максимальной громкостью, одинаковой для сольного исполнения и для многоголосого хора.

Электрическое воспроизведение, благодаря большей легкости достижения заданной формы частотной характеристики, позволяет добиваться лучшей суммарной частотной характеристики. При нем удобно осуществляется упомянутое в § 70 срезание шипения. Многие фирмы (быть может большинство), производя запись, ориентируются на адаптерное воспроизведение. Можно также производить запись пластинок в двух вариантах: для адаптера и для мембраны, отмечая назначение пластинки на этикетке.

<sup>13</sup> Келлог Е. W., Electrical reproduction from phonograph records JAIEE 1927, 46; 10:1041. На русском языке обзор см. Харкевич А. А., Звукосниматели, ЖТФ 1932, 2, 7—8: 882—908.

<sup>13а</sup> Характеристика относится к звукоснимателю, разработанному в Гос. Союз. Лаб. Звукзаписи инж. С. А. Маковым. Звукосниматель применен в выпущенных на рынок в 1939 г. электропроигрывателях Ф-1.

<sup>14</sup> Литература по усилителям приведена была в списке 32 во второй части книги. См., кроме того, Ardenne M., Die elektrische Schallplatten-Wiedergabe unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung des Rundfunkempfängers, 1930. Wacker K., Schallplatten im Lautsprecher. Scroggie M. G., High quality reproduction and new ideas in outward Form electric gramophone. Wireles; World 1939, 44: 19: 432—6.

Конечным этапом электрического воспроизведения является репродуктор. Его роль, как излучателя звуков, далеко не маловажна с точки зрения влияния на качество воспроизведения.

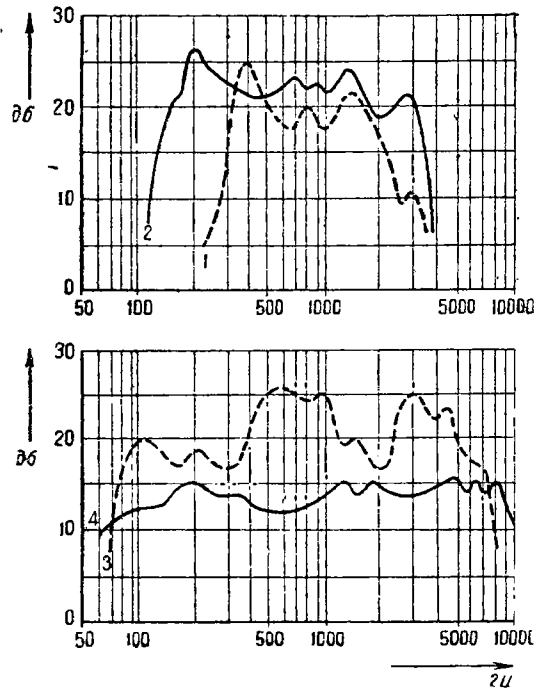


Рис. 260.

Создание репродуктора, имеющего линейную частотную характеристику в очень широком диапазоне, — задача еще не вполне разрешенная.

Примером частотных характеристик репродукторов могут служить кривые, приведенные на рис. 260.

Здесь 1 относится к электромагнитному громкоговори́телю «Рекорд», 2 — к «фрайшвингеру» Моск. Радиозавода (бывш. Химрадио), 3 — к электродинамическому громкоговори́телю Киевского завода. Характеристики иностранных репродукторов имеют тот же характер, но все же несколько шире и равномерней.

В лабораторных условиях разработаны еще более совершенные конструкции репродукторов (например применяющий специально-гофрированную конусную мембрану и расчлененную звуковую катушку электродинамический репродуктор Olson, применяющий рупор вместо конусной мембраны репродуктор Bostwick и др.), но они не получили еще достаточно широкого распространения<sup>14а</sup>. Частотная характеристика репродуктора Olson показана на кривой 4 рис. 260.

Рассматривая приведенные здесь характеристики, существенно обращать внимание отнюдь не на высоту расположения кривой на сетке, а исключительно на ее равномерность.

Отмечается и другой путь расширения частотного диапазона — применение комбинированного громкого-

ворителя, состоящего из двух репродукторов, один из которых лучше передает низкие, другой — высокие частоты. Например заставляю одновременно работать конусный динамический репродуктор (низкие частоты) и ленточный репродуктор с экспоненциальным рупором (высокие частоты); однако с помощью специальных фильтров не допускают<sup>15</sup> на первый — частоты выше 1800 Гц и на второй — частоты ниже 1500 Гц.

В качестве высокочастотного репродуктора применяют также пьезоэлектрический громкоговори́тель. Комбинированные репродукторы применены были и в опытах Стоковского. В этих опытах перекрывание диапазона в 40—15 000 Гц осуществлялось с помощью двух репродукторов, из коих один перекрывал 40—300 Гц, а другой 300—15 000 Гц. Таким образом, на долю каждого приходилась, примерно, половина всей энергии.

Для лучшей направленности высоких частот рупоры этой группы были разделены на ячейки, обеспечивавшие равномерное распределение звука.

Основанная на применении комбинированных репродукторов аппарата выпускается уже на рынок<sup>16</sup>, однако она еще дорога. Не вполне благополучно обстоит в репродукторах дело и с процессами устанавливания. Как указывалось в § 35, период устанавливания для репродукции речи не должен превышать одной миллисекунды, так как он должен быть меньше периода устанавливания звуков речи, имеющего, как сказано было выше, для согласных значение порядка 3 мсек; на практике это требование не удовлетворяется. По мнению Баггауза<sup>17</sup> это и придает звучанию репродукторов своеобразный глухой характер.

Репродукторам присуща также направленность действия.

Упомянем еще о существовании у репродукторов с бумажной конусной мембраной паразитных (так называемых гетеропараметрических) колебаний<sup>18</sup>, также ухудшающих чистоту воспроизведения за счет появления тонов с половинной и прочими частотами.

Нужно обратить внимание на одну черту диффузорных репродукторов: передача низких частот улучшается, когда репродукторы монтируются на так называемой отражатель-

<sup>14а</sup> Подобная аппаратура применена была в упомянутых в § 33 опытах Massa.

<sup>16</sup> К подобному типу относится установка, выпускаемая, например, фирмой Telefunken под маркой Ela L 840, также агрегаты фирм Rothermel, BRC, Blue Spot и т. п.

<sup>17</sup> Bäckhaus H., Über die Bedeutung der Ausgleichvorgänge in der Akustik, ZtPh 1932, 13; 1: 31—46.

<sup>18</sup> См. Е. П., Паразитные колебания в громкоговори́телях РФ 1934, 8; 20: 35—6. 21: 31—2.

<sup>14а</sup> Описание репродукторов см. в книге Мак-Лафлея, Громкоговори́тели (перев. с англ.) М. 1938 г.

ной доске. Роль этой доски состоит в том, что она разделяет пространственно волны, излучаемые лицевой и оборотной стороной диффузора, мешая им интерферировать; существенность отражательной доски для низких частот объясняется большей длиной волны для этих последних.

Для улучшения частотных характеристик репродукторов иногда монтируют на отражательной доске цилиндрические резонаторы.

## 182. Воспроизведение мембраной

В отличие от адаптера, в случае мембраны мощность звуков граммофона целиком задается колебаниями диафрагмы и не повышается за счет какой-либо посторонней энергии (как это имеет место в усилителе в случае адаптерного воспроизведения). Для того чтобы приводить в колебательное движение диафрагму, нужно значительно больше энергии, нежели для приведения в колебательное движение маленького якоря (иначе говоря, механическое сопротивление у мембраны больше, чем у адаптера). Благодаря этому адаптер может значительно меньше изнашивать пластинку, чем мембрана.

Неблагоприятная конфигурация рычага и его размер ведут к тому, что масса рычага выше, чем масса якоря. Вместе с тем требование снижения момента инерции рычага для расширения вверх частотного диапазона (аналогично требованию уменьшения инерции якоря) заставляет сосредоточить его массу вблизи оси вращения; это, в свою очередь, затрудняет придание концам рычага жесткости<sup>19</sup>.

Диафрагма мембраны по своему действию соответствует диффузору репродуктора. Для неискаженного воспроизведения она должна колебаться как одно целое, т. е. проявляя так называемое поршневое действие, так как колебание отдельных зон в разных фазах привело бы к интерференциям. Для этой цели диафрагма должна быть жесткой, но не должна быть жестко закрепленной.

Сделать диафрагму жесткой нужно не за счет увеличения ее массы, которая должна быть минимальной. Практически осуществление указанного требования достигается утоньшением диафрагмы к периферии, скреплением разных точек ее с помощью легкого пространственного «паучка» (spider) и т. п. По этой же причине перешли от слюдяных диафрагм, прежде очень распространенных, к более жестким металлическим.

Уменьшение жесткости закрепления диафрагм осуществ-

ляется с помощью укрепления их в резиновых, картонных и т. п. прокладках.

Для того чтобы дать представление о количественном значении упомянутых величин, заметим<sup>20</sup>, что вес металлической диафрагмы составляет менее 1 г, вес рычага около 4 г, момент инерции рычага с иглой составляет около 4 гсм<sup>2</sup>, жесткость закрепления диафрагмы, измеренная на конце иглы, составляет около  $7 \cdot 10^6$  дин/см.

Исследования процессов устанавливания в мембранах автору неизвестны.

Качество воспроизведения не ограничивается свойствами одной лишь мембраны, но зависит также от свойств тонарма и рупора.

Для приведения в колебательное движение мембраны, соединенной с рупором, требуется большая затрата энергии, нежели для приведения в колебательное движение отдельной мембраны. Таким образом, наличие рупора (понимаемого в широком смысле, т. е. включая воздушную полость мембраны и тонарма) создает добавочную нагрузку. Эта нагрузка, в свою очередь, демпфирует резонансы диафрагмы. Из сказанного следует, что наличие рупора повышает силу звуков воспроизведения и улучшает частотную характеристику. Впрочем, рупор может действовать на частотную характеристику и ухудшающе, например может вносить свои собственные резонансы.

Не входя в дальнейшее рассмотрение этого вопроса<sup>21</sup>, заметим, что укороченный рупор, применяемый в портативных граммофонах, дает выигрыш в компактности за счет ухудшения звучания, так как длинный рупор с большим выходным отверстием имеет явные качественные преимущества.

Такой длинный рупор (изогнутый и спрятанный внутри) применяется в более дорогих мебельнооформленных, стационарных граммофонах, звучание которых в лучших образцах не уступает радиogramмофонам.

Не приходится поэтому говорить, что устройства типа Mikiphon, при всей своей компактности, не могут заслуживать поощрения с точки зрения качественных требований.

Пример частотной характеристики мембраны с рупором показан<sup>22</sup> на рис. 261.

На основе этой характеристики можно считать, что грам-

<sup>20</sup> Более обстоятельные цифры приведены в интересной работе: Митяев В. К. Статические параметры граммофонных мембран, Отчет Гос. Союзн. лабор. звукозаписи за 1935 г.

<sup>21</sup> См. уже цитированную книгу Вильсон и Вебб (сноска 19), главу V.

<sup>22</sup> Характеристика относится к мембране типа 5а фирмы His Masters Voice. Снята на граммофоне модели 102 инж. Митяевым.

<sup>1</sup> Впрочем, здесь дело несколько сложнее; см., например, Вильсон П. и Вебб Г., Современные граммофоны и электрические репродукторы, Л.-М. 1936, глава IV.

мофон воспроизводит диапазон 100—4000 гц, имея в пределах этого диапазона неравномерность порядка  $\pm 15$  гц.

Грамофон, как звукоизлучатель, также обладает направленным действием. Пример полярной характеристики портативного грамофона в горизонтальной и вертикальной плоскости представлен<sup>23</sup> на рис. 262. Из этого рисунка видно, что поле грамофона неравномерно и, в частности, для высоких частот наиболее интенсивное излучение направлено в сторону. Здесь приведены характеристики, снятые в заглушенном помещении. В незаглушенном помещении поле несравненно равномернее.

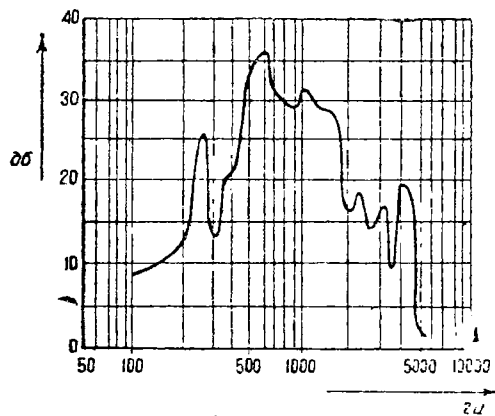


Рис. 261.

Наряду с обычного типа грамофонами существует своеобразное видоизменение, при котором тонарм и рупор отсутствуют вовсе, а мембрана заменена бумажным диффузором<sup>24</sup>, которому и передаются колебания иглы (выпускаются фирмой E. Chapoît & C<sup>o</sup> в Париже, Gnipphon в Англии, «Электрофон» в СССР). Устройства этого рода, однако, никогда не пользовались популярностью.

Надо заметить, что последний принцип легко может быть использован в более примитивном виде. Так, даже просто опирая в канавку кусок плотного картона, можно услышать звуки. Еще лучше, если в канавку вставлять иглу, проколотую через прессшпан (этот прием описывается в старых грамофонных журналах). На том же принципе и теперь советуют<sup>25</sup> строить дешевые самодельные грамофоны.

### 183. Игла

Производство игл для грамофонных пластинок сродни производству швейных иголок, булавок и т. п., но отличается более строгими требованиями к готовой продукции.

<sup>23</sup> Митяев В. К., Панасюк О. В. и Успенский К. С., Звуковое поле грамофона ПТ-3. Отчет Гос. Союз. лаб. звукозаписи за 1937 г. Надо подчеркнуть, что на приведенном рис. 262 принят *разный масштаб звуковых давлений* для различных частот.

<sup>24</sup> H a t c h e k, КТ 1930, 12; 12: 332.

<sup>25</sup> Л у к а ш е в и ч К., Грамофон (как сделать самому), Л. 1927.

Описание игольного производства<sup>26</sup>, конечно, не входит в задачи этой книги, но на свойствах игл необходимо остановиться.

Материалы для игл предлагались самые разнообразные. Наибольшее значение получили стальные иглы, с которых мы и начнем рассмотрение. Состав стали, применяемый для игл разными фирмами, различен, но не является специфическим<sup>27</sup>. Твердость игл после термической обработки, которой они подвергаются в процессе изготовления, составляет около 800 кг/мм<sup>2</sup> по Виккерсу. Отдельные иглы вследствие несовершенства производства обычно отличаются друг от друга по твердости (как и по форме): этим отличием обычно пренебрегают при слушании пластинок, но при работе с измерительными пластинками оно иногда может быть весьма неприятно.

Твердость и истираемость игл — это те качества, которые определяют износ пластинок. По совершенно понятным причинам обычно предпочитают такое соотношение твердости пластинки и иглы, при котором игла была бы подвергнута значительно большему износу, нежели пластинка, так как выгоднее выбрасывать иглы, чем пластинки. Однако чрезмерный

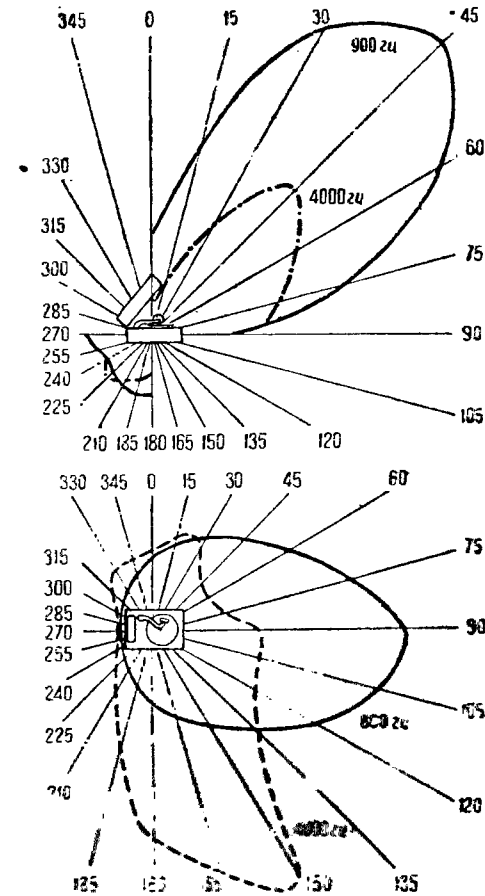


Рис. 162.

<sup>26</sup> Некоторое представление о нем можно получить по статьям Архангельский Я. Ф., Наша игольная промышленность. Вестник Металлопромышленности 1925, 1—2: 98—119; 3—4: 73—85. Эти статьи не затрагивают, впрочем, производства грамофонных игл как таковых.

<sup>27</sup> Как пример состава с. аля приведем следующий: Со 0,05—1,05%; Мп 0,52%; Si 0,2%; S < 0,019%; P < 0,014%.



износ иглы ухудшает воспроизведение высоких частот. Практически, таким образом, останавливаются на некотором компромиссном соотношении твердостей иглы и пластинки, при котором считают, что нормальная игла должна выдерживать приблизительно трех-, пятиминутную игру<sup>28</sup>.

Форма игл имеет очень существенное влияние на звучание. Острие игл представляет собою сферическую поверхность.

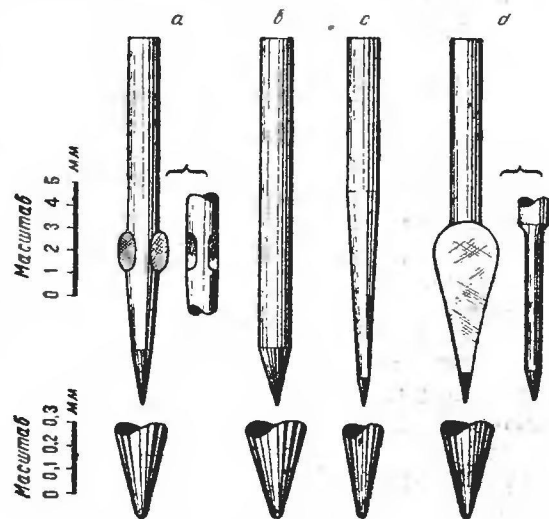


Рис. 263.

с радиусом обычно в 30—50 м, т. е. практически меньше радиуса реза записи, благодаря чему игла имеет возможность сразу же достигать дна канавки.

Впрочем, форма самого острия сохраняется при проигрывании очень недолго, так как уже за 3—5 сек. кончик иглы принимает профиль канавки.

Профиль кончика иглы, а также форму иглы в целом характеризует рис. 263, на котором приведены в масштабе некоторые формы игл.

Здесь *a* — так называемая игла «кондор», *b* — игла «громкая», *c* — игла «тихая», *d* — игла «лопатка». Под каждой иглой в пятикратном прогиб верхнего рисунка масштабе изображен кончик соответствующей иглы.

Отличие между «громкой» и «тихой» иглой, как отчетливо видно на рисунке, определяется их разной гибкостью.

<sup>28</sup> В СССР создан стандарт на граммофонные иглы (ОСТ 3355). Однако он не обеспечивал качества иглы и ныне заменен ОСТ НКЧ 4312 (см. приложения к этой книге).

Иглы «кондор» и «лопатка» имеют, благодаря своей форме, различную гибкость, смотря по тому, как они установлены в мембране: если ребро расположено поперек канавки, игла жестче и соответственно этому дает более сильный звук, чем в случае, когда ребро стоит в направлении канавки. В «лопатке» отличие формы в этих двух направлениях более резко и потому она дает и большие изменения силы звука.

При адаптерном воспроизведении, как говорилось, регулировка громкости может осуществляться с помощью волюм-контроля и потому в этом случае можно ограничиться одним типом игл, например «тихой» иглой, наиболее гибкой и, как следствие, менее всего изнашивающей пластинку.

Громкие или универсальные (как лопатка) иглы предназначены служить, главным образом, для мембранного воспроизведения.

Нужно подчеркнуть существенное противоречие: чем игла более гибка, тем менее она изнашивает пластинку, но зато и тем хуже воспроизводятся ею высокие частоты. Известная жесткость, сообщаемая игле, определяется уже необходимостью придать игле определенную твердость, так как эти величины практически не являются вполне независимыми.

Чтобы дать количественное представление о гибкости игл, заметим, что это величина порядка  $10^{-8}$  см/дина: иначе говоря, для того чтобы сместить кончик иглы относительно другого закрепленного конца на 50 м, необходимо приложить к кончику усилие примерно в 0,5 кг; такова величина гибкости, измеренная статически. В практических условиях, как мы знаем, малая гибкость иглы существенна для воспроизведения высоких частот и потому интересно было бы знать величину динамической, а не статической гибкости иглы. О последней величине получают представление только косвенно, по частотным характеристикам, заснятым с разными иглами.

К сожалению, исчерпывающие эксперименты в области игл еще не проведены<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Имеется небольшая книга, специально посвященная вопросу о граммофонных иглах: B o r c h a r d t, Neue Untersuchungen über elektrische Schallplattenwiedergabe. 1929. Исследование игл, произведенное Борхардом, касалось ограниченного числа игл и сводилось к проигрыванию (все время одной и той же!) пластинки Parlophon с плавным меняющимся между 100 и 6000 гц тоном приблизительно постоянной скоростной амплитуды тремя различными адаптерами (неизвестных характеристик), причем измерялось снимаемое напряжение в зависимости от частоты. Исследование это, однако, мало надежно и является своего рода модернизированным способом рекламы фирмы Drei-S-Werke (Schwabach), которая и раньше рекламировала свою продукцию выпуском подобных же брошюр, например, Biber L. R., Elektrische Plattenabstastung und die Brauchbarkeit der Nadel.

Не исследованы еще подробно искажения, связанные с отгибом в положении резца при записи и иглы при воспроизведении: отличие этих положений наглядно видно из рис. 264, где приведены рядом в двух проекциях резец и игла в их обычном положении. Надо заметить, что относительно положения, указанного на рисунке справа, резец бывает иногда наклонен на  $1-3^\circ$  в сторону, противоположную наклону иглы.

Благодаря тому что при записи ширина канавки получается постоянной в направлении радиуса пластинки, катящийся по полученной таким образом канавке шарик (соответствующий кончику иглы) будет вынужден в некоторых местах приподниматься тем выше, чем больший угол составляет в данном месте линия фонограммы с осевой спиралью. Если надлежащей конструкцией (обеспечением возможности вертикального перемещения звукоснимателя при проигрывании пластинок поперечной записи) не будет обеспечена возможность подъема иглы, она вынуждена будет расширять в нужных местах канавку, что также вызовет искажения.

Получив представление о форме иглы, можно сделать более наглядным упоминавшееся выше пригупление иглы. На рис. 265, а и б показано притупление иглы в двух стадиях, причем форма кончика притупленной иглы найдена в обоих случаях обычными построениями начертательной геометрии.

Для четкости чертежа вместо обрыва иглы произведено сечение ее плоскостью, нормальной к ее оси. На рис. 265 случай б отвечает значительно большему притуплению, при котором образуются заплечики (так как сечение иглы в этом месте превышает ширину канавки).

Интересно отметить, что для компенсации такого износа иглы предложено вести запись с постепенно уменьшающейся глубиной канавки, благодаря чему игла, образовавшая заплечики и поэтому опирающаяся на нерабочую поверхность, вновь оказывается несколько приподнятой над нею.

При взгляде на приведенные рисунки не верится, что игла так сильно изнашивается. Однако этот износ перестанет нас удивлять, если мы подсчитаем количество сошлифованного металла. Рассматривая сошлифованную часть рис. 265, а как усеченный конус с радиусом верхнего основания  $r = 3 \mu$ , радиусом нижнего основания  $R = 12 \mu$ , высотой  $h = 60 \mu$  (все эти величины взяты заведомо несколько больше, чем на чер-

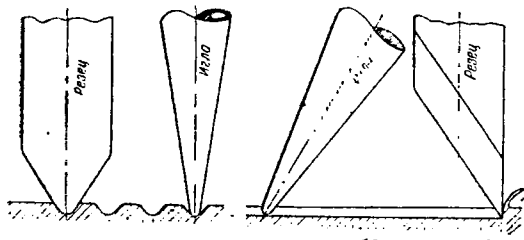


Рис. 264.

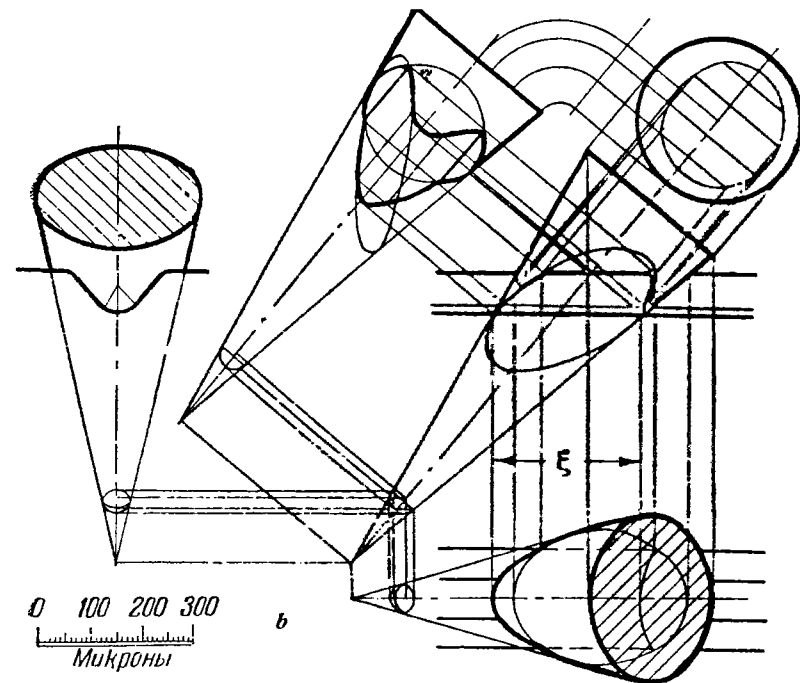
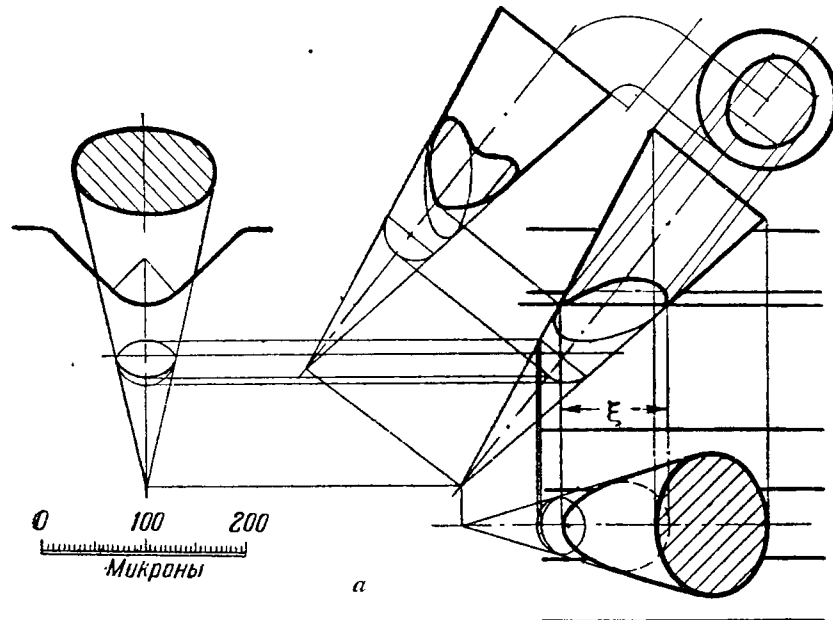


Рис. 265.

теже) и принимая плотность стали иглы  $\delta = 8 \text{ мг/мм}^3$ , получим вес сошлифованной части равным

$$G = \delta \cdot \frac{\pi h}{3} (R^2 + rR + r^2) = \\ = 8 \cdot \frac{\pi \cdot 0,06}{3} (0,012^2 + 0,003 \cdot 0,012 + 0,003^2) = 9,6 \cdot 10^5 \text{ мг},$$

г. е. меньше одной десяти тысячной миллиграмма, — не так уж много.

Величина  $\xi$  (рис. 265) может служить характеристикой притупления иглы, поскольку при постоянных профилях иглы и немой канавки она однозначно определяет сработанность иглы при проигрывании в постоянных условиях.

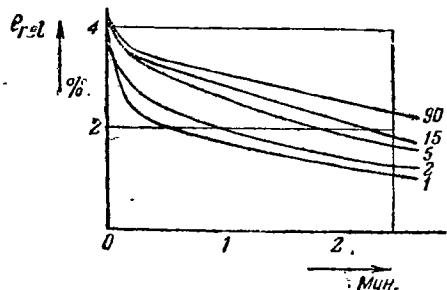


Рис. 266.

При обычных пластинках, когда имеют дело не с немой канавкой, износ иглы зависит также от характера записи.

Чем больше становятся размеры кончика иглы, тем менее она оказывается способной следовать мелким неровностям канавки, тем хуже она воспроизводит высокие частоты.

Притупление иглы, ухудшая передачу высоких частот, по той же причине связано с уменьшением шипения. Этот эффект может быть продемонстрирован графически с помощью рис. 266, на котором показана зависимость известной из § 53 величины  $v_{rel}$  (ординаты) от времени проигрывания (абсциссы). Проигрывание производилось, как обычно, от борта к центру на пластинке фирмы Telefunken много раз; при каждом проигрывании бралась новая игла и после 1, 2, 5, 15 и 90 проигрываний производился замер. Рисунок демонстрирует резкое падение шипения в начале проигрывания, которое как раз и соответствует начальной притирке иглы.

Эти результаты можно сделать более наглядными, оставив ординаты прежними, но откладывая по абсциссам число проигрываний, если (рис. 267) построить кривые отдельно для всех трех точек пластинки, отвечающих краю пластинки (0,5 мин.), середине (1,5 мин.) и внутренней стороне (2,5 мин.).

Из этого рисунка видно, что на наружных канавках шипение быстро возрастает, достигнув уже после 15 проигрываний наибольшего уровня, на котором оно затем держится без изменений; для средних и особенно внутренних канавок это происходит значительно медленнее, постепеннее.

Котовский<sup>30</sup>, автор этих наблюдений, уже известный нам по его анализу шипения, объясняет это явление тем, что острая игла, развивая вначале особенно большое давление, быстро снимает наружную пленку шеллака и обнажает зернистую поверхность наполнителей. Ко внутренним же канавкам приходит уже затупленная игла, которая производит меньшее давление и не так быстро изнашивает поверхностный слой шеллака, чем и объясняется замедленное возрастание шипения на этих частях пластинки.

К сожалению, у Котовского наблюдение ограничивается 90 проигрываниями. Было бы полезно довести и в случае внутренних канавок кривые до их параллельности абсциссам и сравнить предельные  $v_{rel}$  для разных радиусов канавок. Принципиально здесь должен был бы сказаться эффект уменьшения линейной скорости, но можно ожидать, что при значительном возрастании числа проигрываний процесс осложняется наступающим в дальнейшем выкрашиванием отдельных частиц. Отметим, что для измерительных работ с пластинками удобно избегать неточностей, связанных с постепенным притуплением игл, путем применения игл с тонким цилиндрическим кончиком.

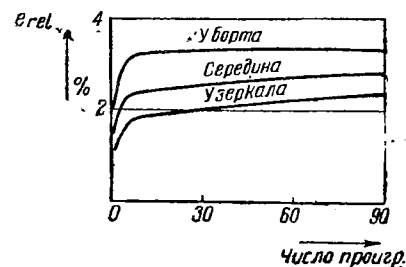


Рис. 267.

Недостаточно малые размеры кончика иглы вызывают не только искажения записи, но и искажения — и скажения от воспроизведения, так как при этом игла следует по некоторой «средней отклонке», отличающейся от кривой фонограммы<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Kotowski P., Zur Theorie des Schallplattenlauschens, KT 1934, 16; 21:341—2.

<sup>31</sup> Искажения от воспроизведения при глубокой записи, см. Di Toro M. J., Distortion in the reproduction of 78-and-45 recording, JSMPE 1937, 29; 5: 493—509. Более точный расчет, относящийся и к поперечной записи, приведен Pierce J. A. и Hunt F. V., On distortion in Sound Reproduction from Phonograph Records, JASA 1938, 10; 1: 14—28. Последние авторы приходят к выводу, что основной составляющей искажений при воспроизведении глубокой записи является вторая гармоника, а при поперечной — третья, причем в случае поперечной записи искажения всегда оказываются значительно меньше, чем в случае глубокой; в этом авторы видят существенное преимущество поперечной записи. К сожалению, все подобные методы расчета основываются на ряде допущений, вследствие отклоняющихся от реальности (например, сопоставление конца иглы с канавкой приравнивается к соприкосновению в одной точке между канавкой и шариком).

Таким образом, техническая трудность изготовления иглы с достаточно малым кончиком накладывает существенные ограничения на качества пластинки<sup>30b</sup>.

Между прочим, предлагалось изготавливать иглу из проволоки не круглого, а эллиптического сечения и располагать ее так, чтобы большая ось эллипса была параллельна радиусу пластинки. В этом случае сечение иглы плоскостью пластинки могло бы иметь форму круга, а не эллипса, как у обычной иглы.

Кроме перечисленных выше признаков материала и формы иглы, существенно также значение угла наклона иглы, под которым понимается угол между осью иглы (вставленной в иглодержатель звукоснимателя и опирающейся на пластинку) и проекцией этой оси на пластинку. Когда этот угол велик, усиливается разрушение пластинки, когда он мал, — ухудшается воспроизведение. Практически этот угол

составляет около  $55-65^\circ$ .

Для менее твердых пластинок, например из эфиров целлюлозы, и этот угол оказывается велик; в этом случае применяют еще меньший угол, около  $35-40^\circ$ , осуществляя переход к обычному углу звукоснимателя с помощью изогнутой иглы. Два типа изогнутых игл представлены на рис. 268.

Благодаря такой форме иглы звукосниматель остается установленным под обычным углом. Это целесообразно не только

с точки зрения универсальности его использования, но и потому, что применение при столь малом угле наклона прямой иглы потребовало бы чрезмерного удлинения рычага.

По рис. 268 отчетливо видно, что игла эта значительно хуже будет следовать форме канавок: поэтому те из пластинок других типов, которые требуют проигрывания загнутой или притупленной иглой, заведомо не могут быть по своему звучанию качественно полноценными.

<sup>30b</sup> Если бы, например, удалось сделать хромированные иглы с шаровидным кончиком в  $20 \mu$ , это позволило бы уменьшить радиус закругления канавки. Сделав канавку менее глубокой и поэтому менее широкой (например  $50 \mu$ ), можно было бы тем самым увеличить длительность игры пластинок вдвое (по Pierce и Hunt, см. предыдущую сноску).

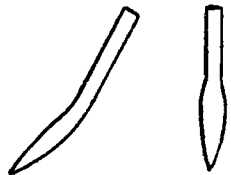


Рис. 268.

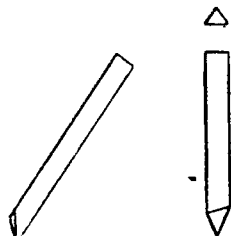


Рис. 269.

Наряду со стальными иглами, рассматривавшимися до сих пор, применяются также более мягкие и более твердые иглы.

К числу более мягких игл относятся так называемые деревянные (пропитанные) иглы, например из японского бамбука, фибровые, мастичные и т. п.<sup>31</sup>, изготавливаемые часто в виде трехгранной призмы (рис. 269). В соответствии с этим иглодержатели многих мембран приспособлены как для зажима обычных цилиндрических, так и этих призматических игл. Эти иглы очень мало изнашивают пластинки и ими допускается проигрывание даже II оригиналов; по мере притупления эти иглы могут подрезаться с помощью специальных ножей, так что служат раз десять и более. Собственно говоря, деревянные иглы не столько стачиваются, сколько сминаются при проигрывании, так или иначе поверхность соприкосновения с пластинкой увеличивается, а отсюда как следствие ухудшается воспроизведение.

Это ухудшение воспроизведения может быть легко выражено количественно, если мы будем откладывать по абсциссам остоты, а по ординатам отношение амплитуды, рассчитанной по известному алгоритму с деревянной иглой напряженно, к соответствующей амплитуде соответствующей блику. На рис. 270 построены две построенные таким способом кривые; одна из них относится к обычной стальной, пунктирная к бамбуковой игле. Из рисунка видно, что даже для стальной иглы воспроизведение, составляющий около 1 при 250 гц, падает ниже 0,5 при 4000 гц. Для бам-

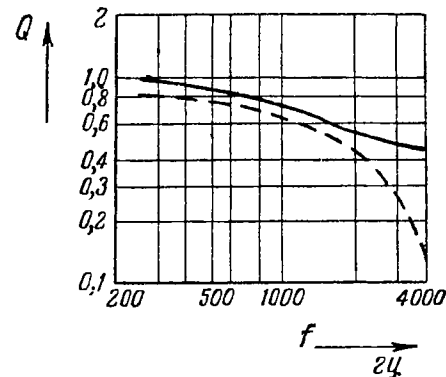


Рис. 270.

<sup>31</sup> Для иглы (стальба которая) связана в этом с диафрагмой и пластинкой) предлагались следующие материалы: шпатель до шипов колючих растений, рыбных костей, зубцы мелководных гребешков и т. д.

<sup>32</sup> Интересно указать, что рис. 270 взят из статьи Бухман и Мейер, в которой они впервые опубликовали открытое ими физическое значение блика. Установив, что амплитуда, вычисленная из блика, совпадает с амплитудой, измеренной под микроскопом, они нашли, однако, что амплитуда, вычисленная из блика, не совпадает с амплитудой, замеренной электросаунтистикой по методу Meyer и Just (ENT 1929, 6; 264). Пластинку постоянной частоты и амплитуды проигрывают при разной скорости вращения диска). Это расхождение двух методов, однако, не только не порочит метод блика, а, напротив, как мы только что видели, дает интересный критерий для суждения о самом электросаунтистическом устройстве.

буковой иглы коэффициент воспроизведения при частотах выше 2000 гц падает чрезвычайно резко, чем и обнаруживается неспособность этой иглы воспроизводить высокие частоты.

В последнее время получают некоторое распространение деревянные иглы цилиндрической формы с обычной конической заточкой. Выпускается много несложных приспособлений для домашней шлифовки таких игл, что делает возможным их многократное использование.

К числу более твердых игл относятся хромированные стальные иглы и иглы с сердечником из твердого сплава, например вольфрамового (марки Tungstift, Tungsthyle и др.) Подобные иглы часто называют вечными, хотя срок их службы обычно не превышает в лучших случаях сотни-другой проигрываний<sup>33</sup>, а чаще сводится к нескольким десяткам.

«Вечные» иглы делают менее долговечными проигрываемыми пластинки, так как износ пластинок под этими иглами больше обычного.

Эти иглы полезны в так называемых магазинных граммофонах (автоматически проигрывающих подряд много пластинок) и при работе с измерительными пластинками, так как в первом случае освобождают от необходимости предусматривать автоматическую смену игл, а во втором — устраняют дефекты, связанные с неоднородностью обычных игл.

К числу твердых игл должны быть причислены сапфиры, применяемые для проигрывания пластинок глубинной записи и переписи<sup>33а</sup>.

Допустимость применения здесь более твердых игл объясняется большей поверхностью соприкосновения и, как следствие, меньшей удельной нагрузкой.

Само собой разумеется, что для «вечных» игл форма острия приобретает особенно большое значение.

#### 184. Износостойкость пластинки

Износостойкость<sup>34</sup> характеризует способность граммофонной пластинки быть проигрываемой много раз без существенного ухудшения звучания.

<sup>33</sup> „Вечными“ называют также иглы, в которых снашиваемая часть легко заменяется; например в патентованной конструкции Herrmann рольная проволока выступает только на 1 мм и может по мере износа выдвигаться перед проигрыванием. L o t h a r R., Die Sprechmaschine (ein technisch-aestetischer Versuch), Лейпциг, 1924, стр. 42.

<sup>33а</sup> В последнее время выпущены также сапфировые иглы «Walco» в изогнутом ( $\angle 20^\circ$ ) алюминиевом сердечнике, выдерживающие по рекламным данным 2000 проигрываний ацетицеллюлозных пластинок; см. Wireless World, 1938, 43; 5: 99.

<sup>34</sup> Износостойкую пластинку часто называют долговечной. Это правильно, но неудобно тем, что понятия долгоиграющая (§ 44) и долговечная часто путают.

Износостойкость пластинки — понятие недостаточно определенное. Вытекает эта неопределенность из отсутствия количественного критерия при определении допустимого числа проигрываний, которое обычно основывают на субъективной оценке качества звучания.

Указывают<sup>35</sup>, что высококачественные нормальные пластинки считаются утратившими свою высококачественность после 20 проигрываний; при сопровождении тонфильма граммофонными пластинками они считаются изношенными после 15 демонстраций, при радиовещании — и того меньше.

Можно в общем считать, что для хорошей пластинки 10—15 проигрываний проходят без заметного ущерба для звучания, 40—50 проигрываний — с незначительным ущербом. В практических условиях, конечно, пластинки проигрывают и сотни раз, однако лишь невзыскательный слушатель может быть удовлетворен звучанием пластинки, сотни раз проигранной на обычном граммофоне.

Само собой разумеется, что износ пластинки зависит от записи. Не требуется пояснять, что низкие частоты с присущими им большими амплитудами подвержены наибольшему износу. Гарантийный промежуток между стенками канавок здесь особенно мал (а иногда и вовсе отсутствует), игла легко перерезает тонкую стенку между соседними канавками, так что образуется замкнутый путь («мертвый круг») и при дальнейшем вращении пластинки игла движется все по одному и тому же радиусу. Пластинка приводится таким образом в негодность. Вильсон и Вебб в своей книге<sup>7</sup> замечают, что кроме подобного износа мощных басовых пассажей «нередко можно встретиться с тем, что странным образом оказываются подверженными чрезмерному износу записи сильного тенора или колоратурного сопрано». Объяснения в этих случаях следуют, повидимому, искать в особо острых закруглениях канавок на высоких частотах. В практике некоторых иностранных фирм установлен поэтому порядок — при оценке пробных пластинок представлять одновременно на рассмотрение художественного руководителя такие же пластинки, подверженные проигрыванию 20—40—60 раз, что позволяет, давая общую оценку записи, учесть и эту сторону.

Задача создания износостойкой пластинки несомненно существенна, особенно для пластинок, находящихся в клубах или других местах общественного пользования.

При решении этой задачи наиболее реален путь уменьшения приходящихся на пластинку нагрузок.

Здесь уместно будет вспомнить, что увеличение поверхности опоры, уменьшение веса адаптера (означающее уменьше-

<sup>35</sup> „Radio Technik u. Export“ (Приложение к журн. Helics), 1930, 36; 23: 58—60.

ние вертикального давления иглы на пластинку) и уменьшение жесткости якоря (означающее уменьшение бокового давления иглы на пластинку), достигнутые для пластинок глубокой записи, привели к столь значительному уменьшению износа пластинок, что не какую-либо сверхтвердую, а ацетилцеллюлозную пластинку оказалось возможным без ухудшения звучания проигрывать не только тысячи, но, как утверждают<sup>36</sup>, и сотни тысяч раз. Те же меры осуществимы до некоторой степени и при поперечной записи; и действительно, здесь тоже удалось добиться значительных успехов<sup>37</sup>.

### 185. Обращение с пластинками

Пластинки легко повреждаются и потому в обращении с ними следует соблюдать известную осторожность. Пластинки следует сохранять в конвертах или альбомах, всячески избегать царапания пластинок, например не класть пластинки без конвертов или по нескольку штук в одном конверте, тщательно избегать также запыливания пластинок.

Следует избегать освещения пластинок прямыми солнечными лучами, даже прошедшими сквозь стекло. Сохранять пластинки целесообразно в прохладном помещении, однако отнюдь не сыром, так как от пребывания в сырости на пластинках может выступить «сыпь» (см. § 152); кроме того, они могут потерять блеск<sup>37а</sup>.

Не следует держать шеллачные пластинки в наклонном положении (например прислоненными к стенке) или консольно выступающими (например над краем полки).

Некоторые пластинки других типов коробятся при резких изменениях относительной влажности воздуха, другие — при наличии в воздухе паров органических растворителей, например ацетона, спирта, эфира и т. п.

Проигрывание пластинок в условиях повышенной температуры или проигрывание пластинок, лежавшей перед этим на солнечном свете, связано с более сильным ее износом, ввиду того что прочность термопластических масс падает с повышением температуры. Температура в 15—20° является как будто наиболее приемлемой.

Износ пластинок в зависимости от температуры проигрывания, к сожалению, еще специально не изучался. Не прове-

рено еще также и мнение, будто на морозе благодаря хрупкости смол усиливается выкрашивание пластиночной массы с соответственным возрастанием шипения и искажений. В § 157 уже указывалось, что многие гибкие пластинки, например из эфиров целлюлозы, становятся хрупкими на морозе.

Следует также заботиться о том, чтобы во время игры звукосниматель не получал побочных толчков. Надо избегать заводить механизм граммофона во время проигрывания. Тот, кто заботится о достаточной сохранности своих пластинок, не станет их проигрывать в движущемся автомобиле или поезде. На трансляционных ж.-д. узлах, на пароходах, аэропланах и т. п. должны приниматься меры к тому, чтобы проигрывающее устройство было защищено от резких сотрясений путем применения специальных подушек; кроме того, должны заботиться о сохранении постоянного плоскости пластинки, так как качка создает меняющуюся нагрузку иглы на пластинку.

Перед игрой следует протирать пластинку в опрокинутом положении мягкой тряпочкой (для удаления пылинок), не слишком сухой, во избежание электризации шеллака при трении, могущей привести к электростатическому удерживанию пылинок. По той же причине не рекомендуют протирать пластинку шелком, мехом или бархатом, вызывающими особо сильную электризацию<sup>38</sup>.

Иногда рекомендуют смазывать пластинку жиром перед игрой для уменьшения трения. На иностранном рынке существуют специальные смазки. Однако применение всех этих смазок не может быть рекомендовано, так как они лишь засоряют канавки и облегчают прилипание пылинок и микроскопических осколков от массы и от иглы, тянущихся обычно за иглою в виде хвоста. Точно так же не может быть одобрено смазывание пластинок графитом (с помощью карандаша, упирающегося в канавку вращающейся пластинки) и тем более мытье ее уксусом или мылом, хотя эти способы и рекомендуются. Пока пластинка доброкачественная, к подобным мерам прибегать вредно; когда пластинка изнасилась — всякие меры остаются бесполезными.

Содержание граммофона в чистоте — неперемное условие хорошего воспроизведения. Посторонние предметы (например иголки), попавшие в рупор, могут вызвать дребезжание.

При проигрывании пластинок рекомендуется считаться со следующими указаниями.

Перед тем как начать проигрывание пластинок, следует проверить иглу. Дело в том, что в производстве игл просмотр каждой отдельной иглы отнюдь не практикуется (это делается лишь для «вечных» игл). Поэтому среди игл попа-

<sup>36</sup> Frederick и Harrison (см. сноску 129 в I части).

<sup>37</sup> По сообщению фирмы Telefunken ею сконструирован адаптер, делающий возможным проигрывание обычной пластинки с помощью «вечной иглы» 2000 раз. Bartels H. и Severin E., Über die Entwicklung Schallplattenschreiber und Tonabnehmer. Hausmitteilungen der Telefunken GmbH 1937, 18; 75:27—37.

<sup>37а</sup> Это свойство присуще шеллачным пленкам. См., например, Venugopal M. и Rangaswami M., Ind. Eng. Chem. 1930, 22; 911.

<sup>38</sup> Wilson G., Gramophones Acoustic and Radio. Лондон, 1932(?), стр. 61 и 62.

даются бракованные, например с обломанным кончиком. Такие иглы могут испортить пластинку. Для того чтобы узнать такую недоброкачественную иглу, нужно посмотреть на иглу со стороны ее конца, направляя иглу острием прямо в сторону глаза и вращая ее между пальцами: если кончик не остр, это обнаружится в каком-либо положении наличием резкого блеска. Такой блеск присущ также игранный игле, которую по этому признаку легко узнать.

Первые секунды «притирки» иглы более всего изнашивают пластинку, так как соответствуют наиболее высокой удельной нагрузке; в этом одна из причин того, что многократно игранный пластинка дает у борта особенно сильное шипение. Для устранения этого следует производить предварительную притирку иглы в течение 5—10 сек., лучше всего на наружных канавках другой, старой пластинки. Глубоко ошибочно, конечно, как это некоторыми практикуется, производить притирку иглы на борту пластинки, так как это вместо профилирования кончика иглы просто притупляет его.

При начальной установке иглы следует, притерев ее, ввести в самую первую канавку. Для этого опускают иглу на борт вращающейся пластинки у самого начала записи и, совершенно не задерживая ее там, тотчас сдвигают ее к центру так, чтобы она села в канавку; при некотором навыке эти два движения практически совмещаются в одно, так что игла сразу попадает в канавку.

Резкое опускание звукоснимателя посреди пластинки (когда желают проиграть ее лишь от определенного места) вызывает очень часто местное повреждение пластинки.

Ни в коем случае не следует также останавливать диск, когда игла находится еще на рабочем поле, так как при замедлении вращения пластинки создаются те малые колебательные скорости, которые, по изложенному выше, не могут быть восприняты иглой относительно звукоснимателя и при которых начинается колебание звукоснимателя как целого, что приводит к разрушению канавок.

Следует обратить внимание на то, чтобы игла была крепко зажата в иглодержателе, так как плохой зажим ухудшает качество воспроизведения.

Число раз, в течение которого можно пользоваться обычной иглой, зависит, как говорилось, от иглы и пластинки. Твердая игла на мягкой массе может при третьем-четвертом проигрывании дать лучший звук, чем вначале, так как притирка ее происходит медленнее. Для взаимно подходящих игл и пластинок можно считать правильным проигрывание пластинки  $\Phi_{25}$  одной иглой с одной стороны.

Отнюдь не следует поворачивать иглу в зажиме иглодержателя после того, как она некоторое время играла; поэтому

раз вынутая из зажима игла должна быть выброшена — вторично вставлять ее не следует.

Давно уже предлагалась и разрабатывалась автоматизация процесса смены пластинки на граммофоне. Автоматизация эта ныне получает практическое развитие, превращая простой граммофон в более или менее сложную комфортабельную современную машину (так называемый магазинный граммофон), способную в некоторых конструкциях проигрывать последовательно целый ряд пластинок с двух сторон.

Нужно признать, что в современных автоматах обращение с пластинками пока хуже, чем при хорошей ручной эксплуатации (например пластинки приходится класть без конвертов и т. д.).

Предложено много мелких более или менее примитивных приспособлений, обслуживающих те или иные операции по эксплуатации граммофонной пластинки — примером их может служить кисточка, прикрепленная к тонарму и служащая для очистки пластинки от пыли.

Среди предложенных усовершенствований граммофона следует упомянуть о способе Küschmeister (система Ultraphon), устанавливающего на граммофоне не одну, а две мембраны, сдвинутых между собою примерно на  $20-30^\circ$ , что обеспечивает, по его мнению, большую стереоакустичность передачи<sup>39</sup>. Легко видеть, что сдвиг мембран на этот угол означает создание запаздывания второй мембраны относительно первой на 40—60 мсек, т. е. своеобразный эффект, сходный с соответствующим удлинением реверберации. О стереоакустичности, как таковой, здесь, следовательно, не может быть речи. Приспособление это могло вызывать некоторый интерес в тех случаях, когда запись делали в заглушенной студии, особенно если прослушивали пластинки на открытом воздухе, но сейчас оно лишено всякого значения.

При некоторых лабораторных испытаниях приходится проигрывать одну и ту же пластинку многократно (как говорят, «заигрывать» ее). Осуществление этой операции вручную представляет неблагоприятное трудоемкое занятие. Это заигрывание можно, конечно, осуществлять на более или менее громоздком и дорогом автоматическом устройстве. Интересно, однако,

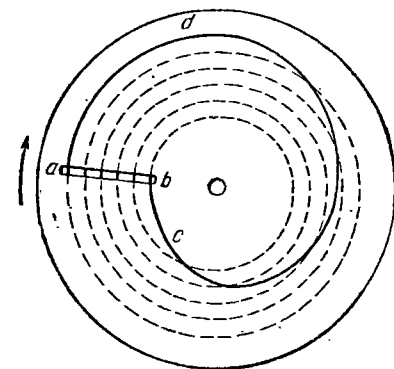


Рис. 271.

<sup>39</sup> Lion, VDI 1926, 70; 1:33—4.

указать на давнишнее существование предназначенного для этой цели достаточно простого приспособления.

Показанный на рис. 271 диск накладывается поверх подлежащей проигрыванию граммофонной пластинки.

Изготавливается этот диск, например, из целлулоида. В диске делается центровое отверстие нормального размера и, кроме того, радиальная прорезь  $ab$ . На поверхности диска нанесена еще спиральная канавка  $bcd a$ , имеющая глубину около 0,1 мм, постепенно возрастающую возле точек  $a$  и  $b$  до почти полной толщины диска.

Игла звукоснимателя устанавливается в прорезь  $ab$  на начало пластинки (спираль канавок пластинки показана на рисунке схематически пунктирной линией). При проигрывании пластинки игла перемещается вдоль щели  $ab$ . Подойдя к точке  $b$ , игла не имеет иного выхода, как пойти по канавке  $bcd a$  поверх диска, который в этот момент вращается. Придя в точку  $a$ , игла вновь опускается в щель  $ab$ , останавливая этим вращение диска, и проигрывание пластинки начинается вновь. Положение точек  $a$  и  $b$  должно, конечно, быть согласовано с началом и концом записи, что составляет главное неудобство этого приспособления.

Многократно предлагалось<sup>40</sup> устраивать подобную возвратную канавку на самой пластинке, т. е. пересекающейся с канавками записи, однако это предложение неприемлемо.

О склейке битых граммофонных пластинок в заводской практике, конечно, не приходится и говорить, но в потребительских кругах она получила распространение. Удобный способ «склейки» расколовшейся пластинки состоит в том, что горячие граммофонные иголки вдавливаются поперек трещины в массу пластинки — на зеркале и по борту, а масса над местом вдавливания выравнивается; необходимо, конечно, аккуратное совмещение канавок.

<sup>40</sup> Например герм. пат. 379347, 385791.



## ПРИМЕНЕНИЕ ГРАММОФОННЫХ ПЛАСТИНОК

Вероятно, одним из первых обзоров применений звукозаписи был перечень, данный Эдисоном<sup>41</sup>. Это не был перечень действительных применений, а лишь прогноз возможных и желательных.

Далеко не все, что Эдисон пророчил своему фонографу, сбылось. Достаточно указать на то, что фонограф поныне не только не вытеснил стенографию, но даже в виде диктофона не получил того значения, которое от него ожидалось.

Даже такое, казалось бы, естественное мероприятие, как создание наряду с библиотеками и фонотек (*discothèque*, как их называют во Франции), не получило существенного значения. Во многих странах, и в СССР в том числе, существуют лишь небольшие фонотеки, выдающие граммофонные пластинки на прокат. В СССР не существует еще Государственной фонотеки, получающей обязательный экземпляр всех пластинок. По мнению автора, такой орган необходимо было бы создать. Пока лишь наиболее ценные пластинки, насчитываемые единицами, сохраняет в СССР Госархив<sup>42</sup>.

### 186. Музыкальные пластинки

Музыкальные пластинки — главный вид пластиночной продукции. Основное значение пластинок свелось к исполнению музыкальных произведений в домашней обстановке и лишь в виде исключения на симфонической эстраде, в виде граммофонных концертов.

<sup>41</sup> Scientific American-Nature 1878, 6:208—10. Русский реферат, Свет 1878, 2: 67—8.

<sup>42</sup> Надо, впрочем, отметить, что в 1927 г. при Институте этнографии Академии Наук СССР создан Фонограммархив; этот архив находится в ведении фольклорной комиссии и содержит в настоящее время более 13 000 записей. Однако эти записи сделаны на фонографских валиках (более 5000 валиков), т. е. не в промышленных условиях. Эти валики находятся в таком же отношении к пластинкам, как неизданные рукописи к книгам.

Общеизвестно также применение музыкальных граммофонных пластинок в радиовещании, где они оказывают особенно большую пользу в каникулярное время и в ранние часы дня, когда приглашение артистов наименее удобно.

Чтобы дать представление о роли граммофонной пластинки в радиовещании, укажем, что фонотеки радиовещательных станций состоят из многих тысяч пластинок<sup>43</sup>. Значительная часть записываемых некоторыми заграничными фирмами пластинок предназначена исключительно для радиовещания и на рынок даже не выпускается. Таковы, например, пластинки, на которых записываются монтажи, композиции и т. п.

Нужно заметить, что почти во всех странах имеются путеводители по граммофонно-пластиночной литературе, разбирающие, критикующие, рекомендуящие репертуар<sup>44, 45</sup>. Эта область критики не установилась еще, к сожалению, у нас<sup>46</sup>. Подобно обычаю многих журналов освещать текущую библиографию, ряд журналов за границей освещает текущие новинки пластиночного репертуара; таким является, например, раздел Discographie в журнале Musique et Instruments.

### 187. Пластинки — учебные пособия

Граммофонная пластинка в качестве вспомогательного средства преподавания может иметь достаточно широкое применение. Наиболее естественно использовать граммофонные пластинки для преподавания иностранных языков (демонстрации произношения) и музыки (демонстрация исполнения).

Особым вариантом являются специальные граммофонные пластинки, предназначенные для облегчения изучения музыки. Например, на пластинку записывают только аккомпанимент, или исполнение одного из участников дуэта, двух участников трио и т. д.<sup>47</sup>. Сюда же относятся пластинки с записью, позволяющей пользоваться пластинками в качестве метронома<sup>48</sup>.

Однако этими отраслями применение учебных граммофонных пластинок далеко не исчерпывается. В США распространены educational records, посвященные самым разнообразным

отраслям науки, и США не составляют в этом отношении особого исключения. Имеются книги, служащие руководством по использованию граммофонных пластинок на всех ступенях обучения, начиная с детского сада и кончая университетом<sup>49</sup>.

Можно отметить применение граммофонных пластинок в области преподавания гимнастики. В США указания и команда для ряда упражнений под руководством Филадельфийского Института физкультуры записаны на граммофонных пластинках; пластинки выпущены на картоне, несущем также фотографии исполнения фигур всех этих упражнений. В Германии такие пластинки выпущены в виде серии под названием «Plattenturnen».

Вполне понятно удобство использования граммофонных пластинок в роли диктующего при изучении машинописи, стенографии и стенографии.

К этой же группе можно отнести и развлекательно-трюковые пластинки. Примером развлекательно-трюковых могут служить пластинки с записью коротких фраз из различных музыкальных произведений, предназначенные для отгадывания этих произведений, и так называемые пластинки-хамелеоны, несущие специальную запись в виде двух- или трехзаходных спиралей, начинающихся в разных точках наружной окружности. Ставя такую пластинку на граммофон, никогда не знаешь — который из нескольких отрывков услышишь.

Наконец, к этой группе относятся детские пластинки, а также пластинки для слепых («говорящие книги»), содержащие записи крупных литературных произведений.

### 188. Имитационные пластинки

Меньшее значение получили граммофонные пластинки в качестве иммитатора для создания иллюзии настоящего звука в тех случаях, когда получение этого настоящего звука в любой нужный момент может представить затруднения.

Такую роль играют граммофонные пластинки, например, в паноптикумах при восковых фигурах.

Аналогична роль граммофонных пластинок на театральной сцене. Для этой цели предназначены, например, пластинки с плачем новорожденного, применяемые за кулисами, когда это требуется по ходу действия.

С подобной целью, например, для московского Художественного театра были записаны граммофонные пластинки с собачьим лаем.

Имитационные пластинки применяются также в радио-

<sup>49</sup> Например, Driesen O., Das Grammophon im Dienste des Unterrichts und der Wissenschaft, Berlin 1913.

<sup>43</sup> Klein E., Die Schallplatte im Dienste des Rundfunks. Funk 1934, 1:5.

<sup>44</sup> Например Lothar R., Die Sprechmaschine, Лейпциг 1924, глава Spaziergänge durch die Plattenliteratur, стр. 61—127, где по очереди разбираются оркестровая, камерная, сольно-инструментальная музыка, пение, варьете и т. д.

<sup>45</sup> Вероятно, наиболее полным обзором является The Gramophone Shop's Encyclopedia of Recorded Music. N. Y. 1936.

<sup>46</sup> Несколько приближаясь к ней, но еще очень далекой от этого вида литературы, является книжка Ландау А., Граммофон в работу. (В помощь затейникам), 1932 г.

<sup>47</sup> См., например, герм. пат. 540490.

<sup>48</sup> Например герм. пат. 416473.

вещании для воспроизведения при студийной передаче фона шумного цеха, вокзала, поезда, для чего на пластинках записывают разные сигналы, гудки, звонки и специфические шумы.

Фирмой Telefunken выпущена пластинка с записью четырнадцати помех радиоприема. Эта пластинка служит для облегчения узнавания источника помех<sup>50</sup>.

Имитационный характер носят также граммофонные пластинки, предназначенные для привлечения хищников на охоте: так, для этой цели в Африке применяются будто бы<sup>51</sup> пластинки с записью блеяния ягненка.

Наконец, к этому же типу должны быть отнесены пластинки внушения (для борьбы с подавленностью, бессонницей и т. д.), выпущенные в расчете на доверчивую публику фирмой Homokord.

В научных условиях возможность заочного гипноза с помощью граммофонной пластинки подтверждена в СССР в отделе экспериментальной педиатрии ленинградского филиала Института экспериментальной медицины, где с помощью граммофонной пластинки, на которой записан обычный гипнотический сеанс, был достигнут гипнотический сон третьей степени<sup>52</sup>.

Особый вид применения пластинок для имитации составляют говорящие куклы, произносящие достаточно сложные речи. Пластинки, имитирующие оклик сторожа при охране магазинов от воров, также известны.

Наконец, позывные радиостанций и стандартные тексты (например объяснения при подаче сигналов точного времени для проверки часов) также с удобством повторяются пластинками.

Пластинки заменяют также человека, выдающего справки по телефону о времени и даже о погоде; так, фирмой Эрикссон сконструирована специальная машина, имеющая набор из 6 пластинок, сообщающая при вызове определенного номера телефона — прогноз погоды. На каждой из пластинок имеется запись двадцати различных ответов, причем одна пластинка сообщает, например, температуру, другая — облачность и т. д. При каждом изменении прогноза пластинка устанавливается на нужное сообщение; дальше машина действует автоматически<sup>53</sup>.

## 189. Документальные пластинки

Хотя были случаи применения граммофонной пластинки в качестве свидетеля на суде и в качестве правомочного юридического документа (вместо завещания) в нотариальном деле, ни то, ни другое применение не может получить большого значения до тех пор, пока звукозапись не проникнет так же глубоко в любительскую практику, как проникла, например, фотография.

Зато в области научных исследований документальная звукозапись завоевала уже достаточно веское место. О применении граммофонных пластинок для исследования слуха уже упоминалось выше (рис. 8). На пластинках была записана речь с уменьшающейся силой звука; изменение артикуляции по мере проигрывания пластинок служило мерой потери слуха. Проигрывание пластинок производилось адаптером на специальном аудиометре фирмы Western Electric — звук подавался на наушные телефоны, так что одновременно могло подвергнуться исследованию 40 человек.

О том, какое значение может иметь граммофонная пластинка для фонетических исследований, можно судить по тому, что среди биологических методов исследования запись граммофонных пластинок составляет непрменный способ<sup>54</sup>. Техника использования граммофонных пластинок для фонетических исследований специально разработана<sup>55</sup>.

Запись звуков существует сравнительно столь короткий срок, что мы не можем еще оценить ее роль для истории. Записи нашей эпохи будут иметь через несколько веков высокую антикварную ценность.

В этнологических экспедициях звукозапись сейчас широко применяется для фиксации наречий, песен и т. д. Отдельные камерные исполнители народных песен также пользуются звукозаписью фольклора, которая изучается и разучивается ими впоследствии.

<sup>54</sup> Например, в книге *Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden* вопросу записи и использования граммофонных пластинок посвящена специальная статья.

<sup>55</sup> Например, *Peters, Two methods of enlarging gramophone records*. *Vox* 1913, стр. 261. *Ketterer, Zur graphischen Auswertung der Sprechplatte*, *Journ. f. Psychol. und Neurologie* 1932, 44; 5: 6: 675—89. *Scripture E. W. Researches in experimental Phonetics. The study of speech curves*, Washington, 1906, гл. II, *Tracing gramophone and phonograph records*. Нужно заметить, что производимая при этом обычно перепись граммофонных пластинок (например на бумажную ленту) часто очень кропотлива. Так, для полной переписи одной пластинки потребовалось 67,5 часа, (так как один оборот происходил за 45 мин.), в то время как нормальная длительность звучания этой пластинки составляла всего 15 мин.

<sup>50</sup> Hasenberg W., Beseitigungsmassnahmen bei Rundfunk-Empfangstörung. *ETZ* 1930, 51; 44: 1523—4. Пластинка E 1430.

<sup>51</sup> Lothar, I. c. (см. сноску 43), стр. 110.

<sup>52</sup> Газета „Ленинградская Правда“ от 27 сентября 1936 г.

<sup>53</sup> Описание ее см. *Ericsson Review* 1936, № 3, 104—7. В Москве действуют говорящие часы, вызываемые по телефону; они используют ленту вместо пластинок.

В медицинских исследованиях записывают для последующего изучения и демонстрации легочные и сердечные шумы, речь психически больных и т. д.

### 190. Демонстрационные пластинки

В особую группу могут быть выделены пластинки, предназначенные для физических экспериментов и демонстраций.

В ряде музеев и выставок граммофонные пластинки дают объяснения к экспонатам; эти пластинки (так называемые «speaker») приходят в действие при нажатии посетителем соответствующей кнопки или при пересечении луча, падающего на фотоэлемент. Однако к этой группе мы относим не те пластинки, которые дают пояснения к каким-либо демонстрациям, а те, которые сами осуществляют эти демонстрации.

К подобным пластинкам относятся, например, выпущенные фирмой Siemens<sup>56</sup> на немецком, французском, английском, итальянском и испанском языках пластинки, демонстрирующие явления установливания и запаздывания в кабелях дальней связи.

В лекциях Уильяма Брэгга по акустике шум движения подводных лодок, улавливаемый специальными микрофонами, демонстрировался<sup>57</sup> на основе записи этого шума.

Получает также некоторое распространение приложение граммофонных пластинок к книгам в качестве звуковых иллюстраций этих книг. Автор считает, что, например, данная книга значительно выиграла бы, если бы к ней был приложен альбом пластинок, характеризующих те искажения, о которых говорилось выше, например пластинки, воспроизводящие одно и то же музыкальное произведение при разных частотных характеристиках, с разным клирфактором, разной реверберацией и т. д.<sup>58</sup>

### 191. Измерительные пластинки

Эта группа малая, но очень существенная.

Измерительные пластинки (в сочетании с адаптером) предназначены служить источником электрического тока звуковой частоты для замены дорогостоящих генераторов в рядовых измерительных установках.

Впервые такие пластинки были разработаны для нужд ведомства связи фирмой Parlorphon.

Эта фирма выпустила следующие измерительные пластинки:

1. «Скользкий тон» (Gleitender Ton)<sup>59</sup>: от 6000 гц в наружной канавке частота постепенно снижается к центру до 100 гц (причина записи высоких частот у наружного края после всего сказанного должна быть ясна). Подобным пластинкам предьявляется требование постоянства колебательной скорости (или по меньшей мере известного хода ее изменения) и минимума гармоник.

С помощью такой пластинки и адаптера известной частотной характеристики можно исследовать как отдельные детали радиотехнической аппаратуры (например трансформаторы), так и целые установки (например усилители). С помощью подобных пластинок удобно осуществление установок, автоматически снимающих частотные характеристики.

2. «Скользкий воющий тон» (Gleitender Heulton)<sup>60</sup>, где к главному тону, постепенно снижающемуся от 6000 гц (в наружной канавке) до 150 гц, добавлен другой, отличающийся по частоте от основного на  $\pm 50$  гц и меняющий знак приблизительно 10 раз в секунду. С помощью этой пластинки удобно исследовать акустические приборы (репродукторы, граммофоны), так как образование стоячих волн не сказывается здесь на результатах измерения благодаря тому, что узлы и пучности все время смещаются пространственно и измерение дает, таким образом, некоторую среднюю величину.

3. «Воющие пластинки со стабильным главным тоном» в 150, 300, 600 и 1200 гц<sup>61</sup>, 2400 и 4800 гц, 950 и 1800 гц<sup>62</sup>, причем накладной тон имеет отклонение от главного тона на  $\pm 30$ ,  $\pm 650$  или  $\pm 1600$  гц<sup>63</sup>.

4. «Чистые тоны» в 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 и 4096 гц<sup>63</sup> и в 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 и 6400 гц<sup>64</sup>.

Измерительные пластинки подобного рода выпущены были и другими фирмами<sup>65</sup>. Измерительные пластинки принято сопровождать паспортом с техническими характеристиками.

<sup>59</sup> Пластинка № P9794-I.

<sup>60</sup> Пластинка № P9794-II.

<sup>61</sup> № P9795, первые два на одной стороне пластинки, вторые два—на другой.

<sup>62</sup> № P9796 также двусторонняя; первые два главных тона, с одной стороны (I), с другой (II) стороны  $950 \pm 650$  и  $1800 \pm 1600$  гц.

<sup>63</sup> № P9797; первые четыре на одной стороне пластинки, остальные четыре на другой, длительность каждого тона около 40 сек.

<sup>64</sup> № P9798, двусторонняя: I 16400, 3200, 1600, 800 гц и II 400—200—100—50 гц; № P9799: I 4000—3000 гц, II 2000—1000 гц.

<sup>65</sup> Например, Siemens (105036—9), Telefunken (E1358 и др.), Грампласттрест (№ L 533—40), Главширпстрест (№ ЦЛ 85: 50, 75, 100, 150 гц, № ЦЛ 84: 200, 250, 300, 350 гц, № ЦЛ 79: 400, 500, 600, 700 гц, № ЦЛ 78: 800—900, 1000, 1200 гц, № ЦЛ 81: 1500, 1700, 2000, 2300 гц, № ЦЛ 140: 2500, 2700, 3000, 3200 гц, № ЦЛ 139: 3500, 3700, 4000, 4500 гц, № ЦЛ 141: 5000, 5500, 6000, 7000 гц; все записи при бланке 10 мм). Отметим, что в ГШП сделана также запись 1000 гц со скользкой амплитудой (№ L 541—2).

<sup>56</sup> См. каталог Messgeräte für die Fernmeldetechnik, 1935, стр. 210 № 105781—90.

<sup>57</sup> Брэгг У. Г., Мир звука, М.-Л., стр. 117.

<sup>58</sup> Автор не теряет надежды осуществить это в следующем издании.

О «записях молчания»<sup>66</sup>, производимых с короткозамкнутым рекордером и служащих для контроля самого процесса производства, упоминалось в § 169.

Для быстрого субъективного суждения о звучании (например при сравнении мембран и т. д.) удобна пластинка, на которой поочередно записана игра соло отдельных инструментов<sup>67</sup>.

Как уже упоминалось, обычные, не измерительные пластинки могут быть с успехом использованы для измерений реверберации тех помещений, в которых эти записи были произведены<sup>68</sup>.

Наконец, к этой же группе относится использование граммофонных пластинок в качестве генератора оптических импульсов звуковой частоты для испытания фотоэлементов<sup>69</sup>.

## 192. Пластинки киносопровождения

Особым случаем использования граммофонных пластинок является применение их для звукового сопровождения кинофильмов.

Звуковое сопровождение фильма осуществлено впервые Эдисоном в его кинетофоне с помощью фонографических валиков. Сопровождение кинофильма граммофонными пластинками также имеет большую давность: уже в 1903 г. приготовлено было более 500 фильмов, звуковое сопровождение которых давалось пластинками<sup>70</sup>.

С усовершенствованием техники записи граммофонных пластинок сопровождение кинофильма граммофонными пластинками возродилось вновь. Сравнительно с другими странами оно получило большее распространение в Америке, где ведется по так называемой системе Vitaphon, разработанной Western Electric Company. Основным элементом, требующим разработки при сопровождении кино граммофонными пластинками, является синхронизация звуковой и зрительной проекции<sup>71</sup>.

<sup>66</sup> В ГШП эти записи носят № L 545 для спиральных и № L 544 для кольцевых канавок.

<sup>67</sup> Telefunken № E 1391.

<sup>68</sup> Meyer E. и Jordan V., Nachhallzeiten von Konzertraumen, ENT 1935, 12; 7: 213—20.

<sup>69</sup> Мало совершенный прием применения граммофонных пластинок для этой цели приведен E. S. Eine, Photo-Schalldose zur praktischen Prüfung von Photozellen. Funk. 1934, 21; 376—7.

<sup>70</sup> Mester O., Aus der Kinderstube des Tonbildes, KT 1928, 10; 19: 499—506.

<sup>71</sup> Подробности об аппаратуре звукового сопровождения кино граммофонными пластинками см., например, в книге Fischer F. и Lichte H., Tonfilm 1931.

Как правило, для сопровождения кино обычно применяются пластинки большего формата (Ф40) и с меньшей скоростью вращения ( $33\frac{1}{3}$  об/мин). Для сопровождения нормальнометражного фильма требуется всего несколько таких пластинок. Фотография установки тонфильма, звуковая часть которого дается с помощью граммофонных пластинок, приведена на рис. 272.



Рис. 272.

## 193. Фоновизионные пластинки

Фоновидение (Phonovision) — этим не совсем удачным названием окрестили новую область применения граммофонной пластинки, которой не предвидел ни один из изобретателей, непосредственно создавших звукозапись — область, открытую лишь недавно английским экспериментатором по телевидению Бэрд<sup>72</sup>.

Мы были свидетелями того, как кино перестало быть немым и заговорило, значительно выиграв от этого. В ту же эпоху, когда рождалось немое кино, зародилась и слепая граммофонная пластинка. Кино перестало быть немым, а между тем пластинка сохраняет свою слепоту и по сегодня.

<sup>72</sup> Baird L., Radio News, сент. 1926, июнь 1927.

Но подобно тому как на киноленту может быть записан кроме зрелища и звук, так на граммофонной пластинке может быть записано кроме звука также и зрелище, во всей его динамичности. Принцип записи изображения на граммофонной пластинке крайне прост и напрашивается сам собой. Для этого достаточно подавать на рекордер усиленные фототоки устройства, применяемого в телевидении для развертки изображения.

Уясним, однако, в какой мере способна граммофонная пластинка удовлетворять требованиям телевидения.

Для слитности изображения в кино число передаваемых в секунду кадров  $n$  должно быть равно 16—25. При электрической передаче изображение разлагается на некоторое число  $N$  элементов<sup>73</sup>. Таким образом, всего в секунду подлжет регистрации  $nN$  элементов, т. е.  $nN$  значений соответствующего им (по напряжению или силе) тока. Число колебаний интенсивности будет наибольшим, когда последовательно будут чередоваться светлые и темные элементы (смотря по способу развертки это отвечает определенному рисунку). Совокупность одного светлого и одного темного элемента будет соответствовать одному полному колебанию (одному периоду) и потому наибольшее число колебаний равно

$$f_{\max} = 0,5 nN.$$

При низкокачественном телевидении (например с помощью диска Нипкова, имеющего 30 отверстий) обычно производят передачу при вращении со скоростью 750 об/мин, т. е.  $n = 12,5$  кадр/сек.<sup>74</sup> и при разложении на  $N = 1200$  элементов<sup>74а</sup>, что соответствует  $f_{\max} = 0,5 \cdot 12,5 \cdot 1200 = 7500$  гц.

Отличие между низко- и высококачественным телевидением (как и фоновидением) таково же, как между двумя клише — с грубым и тонким растром.

При высококачественном телевидении (с электронной разверткой на элементы вместо механической) величину  $nN$  зна-

чительно увеличивают, доводя ее до сотен тысяч и даже до миллионов. Например, при четкости  $Z = 240$  строк (это соответствует передачам ленинградского телевизионного центра)  $N = \frac{4}{3} \cdot 240^2 = 76\ 800$  элементов (ср. сноску 74а). Поэтому необходимая максимальная частота видеосигналов (при  $n = 25$ ):

$$f_{\max} = 0,5 \cdot 25 \cdot 76\ 800 = 960\ 000 \text{ гц.}$$

Эта частота является для граммофонной пластинки, конечно, колоссальной. Для того чтобы записать и воспроизвести подобную частоту, необходимо весьма значительное повышение линейной скорости продвижения фонограммы, что в граммофонной пластинке требует ускорения вращения и увеличения ее диаметра.

В отношении нижнего предела частот минимум будет отвечать простейшему рисунку, когда в кадре будут лишь два элемента — один светлый, другой — темный ( $N = 2$ ) и кадру будет соответствовать

$$f_{\min} = 0,5 \cdot 2n,$$

что при  $n = 12,5$  дает  $f_{\min} = 12,5$  гц.

$$n = 25 \quad f_{\min} = 25 \text{ гц}$$

Эти подсчеты достаточно очерчивают жесткость задачи. Наличие трудностей и приводит к тому, что граммофонная пластинка слепа. Но трудности не принадлежат к числу абсолютно непреодолимых, что и позволяет надеяться на возможное «прозрение» пластинки<sup>74б</sup>.

Впрочем, пластинки с записью изображения не только были уже изготовлены, но и нашли даже специфическое приложение

<sup>73б</sup> В телевидении уже сейчас работают над сужением частотного диапазона, так как очень широкая полоса, необходимая для высококачественного телевидения, заставляет пользоваться ультракороткими волнами, обладающими очень малой дальностью действия. Один из приемов сужения диапазона состоит в передаче кадров, неподвижно выдерживаемых на экране 3—5 сек.; с этой целью для экрана приемной электроннолучевой трубки применяются фосфоресцирующие вещества, обладающего длительным послесвечением. Переданное таким путем зрелище лишено, конечно, кинематографической непрерывности (этот способ описан в статье Катаев С. И., Возможность передачи телевизионной картины с помощью узкой полосы частот. Радиотехника, 1937, 2: 71—80). Над сокращением полосы работают и в других направлениях: см., например, Television without Sync Signals. Electronics 1938, 11; 3: 33—468.

Ведутся также встречные работы над расширением частотного диапазона граммофонных пластинок (правда не предназначенные специально для фоновидения). Так, например, удалось осуществить воспроизведение с пластинки записи, охватывающей диапазон от 30 гц до 18 000 гц (см. Hunt F. V. и Pierce J. A., HP6A. A Radical Departure in Phonograph Pickup Design. Electronics 1938, 11; 3: 9—12).

<sup>73</sup> Чтобы сделать более ясным принцип разложения на элементы, укажем что подобное же разложение на элементы обычная операция и в тонкой репродукции. Например, в этой книге рис. 279 состоит из 92000 отдельных точек разной интенсивности (видно яснее в лупу).

<sup>74</sup> Что значительно ниже принятого в кино, но все же выше 10 кадр/сек., соответствующих границе зрительной памяти.

<sup>74а</sup> Для телевизионных экранов принято отношение ширины к высоте равное 4:3 (аналогично кино-кадру). Поэтому если число элементов по высоте (как говорят, число строк) равно  $Z$ , то по ширине число элементов будет равно  $\frac{4}{3} Z$ ; таким образом общее число элементов

$N = \frac{4}{3} Z^2$ . Для диска Нипкова при  $Z = 30$  получаем  $N = 1200$ .

ние: пластинки с записью экспериментальной телепередачи<sup>75</sup> были выпущены с целью сделать продавцам возможной демонстрацию работы<sup>76</sup> продаваемых телевизоров во время отсутствия передачи.

#### 194. Пластинки других назначений

Все перечисленные применения граммофонных пластинок далеко не исчерпывают всех тех пророчеств, которые делались с момента осуществления фонографа. Можно полагать, что основным препятствием этому было недостаточное распространение пластинок прямого воспроизведения, которые будут рассмотрены в следующей главе.

Любителей фотографов и радиолюбителей значительно больше, чем профессионалов фотографов и радистов. Граммофонная пластинка, записанная собственными средствами, представляет не меньший интерес, чем фотография (как в пределах, так и за пределами семейной хроники), и можно полагать, что придет время, когда звукозапись получит широчайшее распространение. Возможно, что тогда действительно станут повседневными такие вещи, как говорящая корреспонденция на пластинках вместо писем, фиксация телефонных разговоров на пластинках и т. п.

Все эти применения менее всего связаны с техническими трудностями и в виде редкого исключения существуют и сейчас — они не стали лишь массовыми.

Можно предвидеть, что даже такая несложная при наличии записывающей установки вещь, как фиксация радиоприема, сможет в ряде случаев принести неоценимые услуги (запись аварийных сигналов, случайно уловленных важных или зашифрованных сообщений и т. д.).

Впрочем, здесь мы перешли от реальных применений к области прогнозов. Рисовать технические перспективы несколько рискованное занятие, так как спустя самое короткое время легко оказаться в неловком положении, чему мы и приведем один родственный пример. В лекции проф. Эйхенвальда о вольтовой дуге<sup>77</sup> говорится:

«как только появилось первое известие о говорящей вольтовой дуге, сейчас же люди с легко воспламеняющимся воображением стали пророчить ей блестящую будущность. Говорили, что отныне профессора не будут больше ходить на лекции, а будут сидеть у себя в каби-

нете и читать лекции в микрофон, в аудиториях же будут везде повешены говорящие вольтовые дуги и, таким образом, можно будет читать лекции одновременно в нескольких аудиториях. Говорили, что на улицах и бульварах электрические фонари будут выкрикивать газетные новости, объявления и рекламы или услаждать гуляющих вечерними концертами».

Это писалось сравнительно не так давно, а между тем сегодня трудно читать это без улыбки. Все это осуществилось, но не в том виде, как предполагалось. Репродукторы более совершенного типа, чем вольтова дуга, выполняют все то, что пророчили вольтовой дуге «люди с легко воспламеняющимся воображением» и ирония наша относится сегодня отнюдь не к тому, что пророчилось, а к тому, что все это ожидалось именно от вольтовой дуги. Даже не верится, что сделанное уже самим проф. Эйхенвальдом<sup>78</sup> предсказание «конечно телефон без проводов будет иметь большое значение как в военное, так и в мирное время, в особенности на море и около портов, где, кстати сказать, всегда есть вольтовые дуги в маяках и прожекторах», было высказано в книге, изданной всего лишь в 1922 г.

Рискованно, таким образом, пророчить будущее отдельной конструкции и значительно надежнее можно говорить о будущем технической идеи.

Не будем поэтому полагать, что все предсказанное для фонографа, но и поныне не осуществленное, будет выполнено граммофонной пластинкой. Можно быть почти уверенным, что предсказания, сделанные фонографу, сбудутся, однако, какие из приемов звукозаписи их осуществят, предугадывать воздержимся.

<sup>78</sup> См. предыдущую сноску, стр. 318.

<sup>75</sup> Репродукция кадра из этой передачи — две женские головки — приведена в ТЭ 22: вкл. л. после 724 стр.

<sup>76</sup> Dillig H., Die Bildschallplatte. КТ 1932, 14; 21:380.

<sup>77</sup> Приложена к книге Тиндаль, Звук, изд. 1922, стр. 307.

## Глава XIX

## ПЛАСТИНКИ ПРЯМОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

## § 195. Общие сведения

В гл. VIII уже указывалось, что воск, на котором произведена запись, может быть в известных условиях проигран. Но проигрывать его в обычных условиях — на обыкновенном граммофоне — невозможно. Между тем для некоторых целей возможность немедленного проигрывания диска, на котором произведена запись, минуя все сложные промежуточные этапы и не прибегая к специальным устройствам, весьма желательна.

Для удовлетворения этой потребности иные фирмы, производившие промышленную запись, давно уже рекламировали: «всякий может записать себя за плату и получить любое число своих пластинок» — однако это было дорого, так как запись и изготовление пластинок велись этими фирмами нормальным промышленным способом. Кроме того, это вообще не подходило для тех случаев, когда запись нужно было произвести в желательный для себя момент и отнюдь не в студиях этой фирмы, — иногда, например, в условиях работы какой-либо экспедиции, собирающей материал фольклора.

Именно такую возможность давали фонограф и диктофон и потому они издавна считались наиболее подходящими для этой цели приборами. Такая возможность была осуществима на граммофоне лишь при наличии специальных устройств. Правда, устройства подобного рода выпускались<sup>78a</sup>; выпускались и специально рассчитанные на подобную запись воска<sup>79</sup>, однако акустическая запись на специальных восковых пластинках была в качественном отношении несовершенна и даже менее удобна, чем на аппаратах типа фонографа.

За последние 10—12 лет эта отрасль получила значительное развитие: появилось огромное множество различных конструкций аппаратов для записи пластинок, рассчитанных на немедленное, прямое воспроизведение.

<sup>78a</sup> Например Ka-Zet-Zusatzapparat фирмы Kazubek & Zimmermann, которое могло быть приспособлено к любому граммофонному механизму, или специально предназначенный для записи Patlié-Post фирмы Патэ.

<sup>79</sup> Например, фирмой Гринбаум и Брюк в Вене, „Граммофон и Фонограф“ 1903, № 2.

Хотя в настоящее время разрабатываются даже автоматы, производящие подобную запись после опускания монеты<sup>80</sup>, однако и сейчас еще звукозапись в обыденной жизни сравнительно очень мало развита. Судить об этом вероятно можно по совершенно неощутимой роли пластинок прямого воспроизведения в почтовом обращении<sup>81</sup>.

Задача изготовления высококачественных пластинок прямого воспроизведения в принципе очень сложна, так как пластинки эти должны совмещать в себе свойства обычного воска (для записи) и обычной пластинки (для воспроизведения), т. е. свойства во многих смыслах противоположные. Все же в настоящее время существуют пластинки прямого воспроизведения с вполне доброкачественным звучанием. Объясняется это, впрочем, в значительной мере тем, что пластинки эти совершенно свободны от всех дефектов производства, могущих возникнуть на обычном пути от воскового диска до готовой пластинки.

## 196. Материалы, применяемые для записи пластинок прямого воспроизведения

Вопрос о материале для граммофонной пластинки прямого воспроизведения — первый вопрос, возникающий в этой области. Имеются два принципиально отличных способа выбора этого материала и, соответственно, две группы материалов.

Первая группа состоит из материалов, обладающих в какой-то мере компромиссными свойствами между свойствами, нужными для записи, и свойствами, нужными для воспроизведения.

Вторая группа состоит из материалов, свойства которых могут меняться, соответствуя сперва свойствам, нужным для записи, а затем свойствам, нужным для воспроизведения.

С рассмотрения материалов<sup>82</sup> мы и начнем знакомство с пластинками прямого воспроизведения.

Уже очень давно<sup>83</sup> пытались делать записи на целлулоиде. Однако этот материал представлял очень большое сопротивление и потому был неприемлем для записи акустиче-

<sup>80</sup> Например, герм. пат. 602352 (1931 г.) фирмы А. Е. С. Граммофоны-автоматы, проигрывающие пластинку после опускания монеты, известны давно. См. Parzer-Mühlbacher A., Die Modernen Sprachmaschinen Phonograph, Graphophon und Grammophon, deren Behandlung und Anwendung Вена, 1902, стр. 99.

<sup>81</sup> Идея почтовой пластинки („говорящего письма“) достаточно стара; утверждают, что „говорящие открытки“ существовали в Петербурге уже в 1905 г., см. „Свет и звук“, 1905, стр. 29.

<sup>82</sup> О материалах для пластинок прямого воспроизведения см. между прочим, статью Keller A. C., Direct Recording and Reproducing. Materials for Disk Recording. JASA 1937, 8; 4: 234—42. Hasbrouck H. J. и Brady R. F. Lacquer disc recording and reproducing. Broadcast News. 1939, 33: 8—9. 28—9. 31—3.

<sup>83</sup> См., например, герм. пат. 115466.



ской; он смог найти применение, лишь когда введена была запись электроакустическая. Удобство этого материала в любительских условиях состоит между прочим в том, что его можно доставать непосредственно в листовом виде — фотографическая пленка большого формата вполне пригодна для этой цели. Ацетилцеллюлоза оказалась менее пригодной, чем нитроцеллюлоза.

Нитроцеллюлозные лаки, нанесенные на алюминиевый диск, также дают хорошие результаты (сюда относятся пластинки типа Presto).

Другим материалом, пригодным для этой цели, служит же л а т и н. Недостатком желатина является, однако, его гигроскопичность. Для устранения этого дефекта его подвергают после записи дублению (например 2%-ным раствором формальдегида в метиловом спирте — окунутием или с помощью кисточки). Практикуется также смазывание готовой пластинки вазелином. Желатиновые диски интересны в том отношении, что могут быть приготовлены непосредственно в любительских условиях отливкой водного желатинового раствора на зеркальную поверхность стекла<sup>84</sup>. Желатиновые пластинки мягче целлулоидных — на них легче поэтому записывать, зато они менее износостойки.

В последние годы для пластинок прямого воспроизведения стали применять виниловые смолы<sup>84a</sup> на металлических дисках.

К первой группе должны быть причислены также металлические пластинки, изготавливаемые обычно из алюминия или цинка, а иногда из сплавов. Они дают в отличие от целлулоидных высокий уровень шипения и не могут считаться удачными. Уровень шипения несколько снижается, если алюминиевые пластинки покрыть перед записью воском, а цинковые — вазелином. Покрывание должно быть произведено тонким слоем, например путем смазывания бензиновым раствором.

Даже при материалах, отнесенных к первой группе, принимают обычно при записи некоторые меры к изменению их свойств; так, для смягчения поверхности целлулоида перед записью ее протирают иногда ацетоном. Еще дальше в этом отношении идут пластинки второй группы.

В качестве примера могут быть названы пластинки фирмы Gramoid, содержащие резольную смолу на алюминиевом диске.

Для среднего слоя алюминий особенно пригоден, так как его коэффициент линейного расширения более, чем у других

металлов, близок к коэффициенту расширения пластмасс<sup>85</sup>. Смола содержит катализатор и еще некоторые добавки и имеет воскоподобную консистенцию. После записи пластинки помещаются в закрытый сосуд и выдерживаются 2 часа при температуре 160—170°, благодаря чему резол переходит в резит и пластинки приобретают твердость, делающую их весьма износостойкими. Вследствие происходящей даже в нормальных комнатных условиях постепенной конденсации смола этих пластинок постепенно твердеет и потому пластинки эти плохо сохраняются, что является их существенным недостатком<sup>86</sup>.

Другой вариант материалов, меняющих свои свойства, интересен тем, что не требует для этого изменения даже той несложной обработки, которая необходима для пластинок предыдущего типа. При этом варианте (способ Фишера) применяется металлический диск с нанесенным на него слоем воскоподобного материала, покрытого сверху тонкой лаковой пленкой. Воскоподобный материал обладает свойством затвердевать очень быстро (3—5 мин.) от окисления его воздухом, а лаковая пленка защищает материал от окисления при хранении вплоть до того момента, когда он будет прорезан резцом.

### 197. Особенности записи

При записи пластинок прямого воспроизведения приняты два метода — резания и выдавливания. Последнее применяется всегда при металлических пластинках, но может применяться и при пластинках из пластмасс (например винилитовых).

В качестве реза применяются сапфир, алмаз, но чаще всего специальные стальные иглы<sup>87</sup>.

Испробован также в качестве материала для резцов видиа-металл (соответствующий в СССР победиту), применение которого оправдало себя в лабораторных условиях<sup>88</sup>.

Весьма рекомендуется применение стеллитовых резцов<sup>88a</sup>, так как они допускают высокую степень полировки и имеют низкий коэффициент трения (шлифовку и полировку производят при этом алмазной пылью).

<sup>85</sup> Козлов П., Слоистые пластические материалы и их применение в машиностроении, Харьков 1935, стр. 9.

<sup>86</sup> Любопытно отметить, что в одной из таких пластинок обнаружено некоторое содержание смолы, повидимому, являющейся шеллаком. Точный рецепт этих пластинок сохраняется фирмой в секрете.

<sup>87</sup> Фирма Telefunken рекомендует введение в сплав таких игл около 1% бериллия, герм. пат. 612183 (1932 г.).

<sup>88</sup> Kluth H., Der heutige Stand der Schallplatten—Selbstaufnahme. Funk-Bastler 1933, 35 : 355—8.

<sup>88a</sup> R a n g e r R. H., Instantaneous recording needles. Communications 1937, 17; 12: 16—7. Американский стеллит—сверхтвердый сплав, содержащий 30—55% Co, 20—35% Cr, 9—15% W, > 5% Fe, 1,3—2% C, > 1% Mn, Si и следы P и S; твердость его по Мосу около 8.

<sup>84</sup> Целлулоидные пластинки также поддаются отливке из раствора (в ацетоне, в амилацетате), однако благодаря неприятности паров этих летучих растворителей такая отливка не может быть удобной в домашних условиях.

<sup>84a</sup> Ellis C., The chemistry of synthetic Resins. 1935, т. II, стр. 1338 (выходит русский перевод).

Представление о профиле резцов для записи дает рис. 273. Здесь представляют (в двух проекциях): *a*—резец для выдавливания по металлу, *b*—резец для выдавливания по пластмассе с нанесенной предканавкой (см. ниже § 198), *c*—резец «Pegasus» для резания по мягкой пластмассе (типа Dralowid).

Из рассмотрения рисунка можно установить, что при выдавливании угол наклона резца делают меньше.

При выдавливании по металлу кончик имеет коническую форму (угол при вершине  $80^\circ$ ), при выдавливании по пластмассе шаровидную, при резании ему придают острые грани<sup>86b</sup>. Радиус закругления канавки при пластинках прямого воспроизведения часто делают меньше.

Приведенные формы и положение резцов следует рассматривать лишь как пример, от которого возможны более или менее значительные отклонения.

Необходимая величина давления рекордера на пластинку также зависит, конечно, от материала, на котором производится запись. На мягких пластинках оно составляет 20—40 г (г. е. имеет тот же порядок, что и при промышленной записи на воск), при записи на желати-

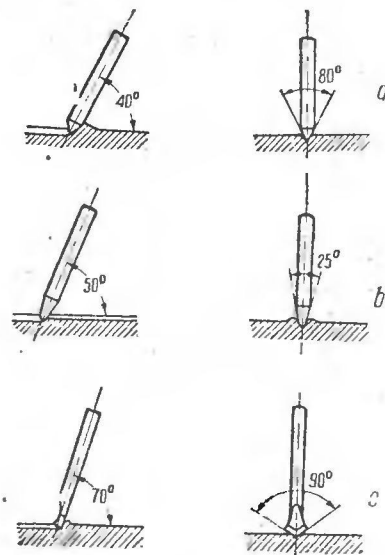


Рис. 273.

новых пластинках<sup>c</sup> дают 150—200 г, на целлулоидных 200—300 г, при металлических даже 400—600 г, а при выдавливании по предканавке — до 1000 г. Эти цифры не могут, впрочем, считаться дающими безусловные границы для каждого типа.

В отличие от промышленной записи, при записи пластинок прямого воспроизведения применяют не сложные специальные станки, а, напротив, самые простые устройства; очень часто ограничиваются даже приспособлением к этой цели обычной радиолы, производя самые незначительные доделки.

Здесь прежде всего надо указать, что для записи требуется бо́льшая мощность привода, нежели для воспроизведения. Так, например, если для воспроизведения можно ограничиться

мотором мощностью менее 10 вт, то для записи более удобен будет мотор мощностью около 40 вт. Обычный пружинный механизм, развивающий совсем малую мощность (например 1 вт), для этой цели непригоден. Надо еще заметить, что по мере удаления от центра сопротивление записи увеличивается, так что маломощным мотором можно записывать лишь пластинки малого диаметра.

В качестве рекордера часто применяется обычный адаптер, однако все же разделение функций весьма желательно. В устройстве рекордера пластинок прямого воспроизведения нет принципиальных отличий от промышленного рекордера — отличия определяются лишь соображениями дешевизны<sup>88c</sup>.

Обязательная доделка к обычному грамофонному механизму сводится к введению принудительного радиального перемещения, необходимого для записи по спирали.

### 198. Ведущий механизм

Для придания радиального движения прибегают к самым разнообразным конструктивным приемам. В качестве источника силы для бокового перемещения

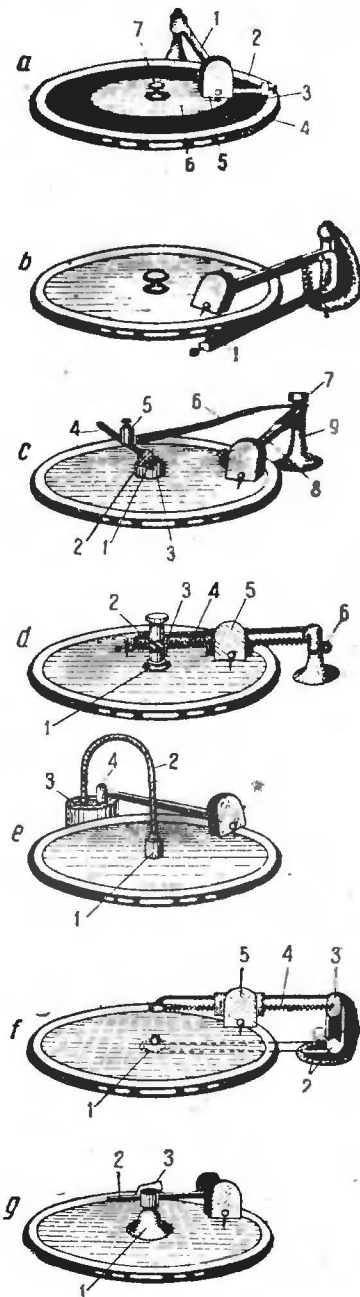


Рис. 274.

<sup>86b</sup> См., между прочим Andrewes H., Home recording. Wireless world 1938, 43; 24—7. 50—3. 73—5. 95—7. 115—8. 140—2. Hasbrouck H. J., Lateral Disk Recording for immediate Playback with Extended Frequency and Volume Range. PIRE 1939, 27; 3: 184—7. Hasbrouck H. J. и Brady R. F., Lacquer disc recording and reproducing. Broadcast News 1939, 30: 8—9. 28—9. 31—3.

<sup>88b</sup> О заточке резцов, изготовленных из грамофонных игл, в кустарных условиях см. Блоцкий Е. А., Самодельные резцы для звукозаписи. РФ 1938, 14; 9: 52.

вводят, например, отдельный пружинный завод с часовым механизмом, гиревой привод и т. д.: однако чаще всего используют для этой цели тот же двигатель, который служит для вращения диска. Конструктивно это осуществляется самыми разнообразными вариантами; для того чтобы дать представление о многообразии конструктивных возможностей, на рис. 274 приводятся несколько примеров подобных механизмов.

Вариант а (один из наиболее старых, идея которого применена в приборе Pathé-Post для акустической записи) очень прост. К тонарму 1 прикреплен палец 2, в котором укрепляется игла 3, идущая по канавке другой пластинки 4. Таким путем рекордер 5 получает относительно пластинки прямого воспроизведения б движение по радиусу совершенно подобно тому, как получает его звукосниматель при обычном воспроизведении. Во избежание смещения пластинок 4 и б при записи они прижимаются к диску с помощью навинчивания на шпене головки 7.

В качестве ведущей пластинки 4 может быть применена обычная пластинка. Это вполне допустимо, так как звукосниматель с тонармом не могут притти в те быстрые колебания, которые определяются фонограммой пластинки 4. Пластинка 4, само собой разумеется, должна быть взята ненужная, так как канавки ее при этом иглой 3 выпрямляются, приближаясь к спирали. На рис. 274, а показана ведущая пластинка размером больше пластинки прямого воспроизведения, однако с таким же успехом возможно применить и обратные соотношения.

Особым видоизменением этого варианта является устройство б, выпускаемое фирмой Elektro-Triumph (под названием diskograph), в котором ведущая пластинка располагается под диском, так что палец 1 оказывается всегда под диском против тонарма и оба они охватывают диск словно клещами. Ведущую пластинку удобно при этом делать металлической (например из хромированного II оригинала).

Более совершенны, однако, варианты, в которых движение осуществляется за счет передачи от оси вращающегося диска механизма. Например, в варианте с (системы Dralotop фирмы Dralowid) на шпенье укрепляется горизонтальное коническое зубчатое колесо 1, сочлененное с вертикальным зубчатым колесом 2. Оси зубчатых колес укреплены в обойме 3. Ось зубчатого колеса 2 выступает наружу в виде длинного валика 4, на котором нанесена винтовая нарезка с очень маленьким шагом. На этот валик, в свою очередь, опирается полугайка 5, совершающая при вращении диска поступательное движение вдоль валика 4. Скрепленная с гайкой тяга б имеет на другом конце вилку, поджатую гайкой 7 к тонарму 8, укрепленному на стойке 9. Таким образом, перемещение полугайки по ва-

лику 4 вызывает вращение тонарма, что и составляет принцип всего устройства.

В варианте d на шпене насаживается втулка 1, соединенная с червяком 2, приводящим, в свою очередь, червячное колесо 3, наглухо закрепленное на валике 4. По тонкой винтовой нарезке, нанесенной на валик 4, перемещается рекордер 5, имеющий в своей задней части полугайку, сидящую на этом валике. Для смены пластинок все устройство откидывается на шарнире 6.

В варианте e (система Ake-Simplex) на центральной шпене насаживается втулка 1, соединенная с гибким валиком 2, который через червячную передачу, заключенную в коробке 3, приводит во вращение ось 4, на которой находится тонарма.

Вариант f, в отличие от трех предыдущих, не использует центрального шпеняка. В этом варианте по специальному колесу 1 под диском протягивается шнур, огибающий колесики 2, положение которых ясно из чертежа, и колесо 3, укрепленное на валике 4, по которому движется рекордер 5.

Ременная передача применяется и в разнообразных других конструкциях. Достоинство ее состоит, в частности, в том, что она позволяет довольно легко изменять направление вращения путем перекрещивания ремешка и производить благодаря этому по желанию запись от центра к борту или обратно.

В варианте g (система Polyfar, АЕГ) на центральном шпенье сидит муфта 1, представляющая собою спиральное зубчатое колесо, спираль которого лежит в плоскости пластинки, а по зубцам ходит горизонтальная рейка 2, несущая рекордер<sup>89</sup>. Щелка 3 служит для начального закрепления положения рейки. По внешности конструкция получается исключительно простой.

Можно упомянуть также о системе (Teske), в которой боковое движение придается самостоятельным синхронным моторчиком с редуктором, монтированным в стойке рекордера.

Существует и такая система, при которой рекордер привязан к нити, а нить наматывается на валик часового механизма.

Заслуживает еще упоминания так называемый Ölrécorder Dralowid, в котором вращение тонарма осуществляется мощной пружиной, сидящей непосредственно на оси тонарма и потому разворачивающейся лишь на малый угол, равный углу поворота тонарма. На той же оси в специальной коробке сидит лопасть, проталкивающая при своем вращении масло из одной камеры в другую и тем замедляющая разворачивание пружины. На пути прохождения масла находится вентиль, с помощью которого можно регулировать скорость протекания масла (с подобным приемом гидравлической регулировки

<sup>89</sup> Schwarz K., Heimgerät zur Selbstaufnahme von Schallplatten. AEG 1931, 8: 464—7.

мы уже встречались в § 61). Вращением вентиля изменяют шаг записи.

Число подобных конструкций нетрудно было бы умножить, однако и приведенного достаточно для того, чтобы дать представление о простоте и непритязательности устройств ведущего механизма для записи пластинок прямого воспроизведения.

Пластинки прямого воспроизведения применимы, конечно, и при более совершенной аппаратуре; например, эти пластинки можно использовать на промышленных записывающих станках. Такое их использование целесообразно, например, при промышленной звукозаписи в том случае, когда желательно прослушать, как будет звучать только что записанное исполнение на обычном акустическом граммофоне.

Возвращаясь к описанным выше упрощенным конструкциям, нужно заметить, что каждая из этих конструкций все же должна удовлетворять некоторым требованиям.

Так, необходимо предусматривать возможность временного выключения жесткой кинематической связи для того, чтобы стало возможным свободное движение тонарма (например при обратном его возвращении, при проигрывании и т. д.).

Во многих конструкциях это осуществляется с помощью полугайки, разрезной втулки или откидного шарнира.

Вторым требованием является удобная смена пластинок: в этом отношении конструкции, оставляющие свободным центровой шпенек, имеют преимущество.

В устройстве должна быть также предусмотрена удобная возможность смены игл. Далее, устройство должно создавать надлежащую нагрузку на пластинку, по возможности регулирующуюся. Регулировка достигается либо перемещением контргруза по плечу, либо изменением усилия оттягивающей пружины.

Отсутствие толчков, равномерность хода составляют требования к устройству, выполняемые, конечно, со значительно меньшей точностью, нежели в промышленных станках.

Отсос стружки при записи пластинок прямого воспроизведения не производится; стружка обычно просто навивается на центровой шпенек.

Для улучшения улавливания этой стружки помещают у центрального шпеняка подушечку из губчатой резины или круглую волосяную щеточку.

Отсутствие стружки и связанных с нею хлопот является одним из преимуществ выдавливания. Однако при выдавливании частотная характеристика обычно значительно хуже, чем при резании, и, в частности, она обнаруживает завал на высоких частотах, как следствие упругой деформации материала пластинки во время записи. Зато при методе выдав-

ливания шипение обычно ниже, чем при методе резания (при том же материале пластинок).

Заканчивая рассмотрение устройств ведущего механизма, нужно отметить, что существует прием записи (фирмы Victor), при котором функция ведения рекордера при записи осуществляется самой записываемой пластинкой. Для этой цели пластинка отпрессовывается со спиральной канавкой («предканавкой»), имеющей малую глубину и ширину, достаточные лишь для того, чтобы вести производящий запись резец. К этому приему прибегают при пластинках, записываемых выдавливанием.

Чтобы в заключение дать общее представление об установке прямого воспроизведения, приведем пример подобной установки в собранном виде. На рис. 275, изображающем такую установку<sup>90</sup>, представляют: 1 — микрофон, 2 — рекордер, 3 — адаптер, 4 — ведущий механизм, 5 — усилитель. Свобод-

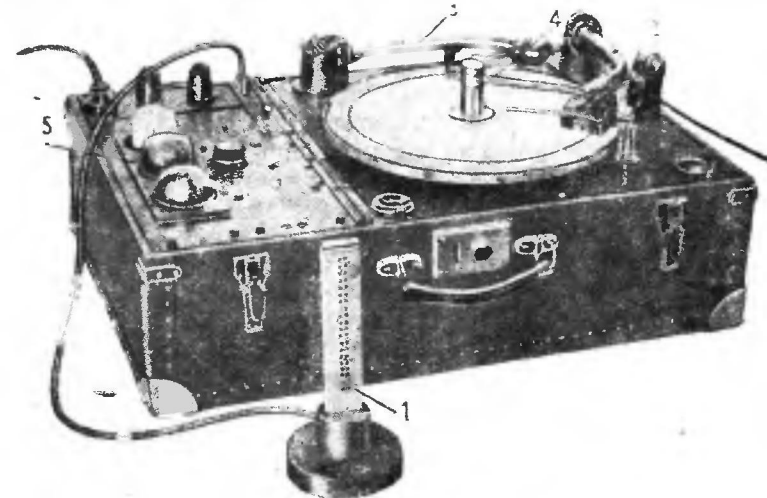


Рис. 275.

ные концы проводов идут к источнику тока и к репродуктору (последний удобно монтируется в крышке устройства, имеющего в закрытом виде форму чемодана).

К подобному устройству требуется еще дополнение в виде столика для проигрывания, снабженного синхронным мотором и адаптером, и тогда возможно использовать эту установку для переписи грамофонных пластинок. На такой установке может быть снята копия с какой-либо одолженной, отсутствующей в продаже и т. п. пластинки.

<sup>90</sup> Тип Ela T 38 в исполнении фирмы Telefunken.

## Глава XX

## ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ..

*Нетрудно делать удивительные открытия, но трудно совершенствовать их настолько, чтобы они получили практическое значение.*

*Эдисон*

### 199. Положение граммофона в ряду других звуковых устройств

Все существующие звукопроизводящие устройства (кроме природных) следует разбить на: группу устройств, производящих самостоятельные звуки, и группу устройств, повторяющих ранее зафиксированные звуки определенного отрезка времени. Устройства первой группы назовем **аутофонами**, второй — **репетофонами**.

Исторически первыми возникли аутофоны. Они применяются сейчас как **сигналы** (сирены, гудки, звонки и т. п.) и как **музыкальные инструменты**.

Среди музыкальных инструментов обособленный класс составляют механизированные музыкальные инструменты. Сюда относятся шарманки, устройства для имитации пения птиц, музыкальные табакерки, часы со звоном и с игрой, пианолы и т. п. Эти устройства представляют разновидность музыкальных инструментов, поскольку имеют определенные специфические органы звучания, но, кроме того, имеют механизм, приводящий эти органы в движение с нужной соответственно произведению последовательностью.

Устройство механического приспособления, создающего отдельные звуки человеческого голоса, было давнишним стремлением. *Игра* на таком инструменте, искусственном человеческом голосе, была бы равносильна произнесению речи или пению. Подобного рода устройства могли бы быть снабжены и управляющим механизмом, наличие которого поставило бы их в класс механизированных музыкальных инструментов, как подкласс **говорящих машин**.

Вторая группа звукопроизводящих устройств — **репетофоны** — имеет совершенно иную мысль в своей основе, мысль

о **точном повторении** однажды звучавшего в том именно виде, как оно прозвучало. Следовательно, все устройства этой группы должны иметь орган звучания, производящий не определенные отдельные звуки, а любые. Именно к этой группе принадлежит **граммофон**.

Класс механизированных музыкальных инструментов, и в том числе говорящих машин, обычно недостаточно резко отграничивается от группы репетофонов, хотя, как мы видим, между ними имеется существенное принципиальное отличие.

Чтобы ярче оттенить отличие между говорящими машинами и граммофонами, остановимся предварительно вкратце на истории говорящих машин.

Имеются указания на то, что идеей создания говорящих машин интересовался уже один из самых крупных ученых XIII века Роджер Бэкон<sup>91</sup>.

Позже проблеме говорящих машин также придавалось немалое значение; в 1761 г. знаменитый математик Эйлер писал: «было бы, пожалуй, одним из крупнейших открытий, если бы удалось построить машину, которая могла бы подражать всем звукам и словам со всеми их оттенками; задача эта не кажется мне невозможной».

Вскоре после этого в 1779 г. Русская Академия Наук объявила даже конкурс на воспроизведение отдельных гласных звуков механическим путем. По этому конкурсу выдана была премия академику Кратценштейну (Петербург), занимавшемуся этой задачей еще до конкурса<sup>92</sup>. Еще больших успехов в 1788 г. достиг Кемпельн (Вена)<sup>93</sup>, а в 1833 г. добился очень хороших результатов Виллис (Кембридж).

Поскольку самая задача создания **искусственного человеческого голоса** — подражательная, большинство конструкций и внешне воспроизводило форму губ и рта. **Первые попытки** и в других областях очень часто бывают **непосильны** решить проблему, как самостоятельное физическое задание, и стремятся лишь копировать природные устройства.

Вспомнив рис. 3 этой книги, мы поймем, как сравнительно несложным путем (основанным на **репетофонной** технике) можно создать клавишную машину, которая путем подведения к звукоизлучателю того или иного диска воспроизводит звуки со всеми характерными для них **обертонами**; все упомянутые выше устройства решали эту задачу гораздо сложнее.

Около 1841 г. Фабер (Faber) в Вене создал искусственный человеческий голос в виде чрезвычайно сложной машины,

<sup>91</sup> Германтов В., „Говорящая машина“, Бр. Е. т. 17, стр. 11.

<sup>92</sup> K r a t z e n s t e i n, H. A. G., Qualis sit natura et character Sonorum litterarum vocalium и т. д. Публикация академии, сент. 1780, СПб.

<sup>93</sup> K e m p e l e n W., Mechanismus der menschlichen Sprache, В. 1791.

произносившей очень много отдельных букв, так что соответствующей игрой на ее клавиатуре можно было заставить это устройство говорить на разных языках. Машина Фабера не сохранилась, но идея подобной машины не оставлена, и в более современном виде была повторена в работе<sup>94</sup>.

Говорящие машины простейшего вида опять-таки в сочетании с человеческой фигурой имеют и сейчас применение в быту в виде общеизвестных говорящих кукол. Заметим, впрочем, что в наиболее совершенных говорящих куклах, произносящих целые фразы, использовано релетофонное устройство.

## 200. Фиксация звука

Физик Порта (1589 г.) думал, что «звук не исчезает бесследно и его можно как-то сохранить»; таково же было мнение знаменитого Кеплера (1634 г.) и многих других (Сирано де-Бержерак — 1656 г., Франц Грюндле — 1680 г. и т. д.). Некоторым, правда, это дело представлялось довольно наивно, например что можно было бы поймать звук в трубу и закрыть в ней, а затем, открыв трубу, вновь услышать однажды звучавшее и т. п.

Представление о том, что повторение звуков должно производиться путем повторения тех колебательных движений, которые были связаны с начальным звучанием, пришло далеко не сразу.

Первая фиксация естественных звуков — запись их — относится лишь к началу XIX столетия.

В 1807 г. английский ученый Томас Юнг, известный рядом серьезных физических работ, описал<sup>95</sup> способ записи колебаний камертона на поверхности барабана. В ряде немецких книг<sup>96</sup> первая запись звуков приписывается физику В. Веберу (W. Weber) (известному по устроенному им электромагнитному телеграфу), хотя запись колебаний камертона (на плоскости) описана им<sup>97</sup> лишь в 1830 г.

В 1842 г. физик Вильгельм Вертгейм (W. Wertheim), исследуя скорость звука, применил подобный же способ записи, однако вел запись не на плоскости или цилиндре, а на поверхности вращающегося диска, с тем лишь отличием от записи на грамофонной пластинке, что запись его велась по окружности, а не по спирали.

<sup>94</sup> Encycl. Britan. 14 изд., т. 19, статья „Robot“ стр. 359—60.

<sup>95</sup> Young Th., A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts. Лондон 1807.

Например Pisko F. J., Die neueren Apparate der Akustik, 1865 г., стр. 238. Auerbach F., Akustik, 1904, стр. 150.

<sup>97</sup> В статье Akustik в „Universalexikon der Tonkunst“ (Musikalisches Lexicon) I том, Штутгарт 1830.

Рисунок записи колебаний камертона мы уже приводили (рис. 1). Запись велась на закопченной поверхности.

До сих пор, однако, мы говорили только о записи колебаний камертона. Дюамель (Duhamel) расширил эти возможности<sup>98</sup> с помощью своего виброскопа (vibroscope). Запись на виброскопе (рис. 276) производилась по винтовой линии (т. е. так, как впоследствии в фонографе Эдисона) на закопченном стеклянном цилиндре. Обратим внимание на то, что колеблющийся стержень зажат в тисках, так что он может совершать колебания лишь в плоскости, проходящей через ось виброскопа.

Виброскоп Дюамеля делал возможной лишь запись колебаний самого звучащего тела.

Первая мысль о записи звуковых колебаний без механической связи записывающего аппарата с звучащим телом (путем улавливания звуковых колебаний, переносимых воздухом, что является необходимым условием записи самых разнообразных звуков и всегда применяется теперь) принадлежит Скотту (Léon Scott), назвавшему свой аппарат ф о н а у т о г р а ф о м (phonautograph), и относится к 1857 г.<sup>99</sup> Это был первый записывающий аппарат с мембраной. Существенной составной частью аппарата (рис. 277) является эллипсоид, в одной из фокусов которого помещалось звучащее тело, чьи звуки подлежали записи. Записывающим телом служило маленькое страусовое перышко.

Внешне и в некоторых частях конструкции фонавтограф имеет немалое сходство с фонографом, так что Скотт обвинял даже впоследствии Эдисона в похищении своего изобретения, что, конечно, является неправильным, так как аппарат Скотта только записывал, но не воспроизводил звуки.

Аппарат Скотта усовершенствовали Кениг (Rudolphe König) и Барлоу (Barlow). Первый из них заменил эллипсоид парабо-

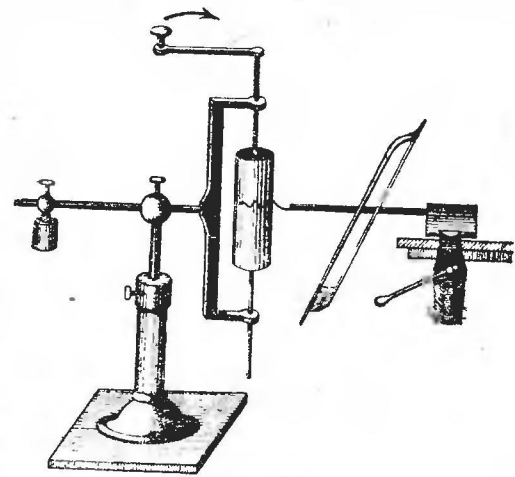


Рис. 276.

<sup>98</sup> Daguin P. A., Traité élémentaire de Physique, Париж 1861, том I, стр. 491.

<sup>99</sup> Cosmos 1859, 14; 314—20, 15; 677—9. 200. 20: 658.

лоидом, сделав тем самым прибор восприимчивым не только к звукам, помещенным в определенной точке (фокусе эллипсоида). Аппарат Кенига показан на рис. 278.

В этом аппарате, как и в предыдущих, вращение барабана производилось от руки. Для того чтобы придать записи координаты времени, рядом с записывающим телом устанавливался камертон и звучание его записывалось рядом на том же барабане.

Небезынтересно упомянуть, что вместо мембраны пробоваляли применить и взятые из человеческого уха барабанную перепонку и косточки; это делал известный Белл (Alexander

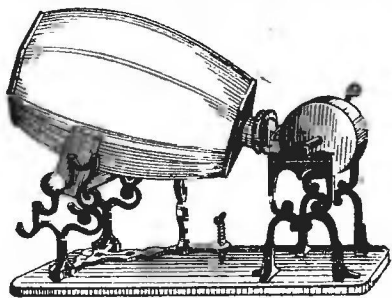


Рис. 277.

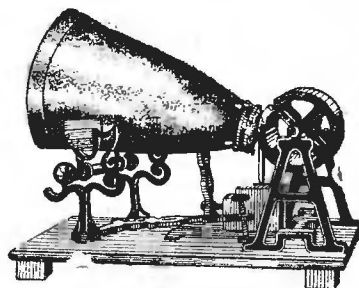


Рис. 278.

Graham Bell), в честь которого установлена единица децибелл. Отметим кстати, что в области изобретения телефона первенство Белла оспаривали безуспешно тринадцать человек, в числе которых находились тесно связанные с развитием рассматриваемой нами отрасли Эдисон и Берлинер<sup>100</sup>.

В перечисленных до сих пор случаях имела место только поперечная запись. Таким образом, наиболее сейчас распространенная поперечная запись является в то же время первой исторически.

Во всех приведенных приборах запись применялась только с целью изучения звуков. Сам Скотт производил, впрочем, записи речи своих домашних, но это рассматривалось как пустое занятие и вызывало насмешки<sup>101</sup>.

## 201. Обратимость записи; изобретение фонографа и граммофона

Для того чтобы от записи для изучения кривых перейти к записи для воспроизведения звуков, т. е. создать настоящие

<sup>100</sup> De Magnéville, Des procès relatifs au téléphone en Amérique. La lumière électrique 1883, 10; 147.

<sup>101</sup> „Мы серьезнейшим образом рекомендовали ему не заниматься ничем иным, кроме записи согласных“, — пишет аббат Муаньо (Moignon), редактор журнала Cosmos.

машины группы репетофонов, недоставало теперь одной лишь мысли об обратимости записи.

Эту главную, лежащую в основе всех дальнейших устройств, мысль впервые высказал и, притом сразу с полной ясностью, Кро (Charles Cros), которого Поггендорф называет «физиком, химиком и поэтом»<sup>102</sup>, в своем письме Французской Академии Наук, переданном в канцелярию 30 апреля 1877 г., вскрытом и оглашенном на заседании Академии 3 декабря того же года. Этот исторический для данной отрасли документ приводится здесь в переводе<sup>103</sup>.

### «Процесс записи и воспроизведения явлений, воспринимаемых слухом»

В основном мой способ состоит в получении следа переменного движения вибрирующей мембраны, так чтобы можно было воспользоваться этим же самым следом для воспроизведения ее первоначальных вибраций с сохранением их прежних взаимоотношений по длительности и интенсивности, с помощью той же мембраны или другой, приспособленной к передаче звуков и шумов, определяемых этой серией колебаний.

Задача состоит, следовательно, в том, чтобы преобразовать такие весьма delicate следы, как штрихи, получаемые от скольжения тонкого острья по вычерненной сажей поверхности, в рельефные или углубленные кривые, обладающие такой прочностью, чтобы они могли вести подвижной штифтик, передающий свои движения звучащей мембране.

Легкий штифтик укрепляется в центре вибрирующей мембраны; он заканчивается острием (металлической проволочкой, гусиным пером и т. п.), которое упирается на вычерненную сажей поверхность диска, совершающего одновременно два движения — вращательное и прямолинейно-поступательное. При спокойном состоянии мембраны острие прочертит на диске простую спираль, когда же мембрана вибрирует, то спираль вычерчивается зигзагами, которые в точности изображают все колебания мембраны как по времени, так и по интенсивности.

Полученная таким образом модулированная и просвечивающая спираль посредством хорошо ныне известного фотографического процесса переводится в форме выпуклой или углубленной такого же вида и размеров линии на какое-либо прочное вещество (например сталь).

Полученную таким образом поверхность кладут в аппарат, сообщая ей вращательное и поступательное движение той же самой скорости и характера, какие имела поверхность записи. Металлическое острие, если линия углубленная (или штифтик с выемкой, если она выпуклая), удерживается пружинкой на линии следа; при этом несущая острие державка укреплена в центре мембраны, способной издавать звуки. При таких условиях мембрана придет в колебание, но уже не от действия воздушных вибраций, а в силу движения острья, направляемого линией следа, побуждающего мембрану к совершению вибраций, по продолжительности и интенсивности подобных тем, каким подвергалась мембрана при записи.

В спирали одинаковым промежуткам времени отвечают возрастающие или уменьшающиеся длины пути. В этом нет ничего дурного, если исполь-

<sup>102</sup> J. C. Poggendorff's biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften. B. III.

<sup>103</sup> Он был напечатан в Comptes Rendus des séances de l'Académie des sciences, 1877 г., т. 85, стр. 1082—3. Procédé d'enregistrement et de reproduction des phénomènes perçus par l'ouïe.

зую только периферическую часть вращающегося круга для очень плотной спирали; однако при этом пропадет центральная поверхность.

Во всяком случае предпочтительна запись по винтовой линии на цилиндре и я стараюсь сейчас найти практическое решение этой задачи».

Мы видим, таким образом, что Кро не только изложил сущность явления воспроизведения звуков, но указал на метод выполнения воспроизведения как с помощью валика, так и с помощью диска, на котором запись производится по спирали, т. е. с помощью того, что мы называем сегодня граммофонной пластинкой, изобретателем которой он по справедливости и заслуживает быть названным. Запись Кро была также поперечной.

Письмо Кро ценно тем, что обнаруживает логическое решение сознательно поставленной физической задачи.

С точки зрения дальнейшего хода событий очень интересно привести еще несколько дат. Статья самого Кро не была единственной публикацией о его изобретении<sup>104</sup>.

10 октября 1877 г. еще даже до оглашения письма Кро в Академии Леблан (Le Blanc — псевдоним приятеля Кро Lenoir'a) поместил в «La Semaine du Clergé» заметку, в которой обстоятельно сообщалось о сделанном Кро изобретении, которое он надеялся показать на большой международной парижской выставке в 1878 г. В этом описании, между прочим, предлагается назвать этот прибор *фонографом*. Прибор этот описывается именно с валиком, а не с диском, т. е. в том виде, который вскоре после этого придал своему фонографу Эдисон.

Кро не добивался патента, а вместо этого направил письмо Академии Наук. Там идея его не получила никакого движения или поддержки и имя его оказалось почти забытым.

Отношение Академии будет не столь удивительным, если учесть сообщение, что полгода спустя, 11 марта 1878 г., когда там же в Париже, в Академии, демонстрировался в работе фонограф Эдисона, член Академии Бульо устроил демонстратору скандал, набросившись на него с обвинением в чревоугодничестве и намерении одурачить собравшихся<sup>105</sup>. Нужно заметить, что и после демонстрации фонографа Эдисона работам Кро

<sup>104</sup> В частности, 11 декабря 1877 г. Менье (Victor Meunier) в „Rappel“ посвятил свою хронике этому изобретению.

<sup>105</sup> Проверить это сообщение автору не удалось; в Comptes Rendus в отчете о заседании 11 марта о выступлении Бульо вовсе нет речи. Академик Jean Bouillaud состоял, действительно, в списках того времени по секции медицины и хирургии. Доклад, сопровождавший демонстрацию, см. du-Moise, Sur le phonographe de M. Edison. CR 1878, I; 643—5.

С сообщением о происшедшем в Академии можно сопоставить другое сообщение, согласно которому будто бы при первой публичной демонстрации фонографа Эдисона в России он был встречен как „механический говорящий зверь“, демонстратор был привлечен к суду, оштрафован, а самый фонограф уничтожен (Lottin — см. список 43, стр. 16).

не было придано заслуженного внимания. Напротив, даже во французской печати оспаривалась роль Кро людьми, недостаточно, повидимому, умеющими разграничить сущность дела от поверхностных признаков<sup>106</sup>.

Личность Кро представляет безусловный интерес. Портрет его дан<sup>107</sup> на рис. 279. Кро родился в 1842 г. в Фабрезане (Aude). Семья его отличалась талантливостью: его брат — живописец и скульптор, о котором знаменитый Ролэн отзывался как об одном из самых крупных скульпторов своей эпохи, сын его — поэт. Сам Кро отличался исключительной одаренностью. Он изучал физику, химию, филологию, медицину. В 1867 г. он изобрел «аутографический телеграф»<sup>108</sup>. Ему приписывается также изобретение принципа телефона<sup>109</sup>, и процесса трехцветной фотографии<sup>109</sup>. Он занимался также вопросами междупланетных сообщений и написал по этому поводу брошюру. Известен также как галантный поэт<sup>110</sup> и писатель на фантастические темы<sup>111</sup>. Он писал также остроумные юмористические монологи и в этом жанре также считался первым мастером. Кроме того он был и музыкантом<sup>112</sup>. Он умер в Париже, в возрасте 45 лет, т. е. в год практического осуществления граммофона, которого он, таким образом, уже не увидел.



Рис. 279.

<sup>106</sup> Например, Giffard P., Le phonographe expliqué a tout le monde, Paris.

<sup>107</sup> Портрет любезно переслан автору сыном Кро — Gué Charles через Всесоюзное общество культурной связи с заграницей. Синьок относится к 1879—1880 гг.

<sup>108</sup> Enciclopedia Italiana 1931, т. XII, стр. 39.

<sup>109</sup> Lagousse du XX-e siècle, 1929, т. 2, стр. 599 (статья М. Р. Монрот). Во всяком случае, он в 1881 г. предложил гидротипию (Monit ur de la Phot., 1881, стр. 67), развившуюся в современную пинатипию (см. Вальента, Химия фотографических процессов, Л. 1925, ч. I, стр. 257).

<sup>110</sup> Tellier J., Nos poètes. Париж 1887. Bersancourt A., Au temps des Parnassiens, Париж 1924.

<sup>111</sup> Известный французский поэт Верлен (Paul Verlaine), давая общую оценку творческой деятельности Кро, говорил, что он есть и останется одним из лучших и наиболее оригинальных французских писателей в стихах и прозе. См. предисловие к книге Кро: „Le collier de Griffe“, изд. 1908 г., стр. IX.

<sup>112</sup> Dufay P., Chez Nina de Villard. Mercure de France, 1927, 695: 324—352. Вообще биографического материала о Кро можно найти немало.



## 202. Осуществление фонографа

О практическом осуществлении Кро своих идей звукозаписи неизвестно ничего. Впрочем, Кро и не был практическим экспериментатором. К тому же он нуждался и не имел часто средств на жизнь, а не то что на эксперименты<sup>113</sup>.

Напротив, именно таким лицом был Эдисон (1847—1931), изобретатель-профессионал<sup>114</sup>, содержавший уже в период создания фонографа в своих мастерских немалый штат рабочих и инженеров.

Из изобретений Эдисона фонограф считается главным<sup>115</sup>.

Изготовление фонографа Эдисон сдал сделью своему мастеру Джону Крузи (John Krusi), который работал без перерыва 30 час., пока не изготовил фонограф<sup>116</sup>.

Заявка Эдисона сделана 24 декабря 1877 г., а патент, вопреки всем правилам о сроке для выяснения новизны и для подачи претензий другими лицами, выдан ему уже 19 февраля 1878 г.<sup>117</sup> Эти даты нельзя не сопоставить с датами оглашения идей Кро. Сын Шарля Кро, Гюи, современный французский поэт, замечает<sup>118</sup>, не без прямого намека, что журнал «La Semaine du Clergé», в котором 10 октября 1877 г. помещено обстоятельное описание фонографа Кро, о котором мы уже упоминали в предыдущем параграфе, пользовался в то время в Америке значительным распространением и известностью. Впрочем даже через 10 лет, когда Берлинер<sup>119</sup> получал патент на граммофон, эксперты американского Patent office все еще ничего не знали ни о каких работах Кро.

Было бы, по видимому, ошибкой полагать, что Эдисон за-

имствовал идеи Кро. Можно до некоторой степени проследить как тот путь, который привел к этим идеям Кро, так и тот путь, который к ним же самостоятельно привел Эдисона. Кро шел по пути широких обобщений<sup>120</sup>, Эдисона натолкнули на решение косвенные задачи.

Известен рассказ о том, как Эдисона, когда он работал телеграфистом, уволили со службы по обнаружении одного из первых его изобретений — приспособления, механически передававшего по телеграфу условные сигналы, указывающие на присутствие Эдисона на работе, хотя бы его в действительности там и не было. Это быть может было первым изобретением в ряду способов *разделения сигналов от соответствующего им времени* (что, собственно, имеет место и во всех репетиторах), в том ряду, к которому Эдисон возвращался не раз. Его электромотограф в его начальном виде (не как громкоговорящий телефон, а как применение телефона в телеграфии — эти две его ступени сами по себе интересная параллель тому, что касается фонографа) — следующее повторение той же общей идеи. И, наконец, не естественно ли было перейти от идеи автоматического телеграфного репетитора к идее автоматического телефонного репетитора. Это, в сжатых чертах, тот путь, который и привел Эдисона к автоматическому телефонному репетитору.

Эдуард Джонсон, один из сотрудников Эдисона, рассказывает<sup>121</sup> о том, как Эдисон говорил ему:

«Я хочу создать передатчик для телефона, представляющий точную копию телеграфного.

Когда я говорю в телефон, мой голос вызывает вибрацию мембраны приемного телефона. Я укрепляю иглу в середине мембраны и подложу туда ленту бумаги или другого материала, легко воспринимающего давление, — инструмент обязательно напечатает отпечаток на бумаге.

Бумагу можно опять вложить под иглу и все вибрации будут произведены опять.

Таким путем можно во много раз увеличить расстояние телефонной передачи: отпечатанные на бумаге слова могут быть повторяемы автоматически».

Нам сегодня может казаться странной та неосознанность мысли о говорящем устройстве, которая таится между этих слов. Но Джонсон сам сознается, что он даже читал лекцию

<sup>120</sup> Быть может его упоминаемая у Poggendorffa работа, относящаяся к 1876 г., „Procédés d'enregistrement et de reproduction des couleurs, des formes et des mouvements“, пролила бы свет в этом отношении; автору, к сожалению, не удалось ее достать.

<sup>121</sup> The Electrical World — от 22 февраля 1890 г. Цит. по Оф. Изв. акц. о-ва граммофон, № 4.

<sup>113</sup> Gautier E., Из предисловия к „Le collier de Griffe, стр. XIV.

<sup>114</sup> Биография Эдисона здесь не приводится, так как она достаточно общеизвестна. Из книг на русском языке об Эдисоне назовем: Брайан Д., Эдисон, его жизнь и изобретения, 1927. Каринцев Н., Эдисон (биография и очерк изобретений) 1925. Мижуев П. Г., Эдисон, его жизнь и изобретения. Авенариус, Эдисон, Томсон. Эдисон. Из иностранных книг назовем: Hubert, Inventors, 1893, стр. 223—63.

<sup>115</sup> Бр. Е. 79: 174 „Эдисон“.

<sup>116</sup> Мижуев П. Г., Томас Эдисон, его жизнь и достижения, Л. 1926.

<sup>117</sup> Брайан Д., Эдисон, жизнь и работа (пер. с англ.). Л. 1927, стр. 67.

Даты английского патентного описания иные. Так, временная заявка англ. патента 2909 датирована 30 июля 1877 г., окончательная заявка 30 января 1878 г. Название этой заявки „Improvements in Instruments for Controlling by sound the Transmission of Electric currents and the Reproduction of Corresponding sounds at Distance“.

Упоминание о фонографе как таковом, содержится лишь в англ. патенте 1644, временная заявка которого датирована 24 апреля 1878 г., окончательная заявка 22 октября. Название этой заявки „Improvements in means for Recording sounds and in Reproducing such sounds from such Record“.

<sup>118</sup> Cros Guichard, Charles Cros, l'inventeur du phonographe. Mercure de France 1927, 663: 513—23.

<sup>119</sup> Berliner E., The Gramophone; Etching the human voice. JFrI 1888, стр. 432.

об этом телефонном передатчике и лишь после, с чужих слов, понял, что это устройство в сущности — говорящее устройство.

То, что это было именно так, представляется очень вероятным: устройство для телефона на дальнее расстояние оказалось фонографом, хотя предполагалось создать телефоно-граф.

И действительно, записка от 30 июля 1877 г. говорила о записи на бумагу<sup>117</sup>, чем подтверждается рассказ Джонсона. Случайность изобретения фонографа до известной степени не отрицается, кажется, и самим Эдисоном.

Представляет большой интерес приведенный<sup>122</sup> на рис. 280 автограф заказа, переданного

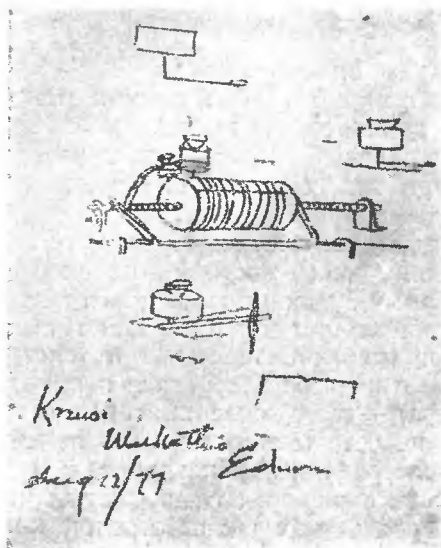


Рис. 280.

Эдисоном Джону Крузи и датированного 12 августа 1877 г. Сопоставляя все приведенные здесь даты, можно уловить ряд противоречий; к сожалению, в распоряжении автора недостаточно материалов для их разрешения — исчерпывающая хронология изобретения фонографа еще ждет своего автора.

Фонограф Эдисона в его начальном виде<sup>123</sup> представлен на рис. 281.

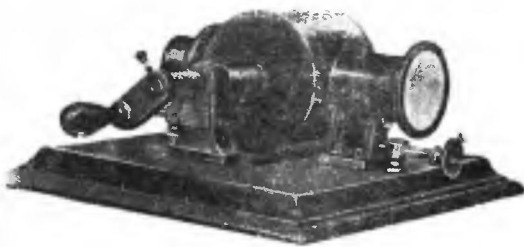


Рис. 281

<sup>122</sup> Цит. по книге Лебедев В. И., *Занимательная техника в прошлом*. Книга 1, изд. 2-е, стр. 76. В этой книге, к сожалению, не указан источник, откуда заимствовано факсимиле.

<sup>123</sup> В *Victoria and Albert Museum* в Лондоне хранится фонограф Эдисона (Брайан, см. сноску 114, стр. 61); автору неизвестно, действительно ли он первый, так как Эдисон рассылал свои первые фонографы многим лицам.

Запись велась здесь по винтовой линии путем вдавливания по довольно толстой оловянной фольге, обернутой вокруг медного цилиндра, вращаемого (как в виброскопе и фонавтографе) от руки. Для вдавливания служило стальное притупленное острие, непосредственно укрепленное к центру железной мембраны, воспринимавшей звуки.

Для воспроизведения служила находящаяся по другую сторону цилиндра мембрана, снабженная играющим роль нынешней иглы стальным острием. Сама мембрана состояла из расгибленного пергамента. На мембрану надевался рупорный конус, сделанный из картона.

При записи и воспроизведении вращение вели со скоростью около 1 об/мин, причем за один оборот винтовая линия на цилиндре получала сдвиг около 3 мм.

Эдисон и в дальнейшем много раз еще возвращался к работе над фонографом и вносил в него всевозможные конструктивные изменения. Постепенно фонограф утрагил свою начальную простоту (см. рис. 282, где показан Эдисон за своим позднейшим фонографом), но так и не достиг чистоты передачи. О том, как слабы были звуки, можно судить по трубкам, которые приходилось вставлять в уши, чтобы слушать воспроизведение.

Завершая на этом знакомство с работами Эдисона в области воспроизведения звуков, мы должны заметить, что за Эдисоном, во всяком случае, остается не только заслуга изготовления первого *работающего* аппарата, но и введение двух особенностей записи: во-первых, механического изменения слоя вдавливанием и, во-вторых, глубинной записи, до него не предложенной никем. Правда, в широком промышленном масштабе ни одно из этих мероприятий ему привить не удалось, но это не дает права им отказать в оригинальности.

### 203. Развитие фонографа и осуществление граммофона

Усовершенствованием фонографа занялся целый ряд лиц.

Наиболее существенных успехов достигли Белл и Тайнтер (Chichester Alexander Bell и Charles Sumner Tainter), которые



Рис. 282.

после двух лет работы над условиями записи в Volta Laboratory Со<sup>124</sup> пришли к выводу, что следует применять поперечную запись, резание вместо выдавливания, а в качестве воспринимающего запись слоя воск с добавкой парафина и других веществ<sup>125</sup>.

В результате своих работ они взяли в 1886 г. патент<sup>126</sup> на соответствующий прибор, названный ими графофоном (graphophone), который они и изготовили весной 1887 г. Внешне этот прибор очень напоминал фонограф последних конструкций. Патент их был, как передают, куплен Эдисоном.

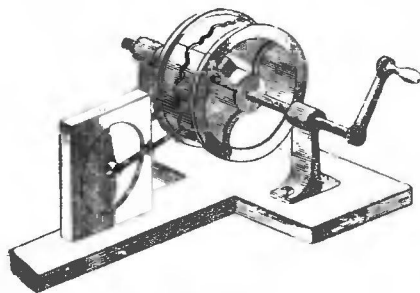


Рис. 283.

Когда несмотря на ряд лет, прошедших со времени изобретения фонографа, все еще не удавалось придать ему то значение, которое пророчили ему вначале, возникло стремление отойти от идей фонографа. Тогда настало время для претворения в жизнь идеи Кро о граммофонной пластинке.

Эту роль взял на себя Эмиль Берлинер (Emile Berliner). Им изготовлен граммофон, от него же получивший это название<sup>127</sup>. По сделанной Берлинером в июне 1887 г. заявке им получен был патент сперва в США<sup>128</sup>, а затем и в других странах<sup>129</sup>. Практического выполнения Берлинер добился в 1888 г. и тогда же (16 мая 1888 г.) демонстрировал свой граммофон в Франклиновском институте в Филадельфии.

Сперва<sup>130</sup> Берлинер применил поперечную запись не на диске, а на валике, как в фонографе (рис. 283). На рисунке виден шов, образованный обернутой вокруг цилиндра лентой материала, на котором производилась запись.

<sup>124</sup> Созданной на средства премии им. Вольта (50 000 франков), которую получил Белл (Alexander Graham Bell) от Французской Академии Наук.  
<sup>125</sup> Впрочем, и применение резания уже в 1879 г. указал Delechepeaux (см. CR 2 июня 1879 г., т. 88, стр. 1140), а на применение воска — Lambriot (см. La Nature, май 1879, стр. 349 — цит. по La Nature 1888, 1; 174). Применение поперечной записи вместо глубинной целесообразно было потому, что при глубинной записи сечение снимаемой стружки непрерывно менялось (а это создавало при механической записи очень трудный режим для рекордера).

<sup>126</sup> Ам. р. па. 3 1214 от 4 мая 1886 г.

<sup>127</sup> Последнее, впрочем, вызывает сомнение, так как в своем начальном-германском патенте 45048 (1887 г.) при описании изобретения Берлинер говорит „с отличием от прежних фонографов и граммофонов“, что заставляет думать, что термин этот существовал и раньше.

<sup>128</sup> 378786.

<sup>129</sup> В Англии 15232, в Германии 45048.

<sup>130</sup> По статье проф. Houston, E. Y., The Gramophone, JFrI 1888, 125; 44—55.

Затем он стал производить запись на диск по методу Кро. Однако он нашел, что рекомендованное Кро покрытие сажей непрактично<sup>131</sup>, и стал готовить состав, напоминающий жирные чернила, для чего слой состоял у него из сажи с парафином (на стекле). Стекло ставилось на станок (рис. 284) в опрокинутом положении, так что снимаемый слой мог падать вниз, не мешая записи. После записи фонограмма покрывалась лаком и в роли негатива она служила для получения рельефного фотографического отпечатка на хроможелатиновом или хромоальбуминовом слое.

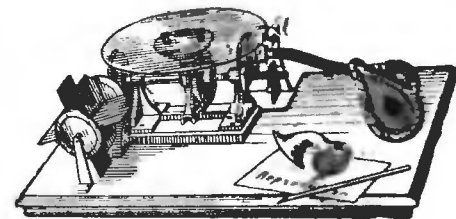


Рис. 284.

Полученные результаты, однако, Берлинера не удовлетворили и он стал пробовать методы химической обработки, а именно — кислотную травку. Эту сторону дела Берлинер, очевидно, считает предложенной для рассматриваемого производства впервые лично им, полагая, повидимому, что словами Кро «посредством

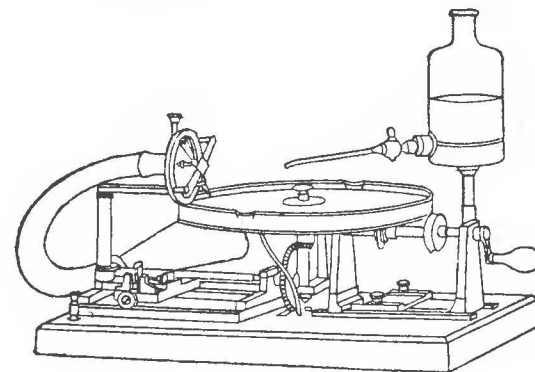


Рис. 285.

хорошо известного фотографического процесса... спираль переносится на какое-либо прочное вещество в форме выпуклой или углубленной линии» за Кро закрепляется лишь вышеописанный первый прием.

Однако, на самом деле, в статье Леблана<sup>132</sup>, о которой уже

<sup>131</sup> Berliner E., The Gramophone. Etching the human voice, JFrI 1888, 125, 6:425—47.

<sup>132</sup> La semaine du clergé or 10 октября 1877 г.

упоминалось в § 202, в описании способа Кро говорится более чем ясно:

«...цилиндр будет покрыт с поверхности веществом легким, как сажа, и достаточно жирным, чтобы воспрепятствовать разъеданию кислотой металла.

...после того как поверхность восприняла следы колебаний, ее подвергают деликатному процессу, аналогичному тому, с помощью которого офортисты выполняют свою гравюру.»

В дальнейшем Берлинер применял в качестве металла — цинк, а в качестве защитного слоя — пчелиный воск<sup>133</sup>. Процесс его протекал следующим образом.

От ручного привода получал через фрикционную передачу (рис. 285) вращательное движение диск-бассейн. От последнего, с помощью конических шестерен, винта и муфты приводилась в прерывательное движение стойка с рекордером. Сочетанием этих двух движений обеспечивается получение записи по спирали. Лист цинка, тщательно полированный, укрепляется на дне бассейна. На этот лист наливался раствор 25 г чистого пчелиного воска в 500 мл бензина; по испарении бензина на цинке



Рис. 286.

остается очень тонкий слой воска, чувствительный к самым слабым прикосновениям. Запись велась иридиевым острием; для записи приходилось говорить в рупор, непосредственно соединенный с рекордером; рекордер яснее виден на рис. 286.

Для того чтобы стружка не приставала к острию, поверхность слабо смачивалась спиртом, для возмещения испарения которого все время каплями подавались новые порции из сосуда, расположенного на возвышении.

По окончании записи цинк вынимался и подвергался травке в 25%-ной хромовой кислоте; протравливались лишь места, прочерченные резцом. Уже десятиминутная травка давала в цинке канавки глубиной около 0,1 мм. Обычно травка длилась 15—20 мин. После отмывки от кислоты мог быть удален и воск.

В таком виде уже через каких-нибудь полчаса после записи цинк был пригоден для воспроизведения в качестве пластинки. Однако Берлинер пользовался этим цинком в качестве оригинала (II оригинала по нынешней терминологии) и получал с него гальванопластические копии.

<sup>133</sup> См. герм. пат. Берлинера 47099 (1888 г.).

Первое устройство для воспроизведения Берлинера показано на рис. 287. Рис. 288 изображает устройство 1894 г., ныне хранящееся в музее.

Нужно отметить, что Берлинер не скрывает своего знакомства с работами Кро и признает его общее первенство. Берлинер сообщает даже, что он справлялся через знакомых в Париже — каково было практическое осуществление идей Кро — и узнал, что Кро не осуществлял свои идеи на практике<sup>134</sup>. Правда, при этом Берлинер заявляет, что он узнал об идеях Кро лишь в конце августа 1887 г., спустя три месяца после того, как он подал свою патентную заявку.

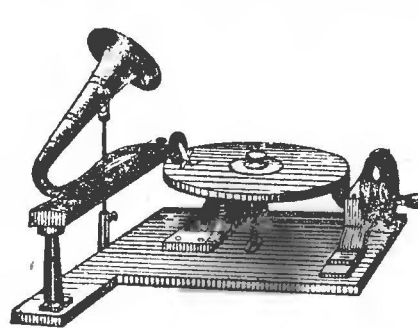


Рис. 287.

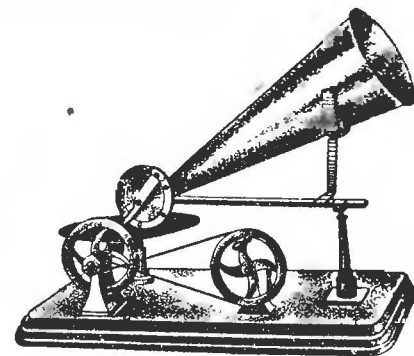


Рис. 288.

К сожалению, даже первенство идеи применения гальванопластики в данной области мы не можем приписать Берлинеру. Она не упоминалась в его заявке и уже проф. Гаустон (Houston), описывая патентную заявку Берлинера<sup>130</sup>, указывает на необходимость дополнить перечисленные им способы копирования — «электрометаллургическим».

Но еще раньше и притом впервые эта возможность, являющаяся основой современного производства, предусмотрена опять-таки Кро. В том же цитированном уже нами описании Леблана говорится:

«Полученный прибор, как сказать, застенографировавший ваши слова, пение, игру и т. д., сохранит их в виде клише, которое сможет быть сделано металлическим с помощью гальванопластики и которое, поставленное для воспроизведения, повторит ваш голос, произношение, тембр...»

Нужно сознаться, что чем больше знакомишься с работами Кро, тем больше убеждаешься в том, насколько глубоко была

<sup>134</sup> The Electrical World 1887, 12 ноября.

им продумана идея воспроизведения звука. Однако как ни обстоятельны были идеи Кро, они остались только идеями. Задача практического осуществления была выполнена Берлинером, человеком предприимчивым, который не только провел практическую разработку, но и организовал производство — в этом его заслуга<sup>135</sup>.

## 204. Усовершенствование граммофона

Вскоре способ травки был оставлен и вместо него применена прямая запись на восковой диск; это нововведение произвел Джонсон (Elridge R. Johnson)<sup>136</sup>.

С этого времени трудно назвать какое-либо нововведение в области граммофонных пластинок, которое было бы разработано специально для данной отрасли, а не перенесено из какой-либо смежной области.

Уже в начале XX в. многие граммофонные компании пытались производить электрическую<sup>137</sup> запись, но в то время стремление это не могло быть надлежаще осуществлено за отсутствием нужных электрических усилителей<sup>138</sup>.

Лежащее в основе современных усилителей и вообще радиотехники явление испускания электронов в вакууме накаливаемым телом замечено было впервые Эдисоном, однако он не только не усовершенствовал это открытие настолько, чтобы оно получило практическое значение, но и не сумел, как ни странно, найти для него никакого технического применения.

В 1904 г. Флеминг (J. A. Fleming) изобрел диод («вентиль Флеминга»). В 1906 г. Форест (Lee de Forest) ввел в катодную трубку сетку. В 1911 г. Либен (von Lieben) получил патент на «газовое реле», обнаружив усилительное действие<sup>139</sup>.

В 1915 г. Лэнгмюр (Irving Langmuir), известный по своим работам в области вакуумной техники, устроил высоко-

вакуумную электронную лампу. С этого примерно времени техническое применение электронной лампы стало вполне реальным и, хотя совершенствование электронных ламп продолжается интенсивно и сейчас, они уже в то время могли надежно обеспечивать усилительное действие.

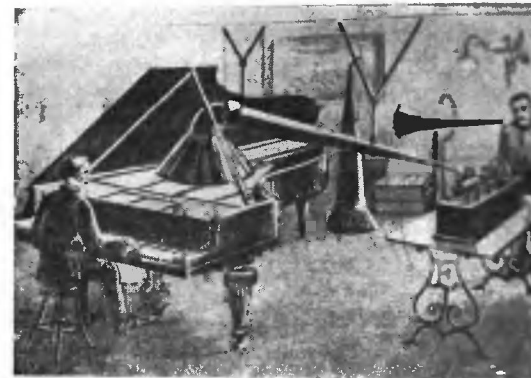


Рис. 289.

Отчетливое представление о том, насколько **осложняла** условия записи прежняя акустическая система, дает рис. 289, где показана запись рояля. Рупорная насадка **ведет непосредственно** к записывающему станку. Подобные насадки приходилось иметь разной формы, чтобы применяться к записываемому инструменту.

В 1918 г. о-во Гомон взяло патент на «чтение фонограмм электромагнитным лектором», т. е. на адаптер<sup>140</sup>.

В 1924 г. несколько фирм взяли патент на улучшенные условия электрической записи. Вслед за этим способ электрической записи вошел в практику и уже в 1925 г. вытеснил из производства прежнюю акустическую запись.

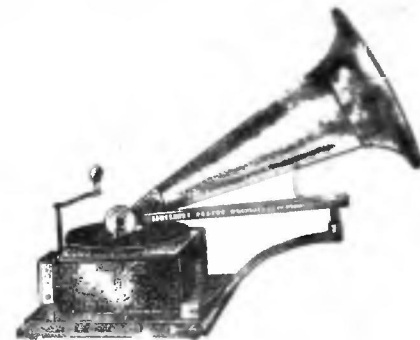


Рис. 290.

<sup>140</sup> Статья Лео Гомон в сб. «Звуковое кино». Изд. ЦК Рабис, 1930 г.

<sup>135</sup> Интересующихся биографией Берлинера отошлем к The National Cyclopaedia of American Biography, N. Y. 1909, 10: 441.

<sup>136</sup> Berliner E., JFrI 1913, 176; 2: 189—200; заметим, впрочем, что брат Эмиля Берлинера, делая доклад в 1898 г., все еще упоминал почему-то лишь способ травки — это, повидимому, следствие либо неосведомленности, либо секретничанья. См. Berliner J., ETZ 1898, 19; 36: 614—5.

<sup>137</sup> Уже в англ. пат. Эдисона 1644 (1878 г.) упоминается о воздействии на иглу не только с помощью мембраны, но и с помощью электромагнитной катушки: идея, насколько известно, оставшаяся Эдисоном неразвитой.

<sup>138</sup> С той же задачей усиления сталкивались и при попытках увеличения громкости воспроизведения. Достаточно интересные решения этой задачи, например, оксетон, просуществовали, однако, лишь до появления электрического усиления.

<sup>139</sup> Blake G. G., History of Radio, Telegraphy and Telephony, London 1925. В этой обстоятельной книге можно найти много интересных подробностей.

После изобретения граммофона производство граммофонных пластинок и производство граммофонов, различные по характеру, обособились.

Когда граммофон Берлинера был выпущен на рынок, он имел уже не ту форму, которая была ему присуща вначале. Мы ограничимся тем, что приведем на рис. 290 тип поступившего в продажу граммофона. Этот тип запечатлен на картине художника Барро (F. Barraud), изобразившего собачку, узнающую голос своего хозяина, передаваемый граммофоном; предприимчивая фирма сделала эту картину своей торговой маркой.

На этом граммофоне нет еще тонарма. Останавливаться на истории улучшения тонарма, мембраны, рупора, механизма и т. д. не входит в задачи этой книги.

## 205. Развитие гальванотехники

Проследив за развитием отраслей, служащих основой собственно производства граммофонных пластинок — гальванотехники и техники пластических масс, мы убедимся в том, что эти отрасли достигли состояния, сделавшего возможным самое производство граммофонных пластинок лишь к тому же, примерно, времени, когда получила нужное развитие и техника воспроизведения звука.

Самое название «гальванотехника» происходит от имени Гальвани (Luigi Galvani)<sup>141</sup>. В то время, как он занимался опытами с электрической машиной, одним из присутствовавших при этом лиц было замечено, что прикосновение соединенного с разрядником скальпеля к берцовым нервам препарированной лягушки вызывает их судорожное сокращение в момент проскакивания искры.

Произведя на этом основании серию опытов над лягушками, Гальвани заметил, что сокращение происходит и независимо от разрядника, если прикоснуться к соответствующим нервам соединенными между собой разными металлами. Этим наблюдением, опубликованным в 1791 г. под названием «De viribus electricitatis in motu musculari», исчерпывается вся услуга, оказанная Гальвани гальванотехнике. Значение ее определяется лишь теми дальнейшими наблюдениями, к которым это дало повод.

Бесспорно, прежде всего должны быть отмечены работы Вольты (Alessandro Volta), обратившего главное внимание не на лягушек, а на те металлы, соприкосновение которых дает описанный эффект, и построившего на этом основании в 1799 г. свой так называемый вольтов столб, который следует считать первым гальваническим элементом и одновременно первой батареей из гальванических элементов.

Вслед за тем последовало открытие не только новых гальванических элементов, но и ряда новых явлений электролиза.

Уже через 4 года после изобретения вольтова столба, в 1803 г., сотрудник Вольты Брунатели (Brunatelli) открыл спо-

соб золочения с помощью тока<sup>142</sup>. Этим положено было начало гальваностегии<sup>143</sup>.

Интересно, впрочем, заметить, что египетская экспедиция Наполеона I привезла с собой из гробниц Фив и Мемфиса хранящиеся ныне в Парижском египетском музее древние большие деревянные статуи, острия деревянных копий, клинки мечей и пр., покрытые тонким слоем меди, которую приходится считать нанесенной гальванически. Имеется поэтому предположение, что гальваностегия была практически известна жрецам уже две-три тысячи лет тому назад, но в дальнейшем забыта<sup>144</sup>.

Из дальнейших успехов гальваностегии отметим, что никелирование в 1846 г. открыто Беттгером<sup>145</sup>, а хромирование в 1854 г. — Бунзеном. Железные отложения из серноокислых солей в 1869 г. производили Ленц и Клейн.

Открытие гальванопластики, т. е. возможности получения гальваническим путем копий, задержалось сравнительно с гальваностегией. Не раз вплотную проходили мимо решающего явления — возможности *отделить* отложение, полностью воспроизводящее оригинал, оставляя без внимания связанные с ним возможности.

Не говоря уже о Даниеле (Daniele), элемент которого подавал повод к этому наблюдению<sup>146</sup>, его мог бы сделать еще в 1810 г. Кестнер (Castner), омеднявший серебряную монету. Свое наблюдение оставил без внимания в 1836 г. Деларю (De-la-Rue), не только отделивший медное отложение, но и заметивший, что «этот медный слой был так хорош, что когда его сняли, то на нем были воспроизведены совершенно верно самые маленькие царапины той пластинки, на которую он был осажден<sup>147</sup>».

Гальванопластику открыл, наконец, Борис Семенович Якоби (Moris German Jacobi), работавший в это время в России,

<sup>142</sup> Федоровский, Записки практического курса гальванопластики (Петерб. 1867, стр. 7).

<sup>143</sup> Золочение без помощи электрического тока было известно значительно раньше. Еще в XVI в., во времена алхимии, знаменитый Парацельс (Aureolus Paracelsus) производил превращение железного кубика в золотой погружением его в магнетическую жидкость. Чтобы Парацельс не заподозрили в подмене кубика, он превращал в золото лишь половину кубика. Опыт этот произведен им при дворе Козьмы I Медичи, — этот кубик еще и сейчас хранится в Ферраре. На самом деле половина кубика только покрыта слоем золота, вытесненным железом из раствора солей золота, т. е. без применения внешнего источника тока.

<sup>144</sup> Владимирский, Очерк истории открытия гальванопластики, 1869, стр. 4.

<sup>145</sup> Буан Э., Гальванопластика (пер. с фр.) СПб 1895.

<sup>146</sup> Указывают даже, что Даниель такое наблюдение сделал. Штокмейер Г., Руководство по гальваностегии и гальванопластике, 1900 г. Phyllos. Magazine, 1836 г. цит. по Владимирскому (см. сноску 144).

впоследствии — русский академик. Он не только сделал самое открытие<sup>148</sup>, но и развил гальванопластику как специальность, найдя для нее технические приложения.

Впрочем, вначале он и сам прошел мимо сделанного им случайно наблюдения, что вынутый из элемента, с которым он экспериментировал, слой меди отделил тонкий медный листок, на котором рельефно воспроизведены были следы ударов молотка и микроскопические царапины подпилка. Лишь второй раз, используя без особого намерения в качестве катода гравированную на меди дощечку со своим именем и отделив от нее затем осажденную медь, он заметил рельефный отпечаток своего имени и пришел к мысли о возможности гальванического снятия копий.

Занявшись получением гальванических копий, введя РС и найдя ряд условий для хорошего отложения, он в 1838 г. смог уже получать отличные копии значительных размеров.

В 1839 г. он ввел в процесс добавочные усовершенствования, применив растворимый анод, облегчивший поддержание постоянства концентрации, отделив гальванопластическую ванну (которая здесь и берет свое начало) от гальванического элемента, в котором ранее непосредственно получалось отложение.

Он стал дальше получать отложения и с неметаллических предметов — воска, стеарина, сургуча и т. д., применяя для придания им электропроводности серебряный порошок, который является, таким образом, первым РС.

Позже он случайно заметил, что карандашные пометки также зарастали медью, что навело его на мысль применить в качестве РС графит. В то же приблизительно время, в 1840 г., Муррей в Англии и Боккильон во Франции независимо друг от друга изобрели графитирование<sup>145</sup>.

Уже в 1840 г. Якоби настолько овладел гальванопластикой, что для печатания кредитных государственных билетов пользовались гальванически приготовленными досками.

Так как сам процесс гальванопластики был признан очень полезным, Якоби получил от государства 25 000 руб. с обязательством подробно изложить процесс, что и было им выполнено. Книга Якоби издана была в это время на многих языках<sup>149</sup>.

<sup>148</sup> Наблюдение сделано было им в феврале 1837 г. После ряда опытов он подал Академии Наук записку, читанную в заседании 5 октября 1838 г. и напечатанную впервые в Bulletin Scientifique № 95, а потом в виде извлечения, в СПб. Немецких ведомостях от 30 октября и в СПб. Русских ведомостях от 24 декабря 1838 г.

<sup>149</sup> На русском языке Якоби М. Г., Гальванопластика или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов помощью гальванизма, СПб. 1840 г.

Почти одновременно с Якоби, но независимо от него Спенсер (Spencer) в Англии также начал работать над гальванотехническими проблемами, занимаясь, главным образом, электротипией, им открытой и от него же получившей это название.

Здесь не место останавливаться на развитии научной электрохимии<sup>150</sup>. Нельзя, однако, не упомянуть работ Фарадея, законы которого выше были приведены — они установлены им в 1834 г. Ему же мы обязаны терминами: электролиз, электролит, электрод, анод, катод, ион, анион, катион.

Говоря о Гальвани, мы сказали, что он работал с электрической машиной. Но в то время были известны лишь машины трения (в позднейших конструкциях называвшиеся электрофорными), к тому же крайне несовершенные<sup>151</sup>.

Первая электрическая машина изобретена в 1672 г. Отто фон-Герике — она представляла собой простой вращающийся на железной оси шар из серы, трение о которую вызывает электризацию.

Лишь в 1820 г. Эрстед (Hans Christian Oersted) открыл действие тока на магнитную стрелку<sup>152</sup>. В том же 1820 г. Араго (Arago) намагничивал сталь в соленоиде, но лишь в 1825 г. Стерджен (Sturgeon) устроил первый электромагнит.

В 1831 г. Фарадей открыл явление электромагнитной индукции. Его доклад Королевскому обществу, сделанный в ноябре, был тогда же опубликован.

В июле 1832 г. Фарадей опубликовал полученное им письмо с описанием магнитоэлектрической машины, построенной на основе открытого Фарадеем явления. Письмо было подписано инициалами R. M. и таким образом автор первой магнитоэлектрической машины остался неизвестным. В том же письме указывается, что током этой машины можно разлагать воду, так что тому же автору принадлежит и первенство в применении электрических машин для электрохимических работ.

Ог машины R. M. нельзя было, впрочем, ожидать успехов в электрохимии, так как она давала переменный ток. Примерно к тому же времени относится машина даль-Негро (Salvatore dal Negro), но она менее интересна, так как основана на возвратно-поступательном движении, а не вращательном, как машина R. M.

В том же году братья Пиксии (Picsit), а также проф. Риччи (William Ritchie) сконструировали первые машины с приспособлением для выпрямления тока.

После этого целый ряд изобретателей вносил конструктивные улучшения<sup>153</sup>. В 1842 г. Вульрич (John Stephen Woolrich) взял в Англии патент на применение магнитоэлектрической машины в гальванотехнике.

<sup>150</sup> Отопшем к книгам Ladenburg A., Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie. Вальден П. И., Очерки истории химии в России, 1917 г.

<sup>151</sup> Само название „электрический“ введено в 1600 г. Джильбертом и происходит от *тлеэктрон* — греческого названия янтара, способного, как с древних времен (Фалес Милетский) известно, в результате трения о шерсть притягивать положительно заряжающиеся при этом легкие тела.

<sup>152</sup> Впрочем, еще в 1804 г. такое же наблюдение сделал Романези, а в 1808 г. — Швергер, но эти наблюдения остались забытыми.

<sup>153</sup> См. „Динамомашин в ее историческом развитии“, серия 3, Ак. Наук, Труды ин-та истории науки и техники, Л. 1934.

Значительным усовершенствованием было применение кльцевого якоря, изобретенного и построенного проф. Пачинотти (Antonio Pacinotti) в 1860 г., хотя к идее кольцевого якоря был близок уже анонимный R. M. Впрочем, и изобретение Пачинотти не имело хода, пока через 10 лет, в 1870 г. Грамм (Zénonie Théophile Gramme) и д'Ивернуа (d'Ivernois) не запатентовали его вновь с некоторыми изменениями и изготовили первый промышленно годный генератор<sup>154</sup>.

Подобно этому на возможность пользоваться электромагнитом вместо постоянного магнита указывал уже в 1851 г. Хюрт (Hjorth), а в 1863 г. Уайльд использовал эту возможность конструктивно, но самовозбуждение нашло применение лишь в 1866 г. в предприимчивых руках Сименса. И дальше Сименс продолжал не столько изобретать, сколько осуществлять изобретения в этой области, например, в 1878 г. совместно с Гейнер-Альтенеком (Heiner Altenek), работавшим в качестве главного инженера фирмы Сименс-Гальске, он запатентовал низковольтную динамомашину, специально предназначенную для целей гальванопластики.

В конструкцию якоря в 1880 г. внес усовершенствования также и Эдисон. Свои знаменитые работы Якоби вел еще с гальваническими элементами<sup>155</sup>.

Ко времени открытия граммофонной пластинки гальвано-пластика была уже таким образом обеспечена и энергетической базой и основными теоретическими познаниями, так что могла уже без труда обеспечить производство граммофонных пластинок. Такое же положение мы увидим, познакопавшись с развитием техники пластмасс.

## 206. Развитие технологии пластических масс

Прессование пластмасс связано прежде всего с существованием самих прессов. Если бы мы попытались проследить за историей способов создания давления, это завело бы нас в глубокую древность, так как уже рычаг и клин дают решения задачи создания значительного давления с применением небольших усилий, не говоря уже о непосредственном давлении груза.

Идею гидравлического давления высказал впервые Паскаль (Blaise Pascal) в своем труде «Traité de l'équilibre des liqueurs», оконченном им в 1653 г. и напечатанном после его смерти в 1663 г.

Осуществить эту идею долго не удавалось<sup>156</sup>, потому что не достигалась плотность между поршнем и цилиндром. В 1796 г. Брама (J. Bramah) придумал кожаный манжет для уплотнения («кольцо Брама») и считается фактическим изобретателем гидравлического прессы.

<sup>154</sup> Грамм специально заботился также о применении своей машины для гальванопластики, хотя и считал ее не приспособленной для осаждения меди. CR 1872, 1497—500.

<sup>155</sup> Сам Якоби занимался также постройкой электромагнитного двигателя. Радовский М. И., Материалы к истории электродвигателя. Архив истории науки и техники АН. Сер. I, вып. 3, стр. 239—62.

<sup>156</sup> Лермантов В., Гидравлический пресс, Бр. Е. 16 п/т, стр. 636.

Применение в металлопромышленности гидравлические прессы нашли с середины XIX в. Ко времени изобретения граммофонной пластинки техника прессования уже не составляла препятствия для введения этого процесса.

Процессы измельчения, столь существенные для этого производства, также не представляли к тому времени особых трудностей. В 1858 г. Карр (Thomas Carr) в Бристоле ввел дезинтегратор, а в 1875 г. Картер (H. Carter) в Лондоне ввел молотковую мельницу.

Что касается вальцовки, то уже в 1783 г. изобретателю пудлингования Корту была выдана привилегия на изобретение вальцов, хотя применение вращающихся цилиндров в прокатке железа имело место на заводе Лорен еще в середине XVII в.<sup>157</sup>

На рассмотрении истории материалов, применяемых в технологии пластических масс, останавливаться не будем. Если относить к пластмассам и керамические изделия, придется признать, что пластмассы — одна из самых древних технологий, так как такие процессы, как формование из глины, относятся к достаточно старым временам<sup>158</sup>.

Искусственные смолы получили промышленное значение лишь в этом веке.

Остановимся на наиболее для нас интересной натуральной смоле шеллаке, термопластическая композиция из которой — сургуч — известна была в Европе еще в средних веках, а в Индии, где она изобретена — и того раньше<sup>159</sup>.

Производитель шеллака, лаковый червец, известен был в глубокой древности. О пригодности его продуктов для окраски упоминается еще за 220 лет до нашей эры. Впрочем, в древности он не был известен как производитель шеллака (это установил лишь в 1781 г. Керр). Уже в 1601 г. Клузиус (Clusius) высказал мнение, что шеллак — животный продукт, но считал его производным большого муравья.

Главное лаковое дерево бутае также упоминается еще в санскритском языке в священных ведах древних индусов (Atharvaveda), как laksha, а в более позднем санскрите как laksha taru, т. е. лаковое дерево. Здесь laksha означает сто тысяч, что должно указывать на огромное количество покрывающих ветку насекомых<sup>160</sup>.

<sup>157</sup> „Вальцы“. Бр. Е. 10 п/т, стр. 471.

<sup>158</sup> Вейл Э. К., Химическая технология первобытных народов; М.-Л. 1924, гл. 11.

<sup>159</sup> „Сургуч“, статья Чельцова и Менделеева, Бр. Е. 63 п/т, стр. 95.

<sup>160</sup> Понятие „лак“ соответственно своему основному корню, как счетная единица, применялось в Ост-Индии. Персии и некоторых других местах, где до последнего времени существовало как монетная единица, например, Lakh-Ruppies, Бр. Е. 33 п/т, стр. 276.



Штоклак упоминается в восточной литературе уже за год до нашей эры как *lakhsotruphativoz*.

Португальские мореплаватели, познакомившиеся с шеллаком в Индии и привезшие его в Европу, привезли с ним и слово «лак», имеющее таким образом очень древний корень. Слово это вошло сейчас во все основные европейские языки, однако уже с измененным смыслом. Шеллак был первой смолой, примененной для изготовления лаков, и от него понятие «лак» перенесено теперь на всю группу веществ, употребляемых для лакировки.

Уже в средние века штоклак экспортировался в значительных количествах в Европу, где он применялся, главным образом, как лекарственное средство. В начале XVI в. в *Liste des Barbosa* в списке экспортных товаров Индии штоклак стоит на первом месте.

В 1870 г. формовочные массы из шеллака имели в Америке уже настоящее техническое применение для производства пуговиц<sup>161</sup>.

Относительно других интересующих нас пластмасс отметим, что ацетилцеллюлоза получена впервые в 1869 г. французским химиком Шюценбергером (Schützenberger). Технический метод ее получения разработали в 1894 г. Кросс и Беван (Cross и Bevan). Первое наблюдение полимеризации виниловых соединений сделал в 1838 г. Реньо (Regnault). Винацетат открыт сравнительно недавно, в 1912 г., Клатте (Klatte).

В 1888 г., когда Берлинер демонстрировал во Франклиновском институте свой граммофон, проигрывание производилось с того же самого цинкового диска, на котором производилась запись. Правда, в докладе своем Берлинер указал, что цинковые диски дают слишком большое шипение (с шипением Берлинер столкнулся сразу же) и потому он ведет переговоры с одной фирмой, добиваясь прессования пластинок из стекла<sup>161</sup>.

Однако двадцать пять лет спустя, делая снова доклад в том же Франклиновском институте, Берлинер рассказал<sup>162</sup>, что он пошел затем по другому пути. В 1888 г. он изготовил первую граммофонную пластинку-копию (т. е. пластинку в нынешнем смысле); пластинка эта была приготовлена из целлулоида Хиата (John Wesley Hyatt<sup>163</sup>). Эта первая в мире граммофонная пластинка хранится в Национальном музее, в Вашингтоне. Она приготовлена путем прессования размягченного

нагреванием целлулоида с последующим охлаждением, т. е. той последовательностью операций, которая и сейчас еще сохранила свое значение.

Но целлулоид не удовлетворил Берлинера (о свойствах целлулоида уже говорилось в § 157) и он, связавшись с одной фирмой резиновых изделий, стал готовить пластинки из эбонита. Эбонитовые пластинки были им выпущены на рынок, явившись, таким образом, первыми пластинками широкого потребления. По словам Берлинера, в 1895 г. этот процесс был уже в достаточной мере усовершенствован.

В производстве эбонитовых пластинок, однако, было немало неудобств, часто обнаруживались недопрессовки и поэтому поиски другой массы не были прекращены.

В 1896 г. Берлинер ввел шеллачную композицию, которая, как мы знаем, сохранила первенствующую роль в этой области и поныне. Введенная им композиция была заимствована из производства пуговиц.

Проф. Реко заявляет<sup>164</sup>: «я знаю из частных источников, что процесс прессования граммофонных пластинок разработан для Берлинера Розенталь (Louis Rosenthal) во Франкфурте; новая масса содержит смесь примерно равных частей неблагоприятных земель, как болтос, глина, тяжелый шпат, затем хлопчатобумажный флок (в качестве суррогата также древесную вату) и некоторое количество шеллака; смесь окрашивается каким-либо красителем, в Европе обычно костяным углем, нефтяной сажей и т. д.»

По другим сведениям впервые для граммофонных пластинок приготовил шеллачную массу Рокхилл (J. Rockhill) в 1888—1889 г.<sup>165</sup>

В действительности, повидимому, шеллачная масса для граммофонных пластинок — результат независимой деятельности многих лиц.

В дальнейшем всякую новую пластическую массу тотчас же пробовали применять и для изготовления граммофонных пластинок. Мы уже знаем, что ни одна из них не смогла пока полностью вытеснить шеллачной композиции.

Между прочим, в 1913 г., отмечая двадцатипятилетие граммофона, Берлинер подчеркивал, что не выдержали конкуренции и бакелитовые пластинки, попытки изготовления которых незадолго до этого времени начались.

Примерно в 1905 г. Сандерс (J. Sanders) в Вашингтоне пытался ради экономии ценных материалов ввести слоистые пластинки, применяя бумагу, покрытую рабочим слоем, а для внутреннего слоя — термопластическую массу<sup>166</sup>.

<sup>164</sup> Реко V. A., Schallplattenmasse, KS, 1911, 1; 13: 241—4.

<sup>165</sup> The India Rubber World. Реферат в Gum. 1927, 37; 17—18: 270—1.

<sup>166</sup> Герм. пат. 250373. Далее см. америк. пат. 808842, 808843, 809263; англ. пат. 6611 (1907).

<sup>161</sup> The India Rubber World, 1922. Реферат в Gum 1923, стр. 270, ам. пат. 73088, 85018.

<sup>162</sup> Berliner E., The development of the Talking Machine, JFrI 1913, 176; 2: 189—200.

<sup>163</sup> Брат этого Джона Хиата, Смит Хиат, ввел в 1869 г. название «целлулоид», но самая добавка камфоры, характерная для целлулоида, применена еще в 1865 г. Паркесом (Alexander Parkes).

## 207. Развитие производства граммофонных пластинок

Лишь в начале этого века (1903—1904 гг.) стали делать пластинки двухсторонними<sup>167</sup>, и сейчас же возникли идеи о двухсторонней иголке, двухсторонней мембране, двойном рупоре и т. д.

Не сразу установились и существующие форматы пластинок. Первые пластинки Берлиндера имели всего лишь 6 см в диаметре, затем диаметр постепенно увеличивался до 12, 15, 18 см и т. д.<sup>168</sup> и достигал одно время<sup>169</sup> даже 50 см. Однако столь большой диаметр пластинки ведет к увеличению размеров граммофона (прежде всего — расстояния между осью пластинки и осью тонарма) и потому привились лишь пластинки с диаметром 25 и 30 см. Пластинки большего формата (обычно 40 см) сохранили свое значение лишь для сопровождения тонфильма. Впрочем существующие и меньшие размеры (например выпускались пластинки диаметром 15,5 см); пластинки на открытках имеют диаметр всего 10 см.

Первые пластинки Берлиндера имели два отверстия (ср. рис. 284). Затем перешли к одному центральному отверстию.

Точно так же и в числе оборотов при записи имелись колебания: разные фирмы записывали с разным числом оборотов (75, 80, 82 и т. д.), в связи с чем у граммофонов были необходимы регуляторы для установки на нужное число оборотов, но затем, как мы знаем, почти все сошлись на постоянном и одинаковом числе оборотов (78 об/мин.).

Для эксплоатации патентов Берлиндера и Тайнтера были организованы общества, от которых ведут свое начало и ныне существующие фирмы. Количество крупных фирм граммофонных пластинок сравнительно невелико; отдельные фирмы постепенно объединяются в более крупные концерны, носящие подчас международный характер<sup>170</sup>.

Наиболее совершенно в техническом отношении производство граммофонных пластинок поставлено, повидимому, в Англии.

Данных, характеризующих мировое производство граммофонных пластинок по годам количественно, автору найти не удалось. Имеются лишь данные о количестве пластинок, прошедших через таможенные пункты отдельных стран, но ввиду громоздкости и малой показательности этих данных они здесь не приводятся<sup>171</sup>. Интересно отметить принадлежность грам-

мофонных пластинок к числу продуктов взаимного и притом дальнего экспорта.

На основании данных о мировой продукции шеллака количество шеллачных граммофонных пластинок может быть лишь приблизительно оценено.

Так, например, приняв, что 60% всего производства шеллака идет на граммофонно-пластиночное производство и что 1 т шеллака дает 18 000 пластинок, найдем, что в годы высокой отгрузки, низких цен на шеллак и отсутствия общей депрессии шеллака (например 1928/29 г.), когда из Калькутты, как показывает график на приведенном выше рис. 173, отгружено было 25 300 т) не могло быть — если не учитывать запасов — произведено более:

$$25\,300 \times 0,6 \times 18\,000 \approx 270\,000\,000 \text{ пластинок.}$$

На основе подобных подсчетов приводят, впрочем, и другие цифры, например, Брайсон оценивает средний мировой выпуск граммофонных пластинок за 1931—1933 гг. в 200 млн. штук.

Еще труднее оценить общее число изготовленных до сих пор в мире пластинок. Указывают<sup>172</sup>, что уже в 1901 г. пластинки разошлись в количестве свыше 4 млн. шт.

Можно считать ориентировочно, что из всего количества выпускаемых пластинок более 70% приходится на пластинки Ф25.

Развитие производства граммофонных пластинок в России сильно отставало от зарубежного и основывалось на импорте. Впрочем, в связи с таможенными пошлинами, цензурными затруднениями и т. п. уже в первом десятилетии этого века иностранные фирмы нашли для себя более выгодным импортировать в Россию не пластинки, а матрицы и с этой целью открыли в России прессовые цехи<sup>173</sup>. В 1907 г. фирма Патэ установила на Бахметьевке в Москве 12 прессов, в 1911 г. их было уже 20. Матрицы получались из Парижа даже в период мировой войны вплоть до 1917 г.

Первая самостоятельная фабрика граммофонных пластинок в России открыта<sup>174</sup> на ст. Апрелевка Московско-Киевской ж. д. (42 км от Москвы) в сентябре 1910 г. немцами Моллем, Фогтом и Кибартом. Фабрика эта получила название «Метро-

нон; „Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands“ — продукт Schallplatten für Sprechmaschinen; „Accounts relating to trade and navigation of the United Kingdom“ и „Foreign Commerce and Navigation of the United States“ — продукт phonograph records.

<sup>172</sup> „Эхо искусства“, Сборник „Прошедшее, настоящее и будущее граммофона“, СПб 1907 г., стр. 14.

<sup>173</sup> „Граммфонная жизнь“, 1911, № 10.

<sup>174</sup> „Граммфонный мир“, 1910, № 7.

<sup>167</sup> „Граммфон и фонограф“ 1904, стр. 348.

<sup>168</sup> Nesper E., Die Schallplatte, Berlin 1930, стр. 71.

<sup>169</sup> „Граммфонная жизнь“ 1911, № 7.

<sup>170</sup> „Welttrust von Schallplatten“, VDI-Nachr. 1932, 12; 9: 8.

<sup>171</sup> Интересующихся отошлем к „Statistique mensuelle du commerce extérieur de la France“ — продукт Cylindres, disques ou galettes enregistrée ou

поль-Рекорд»; она имела 35 прессов<sup>175</sup>. Гальваный цех этой фабрики находился в Москве, где велась и запись.

Находившиеся в России предприятия не были, по существу, русскими; так, характерно, что частное совещание фабрикантов граммофонных пластинок в России в 1911 г. происходило на немецком языке<sup>176</sup>.

Во время войны, в 1915 г., в Москве на Щипке открыт был завод граммофонных пластинок «Пишущий амур», на базе эвакуированного из Риги завода «Граммфон» — с 90 прессами и собственным гальваным цехом.

Принимают, что русское (в границах территории б. царской России) годовое довоенное производство граммофонных пластинок составляло до 18 млн. пластинок и еще 5—6 млн. пластинок импортировалось.

По окончании войны в первые годы революции производство граммофонных пластинок основывалось на использовании старых матриц и остатков заготовленной массы.

Однако отсутствие массы и прекращение ввоза шеллака заставили в 1918 г. остановить завод в Апрелевке и московский завод на Щипке, а в 1919 г. и московский завод на Бахметьевке. Производство наибольшего завода на Щипке так никогда и не возобновилось — завод превратился со временем в маслобойный.

В октябре 1922 г. вновь было возобновлено производство граммофонных пластинок на заводе на Бахметьевке, получившем название «Фабрики имени пятилетия Октября». Эта фабрика выпустила в 1922 г. всего около 12 000 пластинок, около 100 000 пластинок в 1923 г., около 160 000 пластинок в 1924 г. и 70 000 пластинок до июля 1925 г., после чего прекратила производство граммофонных пластинок, но существует и поныне как предприятие, производящее музыкальные инструменты.

Производство пластинок с «Фабрики имени пятилетия Октября» в том же 1925 г. вместе со всем оборудованием было перенесено на Апрелевскую фабрику, возобновившую производство граммофонных пластинок с 1925 г. под названием «Фабрика имени 1905 г.». В 1925 г. в Апрелевке выпущено было около 80 000 пластинок, причем за недостатком шеллака использовалось всего 8 прессов; в 1926 г. работало уже 30 прессов и выпуск достиг около 300 000 пластинок<sup>177</sup>.

<sup>175</sup> Описание и фотографии этой фабрики, отражающие ее состояние в 1911 г., можно найти в статье Су к е н и н к о в М., День на ст. Апрелевка (впечатления на фабрике „Метрополь-Рекорд“). „Граммфонная жизнь“, 1911, № 15.

<sup>176</sup> „Граммфонная жизнь“, 1911, № 17.

<sup>177</sup> За ряд сведений из области истории производства граммофонных пластинок в России я признателен старому мастеру этого производства С. Л. Смирнову, которому и выражаю здесь свою благодарность.

Дальнейший выпуск Апрелевской фабрики (именуемой с 1933 г. Апрелевским заводом, а в период с 1936 г. по 1938 г. именованной Московским заводом) дан по годам на основе официальных статистических данных (в тысячах штук)<sup>178</sup>:

Годы	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
Выпуск	557	762	1342	1445	1994	1670	2147	2502	6094	12291	12483	19294

Чтобы дать представление о том, как мала была цифра выпуска всего 11—12 лет тому назад, заметим, что сейчас иногда выпуск одной лишь записи имеет размер прежнего годового выпуска завода. Так, например, песенка Паганеля из фильма «Дети капитана Гранта» выпущена тиражом более 1 000 000 экземпляров.

В 1934 г. был запроектирован и начат оборудованием завод граммофонных пластинок в Глухове возле г. Ногинска (68 км от Москвы), ныне находящийся уже в эксплуатации. Выпуск этого завода составляет (в тыс. штук):

Годы	1935	1936	1937	1938
Выпуск	1158	9961	31849	47558

Легко видеть, что мощность этого завода значительно выше мощности Апрелевского завода.

Рост выпуска граммофонных пластинок в СССР становится значительно нагляднее, если представить его на основе приведенных цифр графически (рис. 291).

Качество пластинок за эти годы также неоспоримо поднялось и продолжает улучшаться. Можно быть уверенным, что уже в ближайшее время качество пластинок, выпускаемых

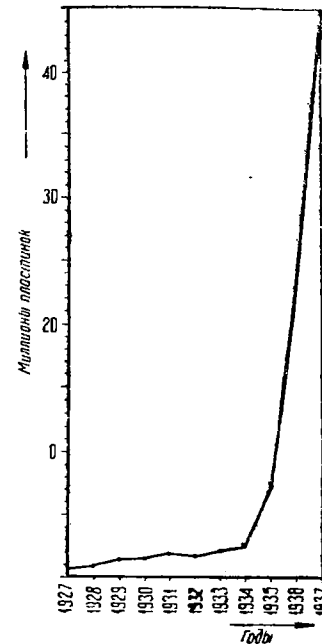


Рис. 291.

<sup>178</sup> Здесь, как и далее, даются цифры не в действительных, а в приведенных условных пластинках; условной пластинкой считается пластинка  $\Phi_{25}$ , а остальные форматы, смотря по трудности изготовления, к ним приводятся; так, одна пластинка  $\Phi_{30}$  считается равной 1,5 условным пластинкам (коэффициент трудности в прошлые годы подвергался изменениям, составляя ранее, например, 2).

Учитывая соотношение между пластинками  $\Phi_{25}$  и другими, можно считать, что цифры действительного выпуска составляли не менее 90—95% указанных.

в СССР, получит оценку на мировом рынке, когда пластинки **начнут** широко экспортироваться<sup>179</sup>.

В 1935 г. запроектировано строительство центрального Дома Звукозаписи граммофонных пластинок в Москве. Это предприятие явится едва ли не наиболее совершенным в мировой технике этой области. В 1938 г. оно начало частично входить в эксплуатацию. Туда перенесена также и организованная в 1933 г. в Москве Фабрика звукозаписи Граммпласттреста, производившая записи и доводившая их до вторых (или четвертых) оригиналов.

В 1939 г. должно быть изготовлено в СССР 85 млн. пластинок.

Кроме заводов ГШП, около миллиона пластинок изготовляют ежегодно мелкие предприятия (производящие преимущественно граммофонные пластинки других типов или нормальные, основанные на скрапе, собранном у населения), находящиеся в системе НКМП, Радиокomiteта и промышленной кооперации — эти мелкие предприятия открылись в период с 1934 г. в Москве, Ленинграде, Харькове и других городах.

Параллельно росту выпуска пластинок в СССР растет и выпуск портативных граммофонов. В 1936 г. их было выпущено 425 тысяч, в 1937 г. — 505 тысяч, в 1938 г. 668 тысяч в одной лишь системе ГШП, являющегося их основным производителем.

<sup>179</sup> Начало экспорта наших пластинок положено в 1939 г. отправкой более 100 тыс. пластинок в США в связи с открытием в Нью-Йорке Всемирной выставки.

## Глава XXI

### КОНКУРЕНТЫ ГРАММОФОННОЙ ПЛАСТИНКИ

Чтобы оттенить особенности граммофонной пластинки в ряду различных методов репетофонии, коснемся вкратце других способов записи и воспроизведения звука.

#### 208. Отличительные черты методов записи

Способы записи могут отличаться между собой следующими основными признаками:

1. М а т е р и а л о м, на котором производится запись. Так, применяется: воск, металл, бумага, закопченное стекло, желатин, пластмассы и т. д.

2. С п о с о б о м оставления следа на воспринимающем материале. Например, *механический* — действием твердого инструмента на мягкую поверхность, *физический* — магнитным воздействием на материал, *физико-химический* — фотохимическим, электрополяризационным процессом на поверхности и т. д.

3. М е т о д о м переноса записываемого движения к месту оставления следа: механическим (рычажным, пневматическим), электрическим, оптическим.

4. Т р а е к т о р и е й перемещения воспринимающего материала относительно места оставления следа: по прямой, окружности, спирали или винтовой линии, чему в качестве формы воспринимающего тела соответствуют лента или проволока, диск или валик (цилиндр).

Разумеется, в пределах каждого из перечисленных приемов возможны дальнейшие детальные подразделения.

Сочетанием разных признаков может быть создано весьма значительное количество отдельных способов записи; поэтому в настоящий момент «изобрести» новый прием записи лишь ради его новизны — не особенно трудная и интересная задача<sup>180</sup>.

<sup>180</sup> Напротив, пополнить приведенный выше перечень новым, не применявшимся доселе приемом, — интересная и серьезная проблема.

Из числа предложенных комбинаций перечисленных приемов лишь немногие оказались достаточно удачными. Описывая их, будем придерживаться подразделения по способу оставления следа.

### 209. Приемы механического оставления следа

В этой группе приборов, исторически возникшей первой, находятся фонограф и граммофон.

Мы достаточно уже останавливались на всевозможных вариантах материалов, применяющихся здесь в качестве воспринимающего тела (гл. VII и XIX).

Что касается формы воспринимающего тела, известно, что исторически первой была лента, так как самые первые свои записи Эдисон производил на бумажной телеграфной ленте, затем Лившиц на целлулоидной<sup>181</sup>.

В новейшее время запись на ленту снова начинает разрабатываться<sup>182</sup>. Взяты патенты на глубинную и поперечную запись<sup>183</sup> на киноленте. Аппаратура по этому принципу готовится и в СССР Центральной лабораторией проводной связи (прибору для механической поперечной записи на пленку присвоили название «шорифон»).

На валиках, как и на дисках-пластинках, также осуществимы и глубинная и поперечная запись. Однако валики, обращение с которыми менее удобно, все более отживают. Недостатком валиков является их слишком большой объемный коэффициент, т. е. отношение объема, занимаемого несущим запись телом, к времени звучания, могущему быть на этом теле записанным (объемный коэффициент наименьший у кинолентки, в особенности многострочно записанной). Преимуществом валика, как и пленки, сравнительно с пластинкой является удобное осуществление постоянной линейной скорости относительно места оставления следа.

Размножение валиков менее удобно, чем размножение дисков: их размножали механическим копированием. Установка для механического копирования восковых дисков давала всего до 200 копий в день<sup>184</sup>.

Что касается дальнейшей детализации способа оставления следа, то мы уже упоминали в гл. XVIII и XIX о снятии

стружки, о выдавливании, сцарапывании верхней пленки с последующим химическим, электрохимическим или фотохимическим изменением нижнего слоя и т. д.

Способ снятия стружки получил наибольшее распространение, и промышленная запись граммофонных пластинок производится сейчас исключительно этим способом. Лишь в области пластинок прямого воспроизведения наблюдаются в последнее время попытки возврата к старым способам. Эти попытки с целью рекламы выдаются обычно за исключительные новинки, следуя правилу «ново все, что хорошо забыто».

### 210. Приемы магнитного оставления следа

Класс приборов магнитной записи открыт работами датского физика Вальдемара Паульсена<sup>185</sup> в самом начале XX в., прибор его носил название телеграфон. Заметим, что Берлинер утверждает<sup>186</sup>, будто принцип магнитной записи еще до Паульсена был предложен в Нью-Йорке Оберлином Смитом, хотя и не подтверждает этого никакими документальными ссылками.

Магнитная запись основана на явлении гистерезиса, благодаря которому на металле сохраняется остаточная индукция.

Улавливание звуков микрофоном и усиление возникающих переменных токов в ламповом усилителе производится при магнитной (как и оптической) записи так же, как и при электромеханической. Но после усилителя ток подается не на рекордер, а на обмотки электромагнита, создающего переменное магнитное поле, в котором протягивается тонкая (диаметром в несколько десятых миллиметра) стальная проволока, предварительно равномерно намагниченная до предела насыщения. При записи подается кроме усиленных переменных токов микрофона еще и постоянный ток, создающий поле, противоположное полученному при предварительном намагничивании. Правильно подобранный постоянный ток снижает клирфактор за счет модуляции на прямолинейном участке гистерезисной кривой. За подробностями отсылаем к специальной литературе<sup>186</sup>.

При воспроизведении остаточные магнитные линии, пересекая обмотки второго электромагнита, служащего для прослушивания, индуцируют переменный ток, соответствующий

<sup>181</sup> Повидимому, Lioret был одним из первых, применивших для механической записи целлулоид. Хвольсон О. Д., Курс физики, 1923 г., 3: 107. ТЭ. 5: 862.

<sup>182</sup> КТ 1934, 16: 21: 342. Реф. статьи v. Günz O. L., Mechanische Tonaufzeichnung.

<sup>183</sup> Поперечная запись: герм. пат. 602779 (1931) I. G. „Vorrichtung zum Herstellen von Schallaufzeichnungen auf Filmen in Berliner-Schrift“. Этот способ носит иногда название системы Tefiphon.

<sup>184</sup> Parzer-Mühlbacher, I. c., стр. 104.

<sup>185</sup> Poulsen, V., Das Telegraphon. AderPh 1900, 306; 754—60, также амер. пат. 661619, 789336, 873078, 873083.

<sup>186</sup> Meyer E. и Schüller E., Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, ZtPh 1932, 13; 12: 593—9.

переменному току записи. Этот ток, подобно снимаемому с адаптера, подается обычным образом через усилитель на репродуктор, благодаря чему повторяются звуки, производившиеся перед микрофоном при записи.

Уничтожение («снятие», «стирание») записи легко осуществляется путем протягивания проволоки в поле более сильного электромагнита, питаемого постоянным током и доводящего проволоку до насыщения.

По ходу проволоки соответственно сказанному располагают три электромагнита — записывающий, воспроизводящий и стирающий.

Видоизменением процесса является применение ненамагниченной проволоки. В этом случае постоянный ток при записи доводит намагничивание до той же благоприятной точки прямолинейного участка гистерезисной кривой, а размагничивание достигается протягиванием ленты сквозь катушку, питаемую сильным переменным током.

Магнитная запись производится обычно на проволоку, но применяется также и дающая несколько лучший результат запись на более дорогую стальную ленту (толщиной в несколько сотых миллиметра). Предложена для этой цели также металлизированная бумага<sup>187</sup> и кинолента, покрытая слоем, допускающим намагничивание (система Magnetophon).

Пытались для магнитной записи применять и стальной диск, соответствующий граммофонной пластинке, но без успеха<sup>188</sup>. Ленту, свернутую спиралью так, что она опять-таки имеет вид граммофонной пластинки, пытались применить General Electric Corporation<sup>189</sup>.

Намагничивание может применяться поперечное или продольное; последнее дает лучшие результаты.

Несмотря на то что магнитная запись существует уже несколько десятков лет, она не приобрела еще большого значения, хотя и представляет значительный технический интерес. В лабораторных условиях, правда, работает много приборов, основанных на этом принципе (в СССР ими занимался отдел связи ВЭИ<sup>190</sup>); ряд фирм выпустил аппараты этого типа на рынок, главным образом в роли диктофонов, но все же способ этот не приобрел еще того значения, которое, по видимому, может иметь.

Первые приборы этого типа были весьма несовершенны; с введением лампового усиления они были усовершенствованы

ваны<sup>191</sup>, исследованы теоретически<sup>192</sup> и разработаны конструктивно в достаточной мере, чтобы считаться сейчас вполне устойчивой отраслью звукозаписи.

Удачной особенностью электромагнитной записи является возможность воспроизведения без какой-либо добавочной обработки, что совершенно несвойственно оптической записи и лишь с известными ограничениями свойственно электромагнитной записи.

Отсутствие механических колебательных систем дает магнитной записи еще то преимущество, что позволяет вести запись в движущемся автомобиле, на пароходе и т. п. Это удобно для хроникальных записей. В отличие от других систем, возможность стирания записи позволяет обходиться при магнитной записи без всякого дополнительного материала (в то время как повторное использование воскового диска требует новой шлифовки, а повторное использование киноплёнки вообще невозможно).

Движение ленты в аппаратах разной конструкции происходит с различной скоростью (скорость эта нередко поддается регулировке); во всяком случае и здесь, конечно, обязательным условием является вполне одинаковая скорость записи и воспроизведения: это требование остается в силе независимо от метода записи. В аппарате Маркони<sup>193</sup> движение ленты происходит со скоростью 90 м/мин. Так как в этом аппарате на барабане помещается 3150 м ленты, то общая длительность записи составляет  $3150 : 90 = 35$  мин. Обычная высококачественная граммофонная пластинка поперечной записи с такой длительностью не конкурирует.

При магнитной записи, как и во всех других методах, с ускорением движения при записи происходит улучшение качества передачи.

## 211. Приемы фотохимического оставления следа

Родоначальником приборов этого класса считается обычно так называемый фотографический фонограф или фотографофон, изобретенный<sup>194</sup> Эрнстом Румером в Берлине в 1901 г. и записывающий на фотографическую ленту (движущуюся со скоростью 180 м/мин) колебания пламени вольтовой

<sup>191</sup> Главным образом Stille C., Die elektromagnetische Schallaufzeichnung, ETZ 1930, 51; 13:449—51. Разработанный им аппарат выпущен на рынок под названием Dailygraph, см. далее Begun S. J., Recent Development in Magnetic Sound Recording, JSMPE 1937, 28; 5:464—72.

<sup>192</sup> Normann E., Zur Theorie der Magnetischen Tonaufzeichnung, ENT 1932, 9; 10:388—403.

<sup>193</sup> Rust N. M., Marconi-Still Recording and Reproducing Equipment. Marconi Review 1934, 1:1. На русском языке „Звукозаписывающий аппарат Маркони“ РФ 1934, 5:33.

<sup>194</sup> Ruhmer E., Ann. d. Phys. 1901, 5; 803.

<sup>187</sup> Naserischvilly, ETZ 1931, 42; 1038.

<sup>188</sup> ETZ 1930, стр. 752.

<sup>189</sup> V., Elektromagnetische Schallplatten aus Stahl, HeR 1931, 37:107.

<sup>190</sup> Виторский В. К., Говорящая проволока. РФ 1933, 9:24—6. Имеются также любительские конструкции.

дуги, которая способна выполнять роль микрофона и репродуктора<sup>195</sup>. Запись имела вид поперечных светлых и черных полос; для прослушивания ее использовался фотофон Симона из Франкфурта-на-Майне, основанный на открытой Адамсом способности селена повышать свою электропроводность под действием освещения.

Заметим, что Белл и Тайнтер, известные уже нам по своим работам над графофоном, работали также и над фотофоном. В их конструкции звуковые колебания передавались зеркальцу, отражавшему луч яркого источника света на приемную станцию (находящуюся на расстоянии около 200 м), где концентрировались на селене, включенном последовательно с гальваническими элементами в наушный телефон. Здесь осуществлялась таким образом оптическая передача звуков.

Запись пламени вольтовой дуги на пленку имела своего предшественника в фотографировании манометрического пламени, произведенном Кенигом (Koenig): запись последнего, однако, не обладала еще обратимостью.

Можно было бы провести небезынтересную аналогию в развитии методов фотохимической (или как говорят *оптической*) записи сравнительно с рассмотренными ранее методами механической записи. Например, механическая запись колебаний камертонов, к которой мы обращались при изучении биений (рис. 22), имеет свою полную оптическую аналогию в способе Лиссажу (1855 г.). Шагом вперед сравнительно со способом Лиссажу явился прибор Риголо и Шаванон (1883 г.), где с целью сделать метод пригодным не только для записи колебаний струн и камертонов, но и самых разнообразных колебаний, введена мембрана совершенно подобно тому, как это сделано было ранее Скоттом в его фонаутографе. Повидимому, можно отметить запоздание развития оптического метода сравнительно с механическим во всех его ступенях<sup>196</sup>.

История способов оптической записи представляет не меньший интерес, чем уже знакомая нам история приемов ме-

ханической записи, однако останавливаться на ней здесь не место. Отметим лишь, что фотоэффект открыт впервые Герцем в 1887 г. при освещении проводников ультрафиолетовым светом и уже в 1888 г. Гальвакс создал первый фотоэлемент<sup>197</sup>.

Что касается современных технических методов оптической записи, то распространены три способа модуляции света звуковыми колебаниями.

1. *С применением электролюминесцирующих ламп.* Например, неоновая лампа (применение которой в этой области основано на ничтожной световой инерции) светит с разной интенсивностью в зависимости от проходящего через нее тока; ток подается от микрофона через усилитель, а свет лампы, концентрированной линзой на проходящем фильме, запечатлевается на нем фотографически (американская система Movietones-Fox-Case Co, разработанная Western Electric Co., немецкая система Tri-Ergon).

2. *С использованием электрооптического эффекта Керра* — появления двойного лучепреломления в телах, находящихся в электрическом поле, причем с возрастанием напряжения поля увеличивается и двойное лучепреломление. Усиленный микрофонный ток подается на конденсатор, погруженный в жидкость<sup>198</sup>, через которую проходит пучок света; так как перед сосудом с жидкостью и после него стоят николи (поляризатор и анализатор), то с изменением двойного лучепреломления происходит вращение плоскости поляризации, чему соответствует изменение интенсивности проходящего сквозь всю систему света, которое и фиксируется линзами на фильме (Каполус; в СССР система Тагетон).

3. *С применением проволочки, находящейся в поле магнита.* Проволочка введена в цель усиленных микрофонных токов; взаимодействие магнитных полей приводит проволочку в колебание и это колебание вызывает модуляцию света, так как проволочка находится на пути светового потока (американская система фотофон, разработанная RCA, Sacia и др.; в СССР система Шорина).

В конструктивном выполнении всех указанных методов имеются, конечно, разнообразные частные решения.

Первые два способа по самой идее связаны с записью переменной интенсивности освещения, чему на фотографии бу-

<sup>197</sup> Отметим также, что по сообщению Готье к оптической записи приложил руку и Кро (см. предисловие к книге Stos Ch., Le collier de Griffe, 1908, стр. XIV).

<sup>198</sup> В качестве жидкости обычно применяют нитробензол, у которого разница показателей преломления обыкновенного и необыкновенного луча больше, чем у других тел (при одинаковых данных конденсатора, температуре, напряжении и той же длине волны света).

<sup>195</sup> Популярное изложение этого явления дано в упоминавшейся уже статье проф. А. А. Эйхенвальда „Звуки, издаваемые вольтовой дугой“ (приложение к книге Тиндаля „Звук“).

<sup>196</sup> Упомянув о разных приемах оптического исследования звуковых явлений, нельзя упустить из виду, что из всех методов звукозаписи под интересующим нас углом зрения могут входить в рассмотрение лишь те, при которых производится *разворачивание записи во времени с применением прямоугольных координат* (например, лишь те из фигур Лиссажу, где камертоны расположены параллельно и где происходит вращение отражательного зеркала, но не при поперечном положении камертонов; то же кстати относится и к камертонам механической записи). Не приходится поэтому касаться работ Хладни и Буссе, калейдофона Уитстона (1827 г.) и стробоскопических методов, хотя бы они и были более ранними попытками изучения звуковых явлений зрительным путем.

дет отвечать переменная плотность. Последний же способ, смотря по выбору оптической системы, может быть приспособлен и к записи переменной интенсивности и к записи постоянной интенсивности (так называемой контрастной записи, сохраняющей очертания обычной фонограммы).

Можно считать, что запись переменной интенсивности геометрически соответствует глубинной, а контрастная — поперечной механической записи. При оптической записи осуществим и промежуточный случай (интенсивно-контрастная запись).

По аналогии с механической записью мы легко поймем, что плотность соответствует амплитуде и выражает силу звука, а число чередований соответствует частоте и выражает высоту звука. Поэтому одинаковая плотность означает одинаковую силу звука, а равномерное чередование — синусоидальный тон.

В порядке осуществления ряда перечисленных выше возможных комбинаций предлагалось, в частности, вести оптическую запись не на ленту, а на диск (фотопластинку в форме диска, вращающуюся со скоростью 78 об/мин<sup>199</sup>).

## 212. Прием электрохимического оставления следа

Для полноты надо упомянуть и об электрохимическом фонографе, изобретенном одновременно и независимо друг от друга Нернстом и Либеном<sup>200</sup>. Этим изобретением открыт новый класс приборов звукозаписи, который, однако, остался неизученным и не получил никакого практического значения.

Прибор состоит из платиновой или серебряной ленты,гибающей два шкива, один из которых приводит ленту в движение. При своем движении лента соприкасается с ребром деревянной планки, погруженной в электролит, например, водный раствор аргентоцианида калия  $KAg(CN)_2$ . В электролит погружен второй электрод и провода от него и от шкива, имеющего электрический контакт с лентой, направлены к первичной обмотке индукционной катушки, во вторичную цепь которой включен телефонный микрофон. Как в первичную, так и во вторичную цепь введены, кроме того, батареи.

Звуки, произведенные перед микрофоном, фиксируются невидимыми следами на движущейся ленте. Для воспроизведе-

ния звуков достаточно присоединить наушный телефон к проводам, которые шли раньше к обмотке индукционной катушки.

Следует ли объяснить этот эффект поляризацией ленты, влиянием трения поляризованных электродов или иным образом, насколько автору известно, осталось невыясненным.

Уничтожение записи производилось обтиранием ленты ватой, смоченной в кислоте, или присоединением ленты к батарее.

## 213. Разные приемы записи колебаний

Напомним еще раз, что запись звука есть лишь частный случай записи колебаний. Приборы, служащие для записи разнообразных колебаний, независимо от их природы, носят название осциллографов, хотя на практике под этим термином разумеют достаточно обособленную группу прецизионных приборов. Исторически развитие записи колебаний (вибрографы, виброаутографы и т. д.) шло, очень близко соприкасаясь с собственно фонографией. Как и выше, в группе осциллографов наш интерес ограничится приборами, предназначенными для развернутой во времени записи колебаний.

Самая регистрация производится обычно путем пропуска наблюдения тока через петлю («шлейф») или струну, находящуюся между полюсами электромагнита постоянного тока; взаимодействие магнитных полей вызывает отклонение петли или струны (вспомним способ 3 оптической записи). Обычный при этом способ управления пучком света состоит в укреплении в петле или струне миниатюрного зеркала (площадью около 1 мм<sup>2</sup>), отклонение которого вызывает смещение светового пучка, что и регистрируется на движущейся фотографической ленте.

Вместо примененного в описанной конструкции электродинамического принципа осуществляется также электростатический принцип (взаимодействие статически заряженных, изолированных друг от друга нитей, также сцепленных с зеркальцем).

Когда зеркальце, подобное применяемому в описанных выше осциллографах, скрепляется с мембраной, приводимой в колебание исследуемым звучанием (звуковой осциллограф Казанского<sup>201</sup>, фонодейк Миллера<sup>202</sup>), становится затруднительным провести резкую грань (вспомним прибор Риголо и Шаванон) между собственно осциллографом и прибором для звукозаписи, тем более что рядом приемов можно добиться и прослушивания подобной осциллограммы. Имея это в виду, упомянем о таких приемах звукозаписи, как микрофото-

<sup>201</sup> Казанский В., Ж. Прикл. физ., 1927, IV.

<sup>202</sup> Miller D. C., The science of musical Sounds, 1925.

<sup>199</sup> Описание на русском языке см. Баташев В., Фотограммофонная пластинка, РФ 1934, 15—16:40. Заметим, однако, что мысль эта достаточно стара, так как уже в 1904 г. можно было прочесть о „фотофонографе“ чешского инженера Червенко, производившего поперечную запись световым лучом на диск с последующей цинкографской обработкой для получения клише, см. „Граммфон и фонограф“, 1904, стр. 6.

<sup>200</sup> Nernst W. и v. Lieben R., Elektrochemischer phonograph. ZCh 1901, 7; 533. Реф. „Граммфон и фонограф“, 1904, стр. 317.



графирование на движущуюся ленту колебания кварцевой нити толщиной около 1  $\mu$ , находящейся в устье рупора (Эйтгоуэн 1924), фотографирование колебания тела, находящегося на мыльной пленке<sup>203</sup>.

К группе осциллографов, в широком смысле этого слова, относится еще целый ряд специализированных регистраторов колебаний (например сейсмографы). Упомянем лишь о менее тонком приборе — кимографе, в котором передача колебаний может производиться, в частности, и пневматически. С помощью кимографа записывают, например, перистальтические движения желудка (трубка от проглоченного испытуемым лицом резинового баллона подсоединяется к мембране кимографа). При одной подобной записи в помещении поддерживалась тишина, затем через репродуктор был подан постоянного акустического состава шум в 80 дб. Запись на кимографе показала сильное влияние шума на организм: число сокращений желудка упало на 37%, спокойный характер их заменился спазматическим<sup>204</sup>. Так объективно демонстрируется необходимость борьбы с шумом.

#### 214. Выбор приема оставления следа для звукового кино

В § 187 уже упоминалось о том, что первым способом сопровождения кино была механическая запись на валике кинетофона; упоминалось также о системе сопровождения кино граммофонными пластинками (система Vitaphone). Последняя система в СССР не получила применения.

Сопровождение фильма магнитной записью также было испробовано<sup>186</sup>.

Однако наибольшее применение нашла в кинематографии оптическая запись, так как фотохимический процесс наиболее близок для кинопромышленности. К тому же оптическая звукозапись наиболее удобно поддается монтажу.

В подавляющем большинстве существующих систем кинопроекторной аппаратуры осуществляется прерывистое передвижение фильма. Однако перед фотоэлементом (или адаптером при механическом оставлении следа на ленте) фильм должен перемещаться совершенно плавно. Расстояние между местом проекции звука и местом проекции изображения составляет обычно 19 кадров, в пределах которых уравнивается переход от одного рода движения к другому. Отсюда вытекает требование, согласно которому звук, соответствующий какому-либо кадру, записывается не против соответствующего

кадра (как это обычно полагают в публике), а на расстоянии примерно 23 см от него. Таким образом, при вырезании поврежденного кадра вырезается звуковое сопровождение, сдвинутое примерно на 0,5 сек. относительно этого кадра (так как скорость движения фильма составляет около 28 м/мин).

Часто указывают на то, что одновременное удаление кадра и фонограммы при вырезывании поврежденной части фильма представляет достоинство, которого лишен метод сопровождения фильма пластинками. В некоторых случаях такая одновременность вырезывания является действительно достоинством; например, при сопровождении фильма граммофонными пластинками было бы очень странно слышать, как человек кричит и, в то же время видеть, что он еще не открыл рта. Однако при неречевом музыкальном сопровождении граммофонными пластинками, напротив, будет принадлежать преимущество, так как удаление части фильма не создаст неприятного обрыва в музыкальной фразе.

Неудобством оптического метода является также и то обстоятельство, что для просвечивания фильма при звуковой проекции обязательно применение постоянного тока (переменный ток в 50 пер/сек. давал бы изменение яркости 100 раз в секунду, которое мы слышали бы как тон 100 гц, так что при пользовании переменным током пришлось бы срезать частоты ниже 150 гц) — это вызывает обычно хлопоты по установке и обслуживанию аккумуляторной батареи или выпрямителя.

#### 215. Размножение при разных методах звукозаписи

В этой книге был описан способ размножения механических записей на диске гальванопластикой и прессованием.

При оптической записи кроме естественно напрашивающегося и общеупотребительного фотографического размножения возможно размножение и другими приемами репродукционной техники. Так, например, на бумаге с помощью офсетной печати воспроизводят копию фонограммы; прослушивание этой «говорящей бумаги» отличается от воспроизведения фильма лишь тем, что здесь фотоэлементом воспринимается не проходящий, а отраженный свет. Совершенно ясно, что подобное размножение фонограмм значительно дешевле фотографического. Австрийское общество «Селенофон» выпускает на рынок приборы для прослушивания такой говорящей бумаги (на одной полоске записано 8 параллельных фонограмм по методу контрастной записи<sup>205</sup>).

<sup>205</sup> Rossen H., Das tönende Papier, Fernsehen u. Tonfilm 1923, 3; 4: 245—6. На русском языке реферат в Сорена 1933, 7: 113.

<sup>203</sup> Garten S., Ein Schallschreiber mit sehr kleiner Seifenmembran Ader Ph 1915, 48; 19: 273—306. Работы Гартена не первые, использовавшие для этой цели мыльную пленку. Это делал еще в 1907 г. O. Weiss.

<sup>204</sup> Smith E. L. и Laird D. A., JASA 1930, 2; 94.

Выше уже отмечалось, что оптическая запись осуществима не только на ленте, но и на диске («фотограммофонная пластинка»). Конечно, и на диске можно применять печатание фонограммы вместо фотокопирования ее; подобные, исключительно дешевые «типографские граммофонные пластинки» (для оптического воспроизведения) известны в Германии под названием ортофон (Ortophon)<sup>206</sup>.

Магнитная запись не имеет специального способа размножения, однако размножение возможно, конечно, и здесь; например, копии можно получать на аппарате, где вместо одного записывающего электромагнита установлен целый ряд их.

Само собой разумеется, что подобный прием осуществим и при механической или оптической записи, так как можно вести перепиш с помощью одновременно работающего ряда записывающих устройств сразу во многих экземплярах. Вряд ли, однако, явилось бы шагом вперед сооружение агрегата из тысячи рекордеров<sup>207</sup>, одновременно записывающих тысячу пластинок. Но упомянуть об этом интересно с той точки зрения, что вопрос материала для пластинок прямого воспроизведения, применяемых теперь, главным образом, в непромышленной практике, вышел бы тогда на первый план в промышленном производстве граммофонных пластинок.

## 216. Связь между отдельными методами

Перечисленными классами механической, оптической, магнитной и химической регистрации исчерпываются предложенные для записи методы.

По мере развития техники резкие грани между отдельными методами все более стираются появлением промежуточных решений.

Так, например, фабрика ламп Philips в Голландии разработала изобретение Миллера<sup>208</sup>, по которому на ленту фильма наносится специальный очень тонкий (2—3 м) непрозрачный черный слой, а под ним специальный слой, по которому может вестись резание. Запись (механическая, глубинная) производится сапфировым резцом, который процарапывает черный и специальный слои и таким образом становится возможным воспроизведение обычным для тонфильма оптическим способом. Вместо ленты фильма может быть применена бу-

<sup>206</sup> Noack F., Grammophonplatten aus Hartpapier. Technik für alle 1931, 22; 5: 180.

<sup>207</sup> Принципиальная возможность этого не будет вызывать сомнений, если вспомнить, что параллельная запись на нескольких станках применяется, как мы видели, уж и теперь.

<sup>208</sup> Miller J. A., Engraved sound tracks for film recording. Electronics 1935, 52—3.

мага: такого рода «говорящая бумага» разрабатывается в СССР (Скворцов и Светозаров)<sup>209</sup>.

Если предыдущий случай — пример механической записи для оптического воспроизведения, то в качестве обратного примера можно привести патент<sup>210</sup>, согласно которому граммофонная пластинка обычной механической записи может быть воспроизведена оптическим путем, для чего на канавку направляется пучок света, а отражение его улавливается для преобразования в электрические колебания, подаваемые на репродуктор. Последняя идея заманлива для прослушивания свежезаписанного воска без какого-либо его повреждения.

Промежуточный характер носит также метод<sup>211</sup> изготовления граммофонных пластинок путем фотохимического приготовления рельефной (глубинной) матрицы из записи меняющей плотности (круглая поверхность катода лампы тлеющего разряда оптически проектируется на поверхность диска «оригинала»).

В наше время, когда перечисленные выше методы записи развиваются параллельно и оказывают своим развитием неоспоримое влияние на смежные методы, нередко переплетаясь с ними во всевозможных комбинациях, порождая промежуточно-переходные методы, преждевременно было бы говорить о неоспоримой предпочтительности того или другого метода. Каждый из методов, к тому же, подразделяется на много разновидностей и ни один из них не исчерпал еще всех своих возможностей.

Нельзя также упрощать вопрос, полагая, что один какой-либо метод, оказавшийся «наилучшим», вытеснит все остальные, так как скорее можно предполагать, что каждый метод укрепится в той области применения, которая более всего отвечает его особенностям. Какой, например, иной метод столь родственен кинематографии, как оптический? Какой метод в состоянии конкурировать с простотой воспроизведения граммофонной пластинки чисто акустическим путем? Какой метод обладает столь же простой стираемостью записи, как электромагнитный и т. д.?

Само собой разумеется, что любым образом зафиксированный звук может быть переписан всякой другой системой. С пластинки можно переписать на проволоку, с проволоки на киноленту, с киноленты на пластинку и т. д., в любой комбинации.

<sup>209</sup> Чепелев Н. Ф., Бумага для электромеханической записи звука. Бум. Пром. 1939, 17; 23—7.

<sup>210</sup> Герм. пат. 538695 (1930 г.) фирмы Колумбия; на этот способ фирмой Columbia взят патент также и в СССР (сов. пат. 32421).

<sup>211</sup> Engel J., Der tönende Film, 1927.

Рассмотрев другие способы звукозаписи, можно вспомнить о том, что при записи граммофонных пластинок оказались ограниченными возможности естественного воспроизведения. Полезно показать, что эти ограничения распространяются и на другие методы записи, при каждом из которых вносятся искажения и паразитный шум.

Динамический диапазон ограничен при звукозаписи сверху точкой достижения наивысшего значения того свойства, изменение которого характерно для данного метода записи (подобно наибольшему смещению при механическом методе записи, наибольшая чернота слоя при фотохимическом и предельное насыщение при магнитном), снизу — тем значением этого изменяемого свойства уже в отсутствии модуляции, которое обуславливается самим несущим запись материалом, вызывая сопровождающий фон (при механическом способе — недостаточная гладкость поверхности, при фотохимическом — недостаточная прозрачность пленки, при магнитном — негладкость, загрязненность, грубое строение поверхности)<sup>112</sup>.

Частотный диапазон ограничен сверху тем значением, при котором записанная длина волны (этот термин в более широком смысле может быть сохранен для всех методов записи) становится соизмеримой с размерами, характеризующими однородность существенных при данном методе записи свойств материала (при механическом — с размерами шероховатости, при фотохимическом — с зернистостью эмульсии, при магнитном — с неоднородностью поверхности), снизу тем значением, которое в силу конструктивных условий заставляет придавать конечные размеры аппаратуре (при механическом — резонансная частота адаптера, при фотохимическом — размеры щели, при магнитном — размеры полюсных наконечников).

Износостойкость, т. е. возможное число доброкачественных повторных воспроизведений, оказывается при всех способах звукозаписи практически ограниченной, в конечном счете, вследствие механических повреждений фонограммы. Например, царапина обнаружится щелчком как при механиче-

<sup>112</sup> Сопоставление динамических диапазонов разных методов записи (произведенное с точки зрения их ценности для радиовещания) показало, что в одинаковых условиях записи магнитная запись на ленту обнаружила динамический диапазон в 38 *сб*; тонфильм 41 *дб*; восковой диск 49 *дб*; полученная с этого воскового диска шеллачная пластинка, благодаря возросшему шипению, уже только 40 *дб*; пластинка прямого воспроизведения (из искусственной смолы) 44 *дб*, т. е. меньше обычной пластинки, но больше воскового диска. См. Braunmühl H. J., Der heutige Stand der Schallaufnahmetechnik und ihre Anwendung beim deutschen Rundfunk, Akustische Zeitschrift 1938, 3; 250—8.

ском, так и при фотохимическом или магнитном способе звукозаписи.

Клирфактор, не являясь принципиально чем-то неизбежно сопутствующим всякой системе звукозаписи, практически присущ всем системам звукозаписи, так как нелинейные процессы во всех природных явлениях значительно шире распространены, нежели линейные.

В заключение хотелось бы отметить то преимущество механической записи, существенное с точки зрения будущей истории, которое состоит в лучшей и легче достигаемой сохранности. Кинопленка вряд ли выдержит десятилетия хранения. Граммофонная пластинка, а тем более металлический оригинал неоспоримо могут быть сохранены в течение этого срока, не боясь ни некоторого подъема температуры, ни магнитных влияний, столь опасных для намагниченной проволоки. Поэтому записи, имеющие историческое значение, должны обязательно осуществляться именно этим способом.

### 217. Граница между ауто- и репетофонами

Граница между аутофонами и репетофонами стирается возможностью использовать репетофонические приборы в роли аутофонов, так как с их помощью можно производить звуки, которые собственно никогда еще не звучали.

Мы уже знаем, что всякую осциллограмму можно заставить зазвучать; в частности, и такую, которая снята отнюдь не с звуковых явлений. Грубо говоря, можно заставить звучать любой график, например изображающий изменение добычи шельака по годам и т. п.; однако звуки эти не доставили бы нам удовольствия, так как мы бы их отнесли к ряду шумов. Но задавшись специальной целью — нарисовать графики таких начертаний, чтобы полученные звуки относились к числу музыкальных, мы получили бы оригинальную возможность создания музыкальных произведений не композиторами, а художниками, сознательно использующими законы музыкальной гармонии в их графическом истолковании.

Казалось бы открываются блестящие возможности свободной музыкальной композиции, совершенно не стесненные возможностями и недостатками отдельных инструментов, зарождается новая область музыкальных произведений. Примерно подобные предвещения и делались в свое время в литературе, когда предсказывалось создание даже пишущей машинки, нажим на клавиши которой создает определенный ход кривых, так что задача «композитора» упрощается<sup>213</sup> (не смешивать с нотопечатательными пишущими машинками), а текст

<sup>213</sup> См., например, Lenz M., Der gezeichnete Tonfilm. Die Umschau 1932, 36; 49:971—7.

такой машинки может сразу проигрываться. Ряд художников, например Гэмфрис (Humphriss) в Англии, Пфенингер (Pfeffinger) в Германии, действительно рисовали тонфильмы и эти фильмы демонстрировались в кино, однако они не вышли пока за пределы интересного курьеза, получившего название «говорящего почерка» (Tönende Handschrift).

В СССР также осуществляется этот, как его иногда называют, «графический звук». Здесь работают в этом направлении Воинов (система Нивотон) и Шолло (система Вариофон).

Само собой разумеется, что запись без звучания возможна не только для оптического воспроизведения и не только на ленте, но и всеми иными путями; останавливаться на них, однако, не будем.

## ЗАМЕЧАНИЯ О ТЕРМИНОЛОГИИ

Исключительно малое развитие технологической литературы этой специальности повлекло за собой неразработанность соответствующей терминологии. Не исключена возможность того, что на отдельных предприятиях для обозначения тождественных понятий применяют разные термины. Даже в отношении названий, получивших широкое распространение, эта область не лишена особенностей.

Остановимся прежде всего на самом названии **граммофон**, бывшем первоначально фирменной маркой, ныне имеющем собирательный смысл.

Слово **граммофон** составляется из греческих *γραμμή* (запись) и *φωνή* (звук) и означает «запись звука». Тавтологией поэтому является часто употребляемое выражение «граммофонная запись» или еще того нелепее — «граммзапись».

Из тех же греческих слов, лишь с изменением порядка их расположения, составлено и слово **фонограф**, имеющее поэтому тот же самый начальный смысл. Самое слово *phonograph* для записывающих приборов существовало еще до того, как оно было применено к приборам Кро и Эдисона. Это слово можно встретить, например, в книге, выпущенной в 1865 г.<sup>1</sup>

Заметим, что иногда термин **фонограф** применяют к аппаратам, записывающим на диск, т. е. к аппаратам **граммофонного** типа, но для глубокой записи<sup>2</sup>.

В области записи звука с самого начала установилась сохранявшаяся до наших дней традиция присваивать каждому новому аппарату новое название (так, например, уже упоминалось о виброскопе, фонаутографе и т. д.). Следуя этой традиции и были созданы новые слова **граммофон**, **графофон**, имеющие собственно тот же смысл, что и старое — **фонограф**. Нет нужды останавливаться на множестве других названий подобных аппаратов, как **фортофон**, **парлсфон**, **гемофон**, **тонограф** и т. д., являвшихся обычно фирменными марками.

Новые разновидности аппаратов типа **фонографа** в настоящее время больше принято называть **диктофонами**. Это слово, также бывшее вначале фирменной маркой, приобрело некоторый собирательный смысл. Под **диктофонами** понимают обычно приборы, позволяющие простыми приемами не только произвести запись на валик, но и без особых промежуточных операций воспроизвести ее. Эти приборы не связаны с размножением записи и не претендуют на художественную чистоту передачи. В наше время понятие **диктофонов** не ограничивают механической записью — имеются, например, **диктофоны магнитной записи**<sup>3</sup>.

Интересно отметить, что сам Кро называл<sup>4</sup> свой аппарат **палеофон** (*paléophon*), подчеркивая этим названием способность воспроизведения произнесенного *ранее* («звуки прошлого»), что отграничивает эти аппараты от **аутофонов** и заодно характеризует «победу **граммофона** над временем».

Фирма **Pathé-frères**, выпустив свой аппарат с сапфиром вместо иглы и глубинными канавками на диске, назвала его в свою честь **pathéphon**. Как это ни странно, но именно это название — **патефон** — все более и более прививается у нас в Союзе, хотя у нас его относят к аппаратам любого

<sup>1</sup> Pisko F. J., Die neueren Apparate der Akustik, Wien 1865.

<sup>2</sup> Например, так именуют аппарат, применяемый для записи в **Фонографич. архиве** Ак. Наук в Вене — см. фн. 424, Hdbch d. biol. Arbmet. V, 7; 10: 1313.

<sup>3</sup> Выпускаются фирмами **Le Dictaphone** и **La société Ediphone** в Париже и др.

<sup>4</sup> См. Gros G. C., Mercure de France 1927, 693: 513—23.

устройства, имеющим портативное выпожнение (форма чемодана). Если уж так существенно подчеркивать эту сторону, лучше было бы называть эти аппараты портативными. В этой книге для дисковых аппаратов механической записи везде употребляется слово граммофон, так как оно, хотя и было в свое время фирменным названием, не несет, однако, фирменного имени в своем корне, имеет исторический приоритет, получило наибольшее распространение в литературе и всецело утратило узкое значение торговой привилегии.

Слово „граммофон“ получило в наше время дальнейшее развитие. Электрограммофоном называют граммофон с электрическим приводом, у радиогаммофона воспроизведение осуществляется с помощью адаптера, а не мембраны. Соответственно этому граммофон с электроприводом и электроакустическим воспроизведением называют электро-радиограммофоном; для последнего применяют, впрочем, и название „радиола“, хотя оно подразумевает и возможность использования аппарата в качестве радиоприемника — и действительно, практически электро-радиограммофон почти всегда совмещается с радиоприемником.

Появление этих добавочных терминов сделало несколько неопределенным основное слово граммофон, которое теперь может иметь либо обобщающий смысл, относясь к любому из перечисленных аппаратов, либо только к мембранному типу. Поэтому сейчас употребляется иногда термин „акустический граммофон“ для отличия от „электроакустического граммофона“ — радиогаммофона.

Так как термин „акустический граммофон“ нельзя признать удачным, автор считал бы целесообразным применять для этой цели в отличие от радиогаммофона просто термин граммофон, придав ему, таким образом, узкое значение, в то время как в качестве собирательного понятия полагал бы целесообразным использовать термин Кромпалеофон, подчеркивая этим названием некоторым образом и историческую роль самого Кромпалеофона. Автор не ввел этого термина, как и некоторых других, в текст самой книги, чтобы не затруднить чтение ее необычайно терминологии. Напротив, введенные автором новые термины аутофон и репетофон решительно применены в тексте.

Наряду с термином „граммофон“ сохранился до сих пор и термин „говорящая машина“ как в русском, так и в иностранных языках (Sprechmaschine, Machine Parlante, Talking Machine), хотя он явно ограничивает звуки лишь областью речи; к тому же этот термин неудачен еще и тем, что не делает различия между ауто- и репетофонами. Автор сохраняет этот термин, относя его, однако, к другой области, объем которой ясен из § 201.

К числу неудачных терминов рассматриваемой отрасли следует также отнести и слово адаптер, успевшее уже, к сожалению, привиться в русском языке за отсутствием иного. Слово это происходит от французского adapter, что означает „приспосабливать“. Конечно, называя деталь „приспосабливаем“, мы не слишком точно и метко определяем ее назначение (сами французы этим термином не пользуются). Мало удачно также и английское обозначение пикап (pick-up). Это английское обозначение распространилось, между прочим, во Франции, а в некоторой мере и в Германии, несмотря на наличие немецких терминов Abhördose, Tonabnehmer, Abtastdose, вероятно, потому, что последние термины недостаточно четко проводят разграничение между адаптером и мембраной.

Немецкому Tonabnehmer соответствует несколько неуклюжее русское слово „звукосниматель“. Этот термин, однако, также не делает различия между механическими и электрическими способами воспроизведения и потому его лучше применять как собирательный, объединяющий мембрану и адаптер. При желании указать на один из этих типов звукоснимателей необходимо добавлять соответствующие прилагательные, что еще увеличивает громоздкость этого и без того неблагозвучного слова. Поэтому вместо

„электрический звукосниматель“ автор ради краткости также предпочитает неточное, но безобидное слово „адаптер“.

Неблагополучно обстоит дело и с „механическим звукоснимателем“, который автор из аналогичных ссображений именовал общепринятым термином мембрана, хотя этот термин неудачен тем, что называет целое тем именем, которое правильнее было бы присвоить одной его части; эту рабочую часть — собственно мембрану — колеблющуюся перепонку — пришлось называть „диафрагмой“. Для мембраны в иностранной литературе в ходу очень общий термин „звуковая коробка“ (нем. Schalldose, англ. Sound-box, франц. capsule acoustique), но прививать этот недостаточно конкретный и не благозвучный термин русской литературе автор не считал полезным.

Другие детали граммофона также часто не имеют устойчивых названий; так, вряд ли, например, удобно сохраниять название „тонарм“ при использовании адаптера, а не мембраны.

Самое понятие граммофонная пластинка на русском языке, как и на других языках, не имеет своего краткого особого слова. Так, по-французски говорят: disque de phonographe или disques pour phonos, по-английски: gramophone record или просто record, когда нет опасности смешать с другими значениями этого слова; по-немецки не совсем удачно Schallplatte, но иногда и Grammophonplatte.

Соответственно собирательному смыслу понятия, рекомендуемому автором, нужно будет говорить не о граммофонных пластинках, а о палеофонных пластинках, которые автор предложил бы называть палеофонными.

Введенные в России торговые названия пластинок разных форматов „гигант“, „гранд“ и т. п., несомненно на свой теиденциозно нерусский характер, ни в одном другом языке (в том числе и французском, откуда они казались бы взяты) никакого применения не имеют; во всех странах принято характеризовать размер пластинки численным значением ее наружного диаметра, например 25 см-пластинки, 10"-пластинки и т. д. Это интернациональное обозначение по диаметру принято и в этой книге.

Термин „пластинки любительской записи“ также не вполне установился, как как иногда говорят „пластинки собственной записи“ (Selbstaufnahmeschallplatten), „пластинки домашней записи“ (Home recording disc) и т. д., подчеркивая этим их непромышленное происхождение. Автор ввел для этих пластинок название пластинок прямого воспроизведения, так как этим названием более подчеркиваются их технические особенности (этого же типа название Unikate-Schallplatten, делающее упор на уникальный безтравный характер). Термин „любительская запись“, претендующий на характеристику по назначению, даже в этом отношении не строг, ибо пластинками прямого воспроизведения пользуются, как мы знаем, при этнологических, фонетических и т. п. исследованиях вовсе не с любительскими целями.

Заметим, что в части аппаратов для пластинок прямого воспроизведения сохранилась традиция прошлого века — давать новое название каждой конструктивной разновидности (например, Metallophon-Platten, Pliaphon-Platten, Audiophon и т. д.).

Собственно производственная терминология еще менее однообразна. Дело доходит до того, что, например, в наших предприятиях шеллой называют диск, на который наплавляется матрица, а в немецком и английском языках под шеллой (Schell, Shell) понимают не диск, а самую матрицу, называя диск Messingplatte, Rondell, back и т. п., причем часто распространяют этот термин Schell как собирательный на все стадии гальванического процесса, т. е. на II и I оригиналы.

Наоборот, в наших предприятиях явно собирательное имя „гальвана“ или „гальванка“ относят только к III оригиналу. Ввиду явной неуместности подобного сужения понятия „гальваны“ автор вовсе избегал применять

этот термин, так как по мнению автора им следовало бы пользоваться как **собирательным**, относя его ко всем оригиналам (кстати, если автору случалось встречать слово *Galvanos* в немецком тексте, то именно в собирательном смысле), но такое применение могло бы в некоторых местах **сбить** с толку читателей, привыкших к узкому толкованию. Поэтому в качестве собирательного автор пользовался словом **оригиналы**, хоть и мало обоснованным, но употребительным на наших предприятиях.

Количество наименований, принятых в международной практике для обозначения отдельных оригиналов, особенно велико. Так, первый оригинал называют *Vater*<sup>5</sup>, *archives-négatif*, *père*, *original*, *Depotplatte*, *copper master*, *master*, *master matrix*, *metal original* и т. д. Второй оригинал называют *Mutter*, *mère*, *positif*, *copper mother*, *mother*, *master metal mould* и т. п. Третий оригинал называют *Sohn*, *Matritze-schell*, *presse-négatif*, *pressing matrice*, *copper stamper*, *shell stamper* и т. д. В этих наименованиях более всего сказывается индивидуальность отдельных предприятий.

Третий оригинал, напаянный на шеллу, на наших предприятиях называют матрицей. Автор называет **матрицей** любой оригинал, примененный для прессования пластинок (безразлично I или III, напаянный или нет), полагая, что такое использование термина „матрица“, общеупотребительного в штамповке вообще, более соответствует его широкому смыслу внешнего оформления изделия. Когда в иностранной граммафоно-пластиночной литературе говорят *matrices*, то вкладывают обычно тот же, что и в этой книге, смысл.

Отказавшись от принятого на предприятиях значения слова „матрица“ и „гальвана“, автор отбросил также производные термины: „матричная прессформа“ и „гальванная прессформа“, говоря вместо этого о матрицах и прессформах с шеллами и без них (*напаянные матрицы и простые матрицы*).

Приходится подчеркнуть также двусмысленность понятия **масса** (*Masse*, *stock*). Так, массой называют подготовленный для прессования полуфабрикат; вместе с тем, говоря о готовой пластинке и отсылаясь о каком-либо качестве ее состава, также употребляют термин „масса“. Соответственно этим двум смыслам надо, например, отличать кажущуюся плотность массы в пластинке от кажущейся плотности массы для пластинки, избегая таких формулировок, как „кажущаяся плотность массы пластинки“.

Уже упоминалось о том, что название **воск** (*wax*, *Wachs*, *cire*) обязано своим происхождением воскоподобной консистенции. Не говоря о химическом несоответствии, оно неудобно еще тем, что указывает на сам материал, а не на изделие определенного назначения, которое лучше в отлитом виде называть **болванкой**, в обточенном — **диском**. В этом отношении уже лучше термины *Aufnahmewachs*, *wax blank*. Более рациональным термином автор считал бы такой, который определяет „воск“ как носитель звуковой записи — его можно было бы называть **фонографмофором** или менее точно **фонофором** (от греческого *φέρω* — *несу*). В английском языке, между прочим, делают иногда отличие между незаписанным воском (*wax*) и записанным (*wax master*)<sup>6</sup>.

Из других неустойчивых терминов этого производства назовем срок службы пластинки — **износостойкость** (*Record wear time*, *Spieldauer*, *résistance à l'usage*) и **длительность одноразовой игры пластинки** (*Record playing time*, *Spielzeit*).

Отметим, что шинение пластинки называют не вполне удачно **поверхностным шумом** (*surface noise*). Говорят также о царапании иглы (*needle scratch*, *grattement d'aiguille*). Наконец, комитетом стандартизации Американского акустического о-ва предложено<sup>7</sup> называть **background noise**

„шумом заднего плана“, т. е. сопутствующим шумом, всякий шум, сопровождающий воспроизведение звуков (в том числе, следовательно, шум микрофонов, усилителей и т. д.).

Почти полное отсутствие связи между конкурирующими фирмами, а тем более разных стран, затрудняет уверенное составление технического словаря терминов рассматриваемого производства. Автор рискует все же положить начало этому делу, проведя небольшое сопоставление основных не упоминаемых выше терминов, характеризующих детали пластинки, некоторые материалы, процессы и оборудование рассмотренного производства.

Русский	Французский	Английский	Немецкий
Канавка	Sillon	Groove	Rille
Выводная канавка	Sillon finale (?)	Run out	Austaufrille
Борт	Bord	Edge	Rand
Центровое отверстие	Trou central	Centre hole	Centerloch
Этикетка	Etiquette	Label	Etikette
Конверт	Pochette	Enveloppe	Tasche
Таблетка	Plaque	Biscuit, slab, blank	Tafel
Бой	Casse (?)	Scrap, spew	Plattenbruch
Барит	Sulfate de baryte	Barium sulfate	Schwerspat
Шифер	Ardoise	Slate	Schiefer
Костяной уголь	Noir d'os	Bone black	Knochenkohle
Сажа	Noir de fumée	Black	Russ
Канифоль	Colophane	Rosin	Kolophonium
Размол	Broyage	Grinding	Mahlen
Смеситель	Mélangeur	Blender	Mischmaschine
Вальцы	Malaxeur	Mixing rolls	Mischwalzen
Каландр	Calandre	Blanker	Kalander
Никелировка	Nickelure	Nickel facing	Vernickeln
Никелевое очко	Plastie de nickel	Nickel forming, nickel groving	Nickelplastik
Напайка	Souder (?)	Soldering, sweating	Auflötung
ПС (проводящий слой)	Couche conductrice	Conducting coating	Leitende Schicht
РС (разделительный слой)	Couche séparative	Separating film	Trennschicht
Прессформа	Moule	Die	Preßform
Центровой шпенок	Bouton de centrage	Center pin	Achsstumpf
Горячая плита	Table chauffante	Hot plate, steamtable	Heizplatte
Шлифовка борта	Ébarber le bord (?)	Edge-trimming	Randschleifen

<sup>5</sup> Сюда же, вероятно, относится термин *Patrizze*, упоминаемый в старых журналах; например *Reko V. A.*, KS 1911 стр. 23.

<sup>6</sup> Это название ныне относят впрочем к I оригиналу.

<sup>7</sup> JASA 1931, 2; 311.

## БИБЛИОГРАФИЯ

### 1. Книжная литература

В период возникновения какой-либо новой отрасли обычно не бывает недостатка в изданиях, ее популяризирующих. Зато после выхода новинки из моды число посвященных ей книг резко падает. Из изданий начального периода звукозаписи на русском языке можно назвать:

В. К., Говорящая машина (фонограф) Эдисона, СПб 1878.

Гагарин А., Фонографы, СПб 1890.

Богтон С., Как сделать простой фонограф и микрофон (пер. с англ.) М. 1895.

Беккеледж О., Простейший фонограф и его изготовление (пер. с англ.) М. 1897.

Из русских изданий последнего времени назовем:

Рымкевич П., Говорящие машины, М. 1923.

Техническая энциклопедия, статья „Грамофон“ в V томе М. 1929.

Авдиев Я., Электрограммофон радиолюбителя. Харьков 1934.

Гинзбург З. Б., Электрограммофон, М.-Л. 1935.

Книг, посвященных грамофонной пластинке как таковой, на русском языке, к сожалению, не существует, да и перечисленные книги, посвященные грамофону, не пытаются изложить вопрос самостоятельно и полно.

Из иностранных книг последнего времени к типу монографий более приближаются следующие:

Seymour H., Reproduction of sound being a description of the mechanical appliances and technical processes employed in the art, N.J., 1923.

Gibson C. R., Telephones and Gramophones, London,

Lothar R., Die Sprechmaschine (ein technisch aestetischer Versuch), Leipzig 1924.

Gaydon H. A., The art and Science of the Gramophone and Electrical Recording up to date, London 1928.

Wilson P. и Webb G. W., Modern Gramophones and Electrical Reproducers, London 1929 (русск. перевод издан в 1936 г.)

Nesper E., Die Schallplatte, Eigenschaft, Herstellung, elektrische und akustische Wiedergabe, Berlin 1930.

Bryson H. C., The Gramophone Record, London 1935.

К этому книжному материалу надо относиться с достаточной осторожностью, так как почти в каждой книге встречается много неточностей и просто ошибок.

Например, у Неспера можно найти (стр. 7—8) следующее наивное объяснение недостатков пластинок акустической записи.

„С целью возможно большего концентрирования звука артисты располагались вплотную друг к другу и потому лишь крайне редко встречаются пластинки старой записи, на которых было бы различимо звучание каждого инструмента в отдельности“.

Он же указывает, что воск для записи плавится при 30—40° (стр. 21). Это указание можно сопоставить разве с указанием другой книги<sup>1</sup>, в которой сообщается, что матрицы под гидравлическим прессом подвергаются давлению в 200 000 ат.

Если в книге Брайсона, стоящей на неизмеримо более высоком уровне, не встречается столь потрясающих искажений, то зато отчетливо чувствуется, как автор вынужден избегать открывания настоящего производственного лица этой отрасли. Чтобы дать об этом более наглядное представление, укажем в виде примера, что, говоря о размоле компонентов грамофонно-пластиночной массы, Брайсон приводит (на рис. 94) фотографию цеховой установки мельницы Лопулько, совершенно не упоминая, однако, о том, что эта фотография изображает вовсе не цех какого либо грамофонно-пластиночного предприятия, а относится к обувной фабрике Т. А. Bata (в Zlip'e).

В книгах Брайсона, Неспера и многих других мы найдем многократные указания на то, что предприятия, производящие пластинки, держат свои процессы производства в строгом секрете. Легко видеть, что в рассмоленной нами отрасли производства, напротив, исключительно мало есть такого, что могло бы считаться для нее специфическим и что действительно могло бы быть необычайным секретом. Автор придерживается того мнения, что версия о насыщенности этого производства секретами есть лишь особый прием защиты, выработанный и поддерживаемый руководящими фирмами с целью предотвращения возникновения новых конкурирующих предприятий.

Возвращаясь к нашей литературе, нужно заметить, что она основывалась обычно, без критического подхода, на иностранной литературе и потому содержит немало совершенно неверных указаний. Так, в книге проф. П. А. Рымкевича (стр. 57) указывается, что грамофонные пластинки изготовляются обычно из эбонита путем наливания этого эбонита в медную форму. В статье „Грамофон“ (ТЭ, стр. 874) указывается, что в „современном процессе производства грамофонных пластинок“ нанесение ПС производится следующим образом: „поверхность оригинальной фонограммы припудривается при помощи щетки графитовой пылью и протирается затем фланелью, обработка может быть производима в процессе записи, причем рекорд<sup>2</sup> лучше всего нагревать струей воздуха при температуре около 60°, а дальнейшими операциями<sup>3</sup> служат: „получение матрицы из прессованного никеля“.<sup>4</sup>

### 2. Патентная литература

Как правило, области, о которых недостаёт сведений в специальной технической литературе, имеют обширную патентную литературу — так обстоит и в интересующей нас области.

Однако к патентной литературе следует относиться с большой осторожностью, так как, с одной стороны, в ней всегда имеется весьма значительный процент фантастических предложений лиц, недостаточно знакомых с отраслью, к которой относится их предложение<sup>5</sup>, или делельных предложений, но мотивированных неправильно, а с другой стороны, патенты

<sup>2</sup> Под рекордом в статье разумеется восковой сплав.

<sup>3</sup> Можно думать, что в этой части автор упомянутой статьи был введен в заблуждение книжкой Blücher H., Plastische Massen. Die Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung von Kunststoffen, Lpz. 1924.

<sup>4</sup> В библиографии, приведенной выше, не упомянуто о статьях, посвященных грамофону в других энциклопедиях, так как уровень их обычно еще ниже. Следует упомянуть, пожалуй, лишь о хорошей статье Depina R., Gramophone в The Encyclopædia Britannica 1929, 10; 616—22.

<sup>5</sup> Чтобы дать представление о том критическом подходе, который необходим при пользовании патентами, приведем курьезный довод одного патента (герм. пат. 267161): „этот материал слишком тверд для того, чтобы звук пластинок обладал достаточной мягкостью“.

<sup>1</sup> Wolman R., Moderne Schallplattenanlage, стр. 12.

группных фирм обычно пишутся не только для того, чтобы охранить свои патенты, но часто и для того, чтобы одновременно ввести в заблуждение другие фирмы.

Для облегчения ориентировки в патентной литературе рассматриваемой области сообщим некоторые данные о том, как классифицируются патенты этой области в разных странах.

В СССР принята германская классификация, по которой производство грамофонных пластинок попадает в класс 42: „измерительные инструменты и приборы“, подкласс 9: „говорящие машины и тому подобные акустические устройства“, группа 16: „форма и материал поверхностей для записи звука в говорящих машинах“ и т. д., и группа 18: „получение и размножение звуковых записей для говорящих машин“.

В Германии с 1 января 1933 г., а ныне и в СССР введена новая, более детально разработанная и более совершенная классификация, по которой рассматриваемая отрасль, находясь в классе 42: Instrumente; подклассе g: Akustik, insbesondere Lautschrift-Aufnahme und deren Wiedergabe входит в раздел Träger für mechanische Aufzeichnung und ihre Vervielfältigung, который в части механической выражается группой 14, а в части химической группами 15 и 16. В группе 14 для нас интересна лишь подгруппа 01, посвященная вводным и выводным канавкам, этикетке и т. п. Подразделение же химических групп 15—16 таково:

- 15 01 Schallkurventräger aus Schellack, Gelatine, Metall u. dgl.
- 15 02... — aus Celluloseabkömmlingen
- 15 03... — aus Kunstharzen
- 15 04... — aus Wachstharzen
- 16 01 Ausbildung und Herstellung von Matrizen für Schallplatten
- 16 02 Preß- und Gießformen
- 16 03 Pressen für Schallplatten.

В Англии в период до 1908 г. интересующая нас область входила в класс 40: Electric telegraphs and telephones, с 1909 по 1930 г. в класс 40 ii: Phonographs, gramophones and like sound recording and reproducing instruments, и, наконец, с 1931 г. по настоящее время в группу XXXVIII: Music, Phonographs, Signals and alarms. Дальнейшее подразделение патентов не производится, но имеются более подробные указатели, приводящие номера патентов, выданных по тому или иному вопросу данного класса.

В США существует своя детально разработанная классификация патентов. В ней класс 274 Sound recording and reproducing, специально посвящен рассматриваемой проблеме и подразделен на 46 групп. Однако и ряд других классов также имеет группы, посвященные этому вопросу, например, 106: Plastic compositions группа 15 Sound record и т. д.

Во Франции патентная система очень несовершенна: французские патенты выдаются без экспертизы их новизны, так что допускается получение патента на нечто уже известное. В соответствии с этим Франция не имеет детально разработанной классификации. Патенты, касающиеся описываемой отрасли, находятся обычно в группе 12. Instruments de précision. — électricité класс 2. Appareils de physique et de chimie, optique, acoustique.

### 3. Журнальная литература

Во всех более или менее значительных странах существовала и большей частью существует периодическая литература, посвященная специально грамофонно-пластиночной отрасли. Количество этих журналов столь велико<sup>6</sup>, что перечисление их здесь заняло бы слишком много места и было

бы к тому же бесполезным, так как огромное большинство этих журналов совершенно отсутствует в библиотеках СССР.

Ограничимся поэтому тем, что назовем лишь некоторые наиболее характерные издания разных стран.

Из современной французской периодики можно назвать журнал Musique et Instruments (Париж), систематически выделяющий раздел Revue des machines parlantes. Из современной немецкой периодики отметим журнал PRZ — Phonographische und Radio-Zeitschrift (Берлин). Английская периодика представлена журналом The Gramophone (Лондон).

В России также не было недостатка в журналах, освещающих эту отрасль. Можно назвать: „Сине-фоно“ (журнал кинематографии, говорящих машин и фотографии), „Грамофон и Фонограф“, „Грамофонный Мир“, „Грамофонная Жизнь“, „Новости Грамофона“, „Официальные известия Акц. о-ва грамофон“ и др. Все эти журналы выходили в период 1902—1917 г. Обращаясь к содержанию этих журналов, надо отметить, что основой их была реклама продукции, а техническая разработка технологических проблем никак не входила в их задачи.

В настоящее время в СССР нет ни одного периодического издания, специально освещающего проблемы рассматриваемой отрасли промышленности, хотя существование журнала, который бы отвечал на достаточно высоком техническом уровне запросам этой отрасли, было бы очень желательным.

Ссылки, приведенные в этой книге, показывают, насколько разбросаны по самым разнообразным техническим отраслям материалы, имеющие существенное значение для интересующей нас отрасли промышленности.

Резиновое производство и дорожное строительство — в части составления смесей, а резиновое, кроме того, в части мастикации; цементное, комбикормовое и пылеугольное производства — в части измельчения; мукомольное производство — в части просеивания; производство пластмасс из искусственных смол — в части прессования; производство клише — в части приготовления матриц, — вот, опуская детали, круг специальностей, которыми должен интересоваться специалист производства грамофонных пластинок.

Если добавить к этому, что техника записи грамофонных пластинок также может многое почерпнуть из радиотехнической литературы и журналов по звуковому кино, станет понятным, сколь полезно было бы для подъема союзной грамофонно-пластиночной промышленности создание такого отраслевого журнала, имеющего, как видно из сказанного выше, совершенно иной характер, чем имеют иностранные отраслевые журналы, рассчитанные не на специалистов, а на торговую сеть, ставящие своей главной целью рекламу продукции и заинтересованные скорее в неразглашении сведений о производственных подробностях, нежели в их распространении, и потому никогда не публикующие экспериментальных и исследовательских материалов, двигающих вперед это производство.

Любая книга может лишь указать на связь производства грамофонных пластинок со смежными отраслями, но не может заменить периодической информации, основывающейся на постоянном извлечении из опыта этих отраслей всего, могущего быть косвенно полезным для данной отрасли. К тому же книга не обладает оперативностью журнала; она издается долго, и материал, который был свежим в момент ее написания, стареет к моменту выхода ее в свет.

<sup>6</sup> Так, например, в одном лишь сводном каталоге всех американских библиотек можно найти несколько десятков названий журналов, начинающихся словом „Phonographic“.



СССР Народный комиссариат машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ <b>ИГЛЫ ГРАММОФОННЫЕ</b> (стальные)	ОСТ НKM 4213
		Взамен ОСТ 3355
		Граммфонная промышленность

Иглы граммофонные	ОСТ НKM 4213
-------------------	-----------------

### Б. Технические условия

1. Иглы изготавливаются из стальной проволоки, имеющей следующие размеры и допуски:

Диаметр в мм	Допуск на диаметр
0,8	-0,04
1,4	-0,04
1,6	-0,06

Овальность сечения не должна превышать половины величины допуска на диаметр.

2. Стальная проволока, идущая на производство иголок, по химическому составу должна соответствовать марке стали У-10—А ОСТ 4956.

Наименование элементов	Содержание элементов %, 0
1. Углерод . . . . .	0,95—1,09
2. Марганец . . . . .	0,15—0,25
3. Кремний . . . . .	не более 0,30
4. Сера . . . . .	не более 0,02
5. Фосфор . . . . .	не более 0,03

3. Глубина обезуглероженного слоя игольной проволоки не должна превышать 1% диаметра.

4. Твердость иглы не должна выходить из пределов 700—900 по Виккерсу.

5. Временное сопротивление на разрыв должно для проволоки  $\varnothing 0,8-1,6$  мм составлять 95—115 кг/мм<sup>2</sup>.

6. Удлинение в % для проволоки  $\varnothing 0,8-1,6$  мм должно быть не менее 1,5.

7. Поверхность иглы должна быть хорошо отполированной, блестящей, а также не иметь следов ржавчины, царапин, выступов и темных пятен.

8. Острие должно находиться на оси иглы.

9. Образующая конусной части иглы должна представлять прямую линию.

10. Тупой конец иглы имеет обрез из-под обрезного станка, однако не должен иметь заусенцев или погнутостей.

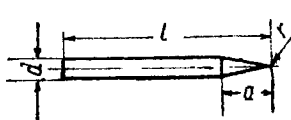
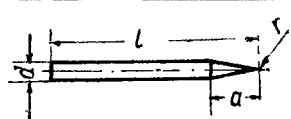
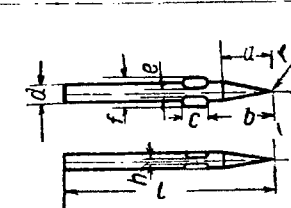
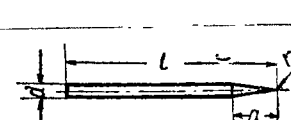
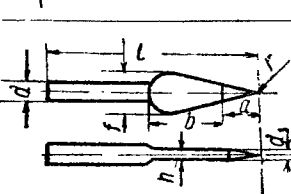
### В. Правила приемки и методы испытания

1. Проверка стальной проволоки, употребляемой для изготовления игл, в отношении химического состава металла, временного сопротивления и удлинения производится обычными лабораторными методами. Глубина обезуглероженного слоя проверяется по сертификату завода-поставщика, а внешние пороки проволоки: ржавчина, трещины, волосовины, завальцованная окалина и т. п., проверяются невооруженным глазом.

### А. Классификация

Стандарт предусматривает по громкости воспроизведения звука четыре типа игл: громкие, средние, тихие и универсальные.

Формы и размеры этих игл указаны в нижеследующей таблице:

Тип	Форма	Размеры в мм				Разные
		d	l	r	a	
Громкие		1,6 <sup>-0,08</sup>	16 <sup>±0,5</sup>	От 0,03 до 0,06	3,5 <sup>-0,2</sup>	
Средние нормальные типа „Колдор“		1,4 <sup>-0,06</sup>	16 <sup>±0,5</sup>	От 0,03 до 0,06	3,0 <sup>-0,2</sup>	
		1,4 <sup>-0,06</sup>	16 <sup>±0,5</sup>	От 0,03 до 0,06	3,0 <sup>-0,2</sup>	b=5,5 <sup>+0,5</sup> c=2,0 <sup>+0,2</sup> e=0,5 <sup>-0,05</sup> f=2,5 <sup>-0,3</sup> h=0,45 <sup>+0,05</sup>
Тихие		0,8 <sup>-0,05</sup>	16 <sup>+0,5</sup>	От 0,03 до 0,06	2,2 <sup>-0,2</sup>	
Универсальные		1,4 <sup>-0,06</sup>	16 <sup>+0,6</sup>	От 0,03 до 0,06	1,5 <sup>-0,2</sup>	b=6,5 <sup>+0,3</sup> d <sub>1</sub> =0,7 <sup>+0,05</sup> f=3,0 <sup>-0,4</sup> h=0,5 <sup>+0,1</sup>

Внесен Главширпотребом Утвержден 21/XI 1937 г. Срок введения 1/VIII 1938 г.

ОСТ НKM 4213	Иглы граммофонные
-----------------	-------------------

2. Внешний вид игл в отношении полировки, блеска, следов ржавчины, царапин, выступов и темных пятен проверяется невооруженным глазом.

3. Твердость готовой иглы испытывается прибором Виккерса или другим прибором, допускающим переход на шкалу Виккерса.

4. Радиус закругления острия иглы, углы заточки и прямолинейность конуса проверяются по шаблону с помощью проекционного микроскопа. Остальные размеры проверяются нормальным измерительным инструментом, точность которого должна находиться в соответствии с указанными выше допусками.

5. Приемка игл потребителем производится по сертификату завода. Для проверки соответствия игл условиям стандарта приемщику предоставляется право отобрать среднюю пробу в количестве до 0,1% от партии (но не менее 1000 шт. игл).

Если во взятой на пробу партии окажется более 5% игл, не соответствующих техническим условиям стандарта по признакам, практически не влияющим на использование партии, то берется вторичная проба в удвоенном количестве. При повторном неудовлетворительном результате вся партия бракуется.

#### Г. Упаковка и маркировка

1. Иглы граммофонные упаковываются по 100—200 шт. в коробки из белой жести с прокладкой игл внутри коробки негигроскопичной бумагой.

3. Упаковка в одной коробке игл разных типов не допускается. Количество игл может иметь отступление от обозначенного на упаковке до 3%.

3. На каждой коробке игл должно быть или на бандероли, или на вкладном листке, кроме производственной марки и товарного знака, указано количество игл и их тип.

4. На вкладном листе, помещаемом в упаковочном ящике, должны быть указаны дата выпуска иголок и клеймо отдела технического контроля завода-изготовителя.

СССР Народный Комиссариат Машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НKM 20022
	ГРАММОФОНЫ ПОРТАТИВНЫЕ С ПРУЖИННЫМ МЕХАНИЗМОМ Технические условия	Граммoфонная промышленность

Настоящие технические условия распространяются на портативные граммофоны широкого потребления, предназначенные для акустического воспроизведения звука, записанного на граммофонной пластинке.

#### А. Технические условия

1. Размеры и технические показатели основных деталей граммофона, сопрягаемых с граммофонной пластинкой, иглой и мембраной, должны полностью соответствовать ОСТ/НKM 20023.

2. Портативный граммофон должен обеспечивать проигрывание граммофонной пластинки (с поперечной записью) любого размера и материала. При проигрывании граммофонной пластинки граммофон должен обеспечить ровный, чистый звук без дребезжаний, обусловленных как мембраной, так и любой другой деталью граммофона.

3. Портативный граммофон должен иметь регулятор числа оборотов диска, ручной и автоматический тормоз для останова диска.

4. При положении стрелки регулятора на цифрах шкалы «78» число оборотов диска, при проигрывании любой граммофонной пластинки, должно быть 78 об/мин с допуском  $\pm 3$  об/мин.

На делениях «медленно» регулятор не должен останавливать диск, а на делениях «быстро» регулятор не должен стучать.

Регулирование механизма должно обеспечить равномерное вращение диска. Регулятор должен обеспечить возможность регулировки скорости вращения диска в пределах не менее 10% в ту и другую сторону от нормальной скорости в 78 об/мин.

5. Диск граммофона должен иметь диаметр  $250 \pm 2$  мм.

6. Трубка тонарма должна свободно вращаться в колене тонарма. Колено тонарма должно иметь свободное движение вокруг оси.

7. Размер и качество заводной пружины и качество механизма должны обеспечить ровное проигрывание одной стороны наибольшей граммофонной пластинки с максимальным количеством канавок рабочей поверхности в пределах между первой ( $\varnothing 289$  мм) и последней канавкой ( $\varnothing 105$  мм).

8. Автоматический тормоз должен тормозить диск при прохождении иглы по выводной спирали граммофонной пластинки.

9. Ручной тормоз должен останавливать диск в течение 1—2 сек. Ручной тормоз не должен включаться от сотрясений.

10. Завод механизма должен быть легкий и плавный. Заводная рукоятка должна иметь легко вращающуюся ручку из пластмассы или лакированную деревянную, должна легко входить в отверстие заводного червяка и легко выниматься из него.

11. Механизм граммофона должен выпускаться хорошо смазанным. Качество и количество смазки должно обеспечить надлежащую работу механизма в течение не менее 3 месяцев эксплуатации без добавления смазки.

12. Граммoфон должен иметь тонармодержатель и ручкодержатель. Эти держатели должны надежно удерживать тонарм и ручку в любом положении граммофона. Ящик должен иметь замок, запирающийся ключом.

Внесен Главширпотребом	Утвержден 14/VIII 1938 г.	Срок введения 1/IX 1938 г.
------------------------	---------------------------	-------------------------------

13. Граммофон должен иметь игольницу. Игольница должна легко открываться и закрываться и удерживаться в закрытом положении при любом положении граммофона.

14. Трубка тонарма и колесо тонарма должны изготавливаться из трубки лагунной по ОСТ/НКТП 2369 или из другого материала, сохраняющего те же эксплуатационные качества и качества внешней отделки.

15. Рупор граммофона должен быть сделан из листового цинка по СТ/ГЦМО — 25/2972.

16. Укрепление фланца тонарма к деке должно быть осуществлено при помощи никелированных или хромированных винтов с полукруглой головкой.

17. Верхняя часть крышки и основание ящика изготавливаются из фанеры по ОСТ/ВКС 4420 и 4421 не ниже сорта АБ, а боковые поверхности изготавливаются из ящичной дощечки. Углы ящика должны быть связаны в шип и быть прямыми. Расхождение углов (в шипах) не допускается.

Коробление стенок допускается не более 1 мм.

18. Поверхность ящика должна быть оклеена дерматином или равноценным подходящим материалом, причем оклейка должна быть ровной, прочной, без отставаний, морщин, бугров, впадин, царапин, пятен и тому подобных дефектов.

19. Ящик изготавливается с закругленными углами.

На наружной стороне дна ящика и на боковой стенке, свободной от ручки, должны быть аккуратно установленные по углам резиновые буфера. Буфера должны быть закреплены прочно и не выскакивать из своих гнезд.

20. Крышка и корпус ящика должны плотно прилегать друг к другу; допускается просвет не более 1 мм.

21. Подпорка для удержания крышки должна обеспечивать легкое открывание и закрывание крышки и удерживать ее в любом положении.

22. Петли должны быть никелированы или хромированы и обеспечивать плотное прилегание и легкое открывание и закрывание крышки.

Место для посадки петель на бортике ящика должно быть покрыто дерматином.

23. Дека должна вкладываться в ящик граммофона свободно, причем зазор между декой и стенками ящика с каждой стороны допускается не более 1 мм.

24. Укрепление дека осуществляется при помощи никелированных или хромированных шурупов и винтов, с полукруглой головкой и с никелированной или хромированной шайбой. Шлицы должны быть расположены параллельно стенкам ящика.

25. Дека должна быть покрыта дерматином или другим подходящим материалом, причем последний должен быть такого же цвета и рисунка, как и дерматин, покрывающий поверхность ящика, и не иметь царапин, пятен, бугров, впадин и т. п. дефектов. Дека может быть и полированной.

26. Наружные металлические детали граммофона должны быть хромированы или никелированы. Установка на один граммофон деталей с разными декоративными покрытиями — никелированных или хромированных — не допускается. Слой покрытия деталей должен быть плотным, стойким, гладким, блестящим, не отслаиваться и не иметь пятен.

27. Поверхность выходного отверстия рупора должна быть покрыта ровным слоем лака. Цвет лака должен гармонировать цветом материала, покрывающего ящик.

28. Ручка ящика должна быть оклеена тем же дерматином или

другим подходящим равноценным материалом, как и весь ящик, прошита нитками соответственно гармонирующего цвета и должна иметь внутри скрытую достаточно прочную пружину, чтобы обеспечить прилегание ручки к самому ящику в свободном состоянии.

29. Паз для заводной рукоятки должен быть защищен никелированной или хромированной ключевиной.

30. Замок граммофона должен быть никелирован или хромирован.

31. Материал, наклеенный на диск, должен быть мягок и правильно вырублен по кругу и не должен иметь бахромы (или же края должны быть закрыты ободком).

32. Цвет материала на диске должен соответствовать цвету материала, покрывающего поверхность ящика.

33. Приклейка материала должна обеспечить плотное прилегание его к диску; клей не должен вызывать плесени на материале и коррозии металла и пятен.

34. Шайба для укрепления диска должна быть никелирована или хромирована и плотно сидеть в специальной выточке на шпинделе.

Шайба не должна быть погнута.

35. Винты и прочие наружные металлические детали не должны иметь заусенцев.

## Б. Правила приемки и методы испытаний

36. Граммофоны предъявляются к сдаче с мембраной, насаженной на тонарм. Размер сдаваемой партии граммофонов не устанавливается.

37. При приемке партии ОТК завода-изготовителя каждый граммофон должен быть подвергнут наружному осмотру и испытанию его качеств в работе.

38. Наружным осмотром каждого граммофона определяются его внешний вид и качество отделки.

39. Качество звучания граммофона определяется путем проигрывания любой граммофонной пластинки.

40. Размеры и допуски, указанные в разделе А настоящего стандарта, проверяются мерительным инструментом, обеспечивающим точность в пределах установленных допусков, а также специальными шаблонами и калибрами.

41. Число оборотов диска граммофона при проигрывании пластинки проверяется стробоскопом.

42. Действие автоматического и ручного тормоза испытывается проигрыванием пластинки.

43. В случае несоответствия граммофона любому из показателей технических условий настоящего стандарта граммофон бракуется.

44. Потребителю предоставляется право проверки граммофона по любому из показателей технических условий настоящего стандарта.

45. В случае неудовлетворительного качества звучания, если при замене мембраны качество звучания остается низким, граммофон бракуется. При неудовлетворительном качестве мембраны таковая подлежит замене.

## В. Маркировка и упаковка

46. На внутренней стороне крышки портативного граммофона должны быть помещены производственная марка и товарный знак, а на мембране — товарный знак.

47. На деке граммофона, под диском, должна быть прикреплена табличка с указанием заводского номера граммофона и даты выпуска.

ОСТ НKM 20022	Граммфоны портативные
------------------	-----------------------

48. К каждому граммофону должен быть приложен паспорт с указанием заводского номера и даты выпуска и со штампом ОТК завода.

49. Каждый граммофон должен быть уложен в картонную коробку. Коробка обязывается шпигатом и пломбируется.

50. Пломбированные граммофоны укладываются в плотные, здоровой древесины ящики по 4—6 шт., с уплотнением кругом сухой древесной стружкой, или другим способом, гарантирующим сохранность при транспортировании. Ящики изготавливаются из древесины хвойных пород с абсолютной влажностью не выше 25%, толщиной 1—1,5 см. Доски ящика соединяются между собой деревянными накладками.

51. Упаковочный ящик обязывается с двух сторон проволокой с прибивкой гвоздями и с обеих сторон пломбируется. На ящиках должны быть надписи: «Не кантовать», «Бойтся сырости», «Верх», «Не бросать».

СССР Народный Комиссариат Машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НKM 20023
	Детали граммофона, сопрягаемые с граммофонной пластинкой, иглой и мембраной (Основные размеры и технические показатели)	Граммфонная промышленность

Настоящий стандарт устанавливает основные размеры и технические показатели для деталей граммофонов всех типов и других аппаратов, предназначенных для акустического воспроизведения граммофонной иглой ОСТ/НKM 4213 звука, записанного на граммофонной пластинке.

#### Размеры сопрягаемых деталей и основные технические показатели

1. Граммфоны всех типов, предназначенные для воспроизведения звука, записанного на граммофонную пластинку, должны обеспечивать постоянное число оборотов диска — 78 об/мин.

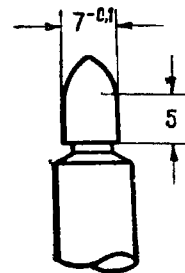
Примечание. В граммофонах с пружинным механизмом допускается отклонение на  $\pm 3$  об/мин от вышеуказанных 78 об/мин.

2. Диск граммофона должен вращаться в плоскости, перпендикулярной к оси шпинделя.

Допускается торцовое биение не более 0,5 мм (при величине диаметра диска  $250 \pm 2$  мм) и радиальное — не более 1 мм.

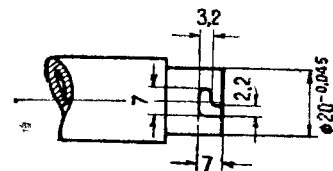
3. Головка шпинделя не должна давать биения по диаметру более 0,1 мм.

4. Размеры головки шпинделя граммофона должны соответствовать черт. 1.



Черт. 1.

5. Размеры конца трубки тонарма, на который надевается мембрана, должны быть выполнены в соответствии с черт. 2.



Черт. 2.

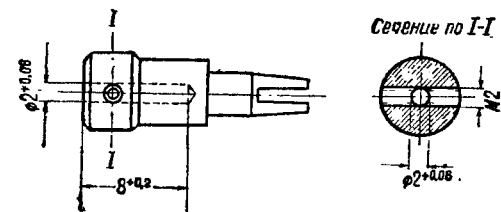
6. Иглодержатель по своим размерам должен соответствовать чертежу 3.

7. Мембрана (звуковая коробка) граммофона любой конструкции должна удовлетворять следующим техническим показателям (черт. 4):

а) угол установки иглы мембраны по отношению к плоскости граммофонной пластинки должен составлять  $60 \pm 5^\circ$ ;

б) ось (O—O) мембраны в рабочем положении должна быть параллельна плоскости граммофонной пластинки с допуском отклонением  $\pm 2^\circ$ ;

в) ось иглодержателя должна быть параллельна плоскости мембраны с допуском отклонением  $\pm 3^\circ$ ;



Черт. 3.

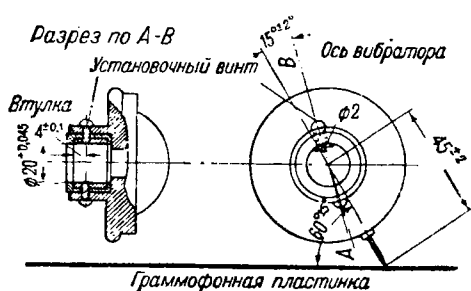
Внесен Главширопотребом

Утвержден 14/VII

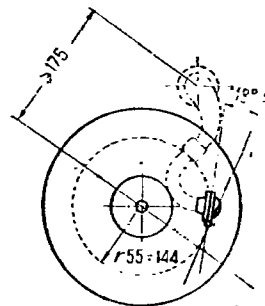
Срок введения  
1/IX 1938 г.

ОСТ НКМ 20023	Детали граммофона
------------------	-------------------

- г) положение установочного винта по отношению к оси вибратора определяется углом в  $15 \pm 2^\circ$ ;
- д) диаметр конечной части установочного винта мембраны  $2-0,12$  мм;
- е) расстояние от края втулки мембраны до оси установочного винта  $4 \pm 0,1$  мм;
- ж) диаметр отверстия втулки мембраны для посадки на тонарм  $20 + 0,045$  мм (А<sub>3</sub>);



Черт. 4.



Черт. 5.

- з) расстояние от оси мембраны до острия иглы должно составлять  $45 \pm 2$  мм.
8. Вес мембраны  $120 \pm 20$  г.
9. Максимальный угол между плоскостью мембраны в рабочем положении и касательной к окружности, проведенной через конец острия иглы, должен составлять не более  $18^\circ$  при значениях радиуса окружности 55—144 мм (черт. 5).
10. Расстояние между осью вращения тонарма и осью вращения шпинделя должно быть не менее 175 мм (черт. 5).

СССР Народный Комиссариат Общего Машиностроения	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ НКМ 23018-39  Граммофонно- пластиночная промышленность
	ПЛАСТИНКИ ГРАММО- ФОННЫЕ ШЕЛЛАЧНЫЕ Технические условия	

#### А. Назначение

Шеллачные граммафонные пластинки предназначаются для воспроизведения поперечной граммафонной звукозаписи на граммафонах и радиограмафонах при вращении пластинки со скоростью 78 оборотов в минуту в направлении часовой стрелки и при перемещении иглы от края пластинки к центру.

#### Б. Технические условия

##### 1. Форма и вид граммафонных пластинок

§ 1. Граммафонная пластинка должна представлять собою плоский диск с цилиндрическим отверстием в центре.

§ 2. На обеих сторонах граммафонной пластинки должны быть расположены:

а) Наружное, свободное от записи, поле — борт.

б) Поле записи, состоящее из: первых вводных немых канавок, в количестве не более четырех, звуковых канавок собственно записи и последних немых канавок числом не более трех.

Примечание. В случае, если на одной стороне пластинки имеется несколько отдельных записей, они должны быть разделены промежутком в 2—4 мм и соединены между собой немой непрерывной спиральной канавкой.

в) Внутреннее, свободное от записи, поле — зеркала, на котором нанесена выводная спираль, соединенная с последней канавкой поля записи и переходящая в замкнутый круг (концентричный или эксцентричный).

§ 3. В середине зеркала должна быть помещена бумажная этикетка, которая должна быть целой, чистой, несмятой. Печать на этикетке должна быть четкой и не смазывающейся.

§ 4. Борт граммафонной пластинки должен иметь гладкие и закругленные края. Поверхность пластинки должна быть глянцевой.

§ 5. На поверхности пластинки допускаются следующие, не влияющие на звуковые качества и срок службы пластинки, внешние дефекты:

##### На борту

а) Матовые полосы, не превышающие  $1/3$  ширины борта.

б) Местные матовые серые пятна (так называемая холодная прессовка), не превышающие по длине 20 мм.

в) Вмятины, не доходящие до поля записи, диаметром не более 2 мм и количеством не более двух.

г) Небольшие отпечатки заборна на матрице, не доходящие до поля записи.

д) Отпечатки от царапин на матрице, не доходящие до поля записи.

е) Неглубокие выщербины шириной до 1 мм, общей длиной до 15 мм (так называемый щипаный край).

##### На поле записи

ж) Мало заметные сероватые пятна (так называемые пятна от массы).

з) Мелкие, неглубокие воронкообразные углубления диаметром до 1 мм не более 4 шт. в разных местах или 2 шт. на одном участке (так называемые выдавки), в случае сохранения профиля канавок.

Внесен Главширпотребом	Утвержден 19 мая 1939 г.	Срок введения 1/XII 1939 г.
------------------------	-----------------------------	--------------------------------

и) Неощутимая, заметная лишь в отраженном свете волнистость или помятость.

На зеркале

к) Отпечатки цапапин на матрице, не доходящие до поля записи.

л) Мало заметные сероватые пятна (так называемые пятна от массы).

м) Точечный пригар.

н) Небольшие отпечатки заборин на матрице, не попадающие на выводящую спираль или замкнутый круг.

о) Неглубокие вмятины и выдавки, мелкая гарь.

п) Запрессованные блестящие бронзы.

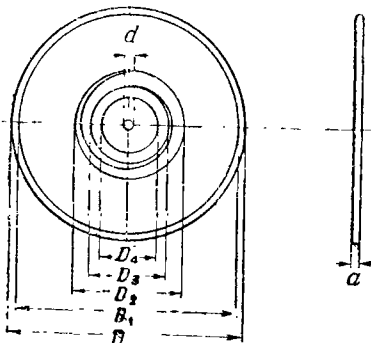
р) Смещение этикетки относительно центра пластинки не более 2 мм, без повреждения текста (так называемый сдвиг этикетки).

Примечание. На каждой пластинке допускается не более четырех из перечисленных выше дефектов, в том числе на поле записи не более двух.

## II. Размеры и вес граммофонных пластинок

§ 6. Граммофонные пластинки выпускаются трех форматов: нормальные, увеличенные и уменьшенные. Размеры этих пластинок указаны в следующей таблице (в мм):

Формат пластинок	Наружный диаметр	Диаметр начала записи	Минимальный диаметр последующей канавки	Диаметр замкнутого концентрического круга	Диаметр этикетки	Диаметр отверстия	Толщина пластинок
	$D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$d$	$a$
Уменьшенные . . . . .	$200^{+12}$	$192^{+1}$	95	$86^{-1}$	$75^{-0.4}$	$7^{+0.2}$	$1,8^{+0.1}$
Нормальные . . . . .	$250^{+2}$	$240^{+1}$	105	$95^{-1}$	$80^{-0.4}$	$7^{+0.2}$	$1,9^{+0.1}$
Увеличенные . . . . .	$300^{+3}$	$288^{+1}$	105	$95^{-1}$	$80^{-0.4}$	$8^{+0.2}$	$2,1^{+0.2}$



Диаметр эксцентричного замкнутого круга должен быть не менее 90 мм на пластинках уменьшенного формата и не менее 100 мм на пластинках нормального и увеличенного формата.

§ 7. Эксцентриситет центра отверстия пластинки относительно записи должен быть не более 0,3 мм.

§ 8. Расстояние по радиусу между двумя канавками выводной спирали должно быть не менее 7 мм.

§ 9. При эксцентричном замкнутом круге центр его должен быть смещен относительно центра пластинки на величину  $7^{-0.5}$  мм.

§ 10. Вес граммофонных пластинок должен составлять:

уменьшенного формата . . . . .	$105 \pm 10$ г
нормального формата . . . . .	$180^{+10}_{-20}$ г
увеличенного формата . . . . .	$270 \pm 30$ г

## III. Запись

§ 11. Запись на пластинке должна соответствовать утвержденному репертуару. Сочетание записей на обеих сторонах пластинки («спарка») утверждается Художественно-техническим советом.

## IV. Эксплуатационные свойства граммофонных пластинок

§ 12. При проигрывании граммофонной пластинки на стандартном граммофоне ОСТ НКМ 20022 она должна давать звучание, свободное от искажений и посторонних призвуков.

§ 13. Уровень громкости воспроизведения шума на первых немых канавках новой граммофонной пластинки не должен быть более + 40 децибел, принимая, что нулевой уровень соответствует громкости воспроизведения в тех же условиях записи чистого тона 1000 гц с амплитудой скорости 0,0041 см/сек.

§ 14. Граммофонная пластинка должна допускать проигрывание на стандартном граммофоне (ОСТ НКМ 20022) иглами средней громкости (ОСТ НКМ 4213) при смене игл после каждого проигрывания, не менее 40 раз без появления искажений, заметных на слух при сравнении с новой пластинкой, и не давать при этом увеличения шума более чем на 2 децибела над первоначальным уровнем.

## V. Правила приемки

### I. Отбор проб и браковка

§ 15. Всякая новая запись должна быть проверена путем проигрывания пробной пластинки для выявления соответствия ее требованиям § 14 стандарта, а также проверена на соответствие размеров  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_3$ , указанным в таблице § 6.

В случае, если запись не удовлетворяет требованиям §§ 6 и 14 стандарта, запись должна быть забракована и производится вновь.

§ 16. Каждая сотая пластинка, снимается с пресса, должна быть прослушана заводом-изготовителем для установления соответствия ее эталону.

При обнаружении несоответствия пластинки требованиям стандарта завод должен отбраковать из сотни все недоброкачественные по звучанию пластинки.

§ 17. При каждой новой зарядке матриц должны проверяться толщина пластинки и наружный диаметр ее для установления соответствия этих размеров требованиям § 6 стандарта.

§ 18. Каждая сотая пластинка, снимаемая с пресса, должна быть проверена заводом-изготовителем на соответствие эксцентриситета и диаметра отверстия требованиям § 6 стандарта и на соответствие веса требованиям § 10 стандарта.

ОСТ  
НКОМ 23018-39

## Пластинки граммофонные шеллачные

§ 19. Каждая отдельная пластинка должна быть проверена заводом-изготовителем для установления соответствия внешнего вида требованиям стандарта.

§ 20. Все пластинки, признанные не соответствующими требованиям стандарта, бракуются.

§ 21. Заказчику предоставляется право при приемке произвести проверку пластинок по всем показателям стандарта. В случае обнаружения в партии более 1% пластинок, не удовлетворяющих стандарту, по требованию заказчика завод-изготовитель обязан пересортировать партию. Пересортированная партия может быть представлена к приемке.

## II. Методы испытания

§ 22. Наружный диаметр пластинок проверяется шаблоном.

§ 23. Толщина пластинок проверяется микрометром в изломе по диаметру не менее чем в 5 местах каждой проверяемой пластинки.

§ 24. Диаметр центрального отверстия проверяется предельными калибрами.

§ 25. Эксцентриситет отверстия проверяется индикатором.

§ 26. Вес пластинок проверяется взвешиванием на технических весах.

§ 27. Уровень громкости шума на первых немых канавках граммофонных пластинок измеряется объективным шумомером, состоящим из адаптера с усилителем и измерительным прибором.

Ошибка средней величины из трех измерений не должна превосходить  $\pm 1$  децибел.

При измерении применяются стальные граммофонные иглы, громкие ОСТ НКМ 4213.

Примечание. В шумомере должна быть частотная коррекция по кривой равной громкости при уровне 40 децибел, с допустимыми отклонениями в диапазоне 700—7000 гц на  $\pm 3$  децибела в пределах 0,5 октавы и на  $\pm 7$  децибел в диапазоне 100—700 гц.

В шумомере должно иметь место квадратичное суммирование отдельных компонентов записи сложного звука.

§ 28. Число проигрываний, выдерживаемое граммофонной пластинкой в соответствии с § 14, определяется многократным проигрыванием на стандартном граммофоне или на эквивалентном обыгрывателе стальными граммофонными иглами средней громкости (ОСТ НКМ 4213), причем сравнение на слух с новой пластинкой и измерение шума производятся через каждые 20 проигрываний.

§ 29. Сравнение звучания граммофонной пластинки с эталоном производится на слух при проигрывании на стандартном граммофоне (ОСТ НКМ 20022) в звукоизолированном помещении. За эталон принимаются граммофонные пластинки из числа первых пробных, утвержденных к выпуску Художественно-техническим советом. Эталон считается годным до 20 проигрываний, после чего подлежит замене.

## Г. Маркировка и упаковка

§ 30. На этикетке граммофонной пластинки должны быть указаны все заменяющие маркировку данные, а именно:

- а) производственная марка,
- б) название исполняемого произведения,
- в) автор и исполнитель,
- г) порядковый номер записи и репертуарная группа,
- д) номер разрешения Главрепертком (Главного управления по контролю за зрелищами и репертуаром)

## Пластинки граммофонные шеллачные

ОСТ  
НКОМ 23018—39

§ 31. Каждая граммофонная пластинка должна быть помещена в отдельный бумажный конверт. Конверты с пластинками укладываются в картонные коробки. Каждая коробка обвязывается накрест увязочным шпагатом. Коробки в свою очередь упаковываются в деревянные ящики. На ящике должны быть нанесены надписи: «Предохранять от сырости! Не бросать! Не кантовать! Осторожно — бьется!»

Вес ящика не должен превышать 50 кг.

Примечание. Вместо указанной упаковки пластинки могут укладываться в альбомы.

§ 32. В каждую коробку граммофонными пластинками должен быть вложен сертификат, удостоверяющий соответствие пластинок требованиям стандарта.

## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абаза-Григорьев 79  
 Авдиев Я. 728  
 Авраменко Ю. 211  
 Аксберг Л. Ф. 595  
 Андреев Н. Н. 36  
 Аполлонова Л. П. 154  
 Аронова Ф. Б. 189, 198  
 Архангельский Я. Ф. 637  
 Асташенко А. И. 543
- Баев Н. А. 88  
 Баймаков Ю. В. 285, 291, 358  
 Барг Э. О. 177  
 Бардин А. Н. 339  
 Баташов В. 714  
 Беляев Н. М. 390  
 Беркенгейм А. М. 291  
 Биркман С. С. 305  
 Бирюков Н. Д. 312  
 Богословский Ю. 493  
 Болотинский Е. А. 670  
 Бродерсен Г. Г. 412
- Вальден П. И. 697  
 Вереvский Г. И. 41  
 Винокуров В. М. 244  
 Виторский В. К. 710  
 Владимирский А. 695  
 Волков З. В. 371  
 Воронцов С. 440
- Гавриленко А. П. 360  
 Гагарин А. 728  
 Георгиевич Г. 414  
 Гинзбург З. Б. 728  
 Гольдберг Г. А. 203  
 Гольц Л. Н. 309, 326  
 Горон И. Е. 94, 200, 551  
 Гребенщиков И. В. 339 с.л.  
 Григорьев А. П. 184  
 Гуревич Е. С. 412  
 Гутенберг В. 26
- Даванков А. Б. 184  
 Давиденков Н. Н. 586  
 Дерягин Б. В. 160  
 Дрейзен И. Г. 82, 115, 119, 205
- Дринберг А. Я. 444  
 Дроздов К. И. 122  
 Дубинкер Ю. Б. 595
- Евдокимов Б. А. 242  
 Егоров Г. Г. 448
- Забываев Е. И. 326  
 Зельдин А. 326  
 Зимин П. Н. 205  
 Зиновьев А. 541, 552
- Иванов А. И. 437, 524  
 Изгарьшев Н. А. 254, 261, 285, 305
- Казанский В. К. 715  
 Калиновская Н. А. 387  
 Канторович З. Б. 451  
 Капцов Н. А. 247  
 Каринцев Н. А. 684  
 Касаткин А. Г. 320  
 Катаев С. И. 663  
 Кащенко Г. А. 271  
 Кейко О. Г. 248  
 Келлер И. 439  
 Козлов П. 669  
 Короленко Н. К. 318  
 Крейцер Г. Д. 435  
 Кубаркин Л. 123  
 Кудрявцев Н. Т. 282  
 Кузнецов А. Н. 470  
 Кузнецов В. Д. 366, 586 с.л.
- Лазарев П. П. 373  
 Лайнер В. И. 282, 309  
 Ландау А. 654  
 Лапин Н. Д. 309, 326  
 Лауберг Ю. К. 242  
 Лебедев В. И. 686  
 Лермантов В. В. 677, 698  
 Либуркин Д. X. 439  
 Лисичкин С. М. 174  
 Лифшиц С. Я. 112, 115, 119  
 Лосев И. П. 184, 416, 543  
 Лукашевич К. 636  
 Лурье М. Ю. 446
- Любавин Н. Н. 395, 434  
 Лященко И. П. 288
- Макарьева С. П. 312  
 Маков С. А. 630  
 Максимов Н. 439  
 Максудов Д. Д. 159, 195  
 Калинин Р. 211  
 Маргаритов В. 370  
 Масленников В. В. 374, 376, 377, 383  
 Мельдау Р. 487  
 Менделеев Д. И. 586, 699  
 Метлин Г. А. 291  
 Мижуев П. Г. 684  
 Митяев В. К. 635, 636  
 Москвин Б. Н. 244  
 Мурашов М. 493
- Нарайн Б. 410  
 Настюков А. М. 391, 416, 417, 594  
 Наумов В. 274  
 Нейтуль Р. А. 437  
 Немировский Л. Г. 68  
 Никитин Н. И. 434  
 Ногин К. И. 434  
 Нудельман Г. Э. 449
- Одинг И. А. 574, 584  
 Орешкин И. И. 437  
 Орлов И. Е. 59  
 Орлов Н. Н. 291, 418  
 Ортин М. Ф. 451  
 Остроумов Г. А. 205
- Панасюк О. В. 636  
 Панфилов С. И. 211  
 Перельман Я. И. 59  
 Петров Г. С. 417  
 Петров П. П. 414  
 Пирожков Н. 440  
 Поспелов В. П. 48
- Рабинович А. 203  
 Радлов Н. 125  
 Радовский М. И. 698  
 Рахманинов 92  
 Ребиндер П. А. 339, 366, 371, 587  
 Регнер Е. И. 189, 198, 200, 248, 291, 354  
 Редикорцев В. В. 48  
 Рерберг Ф. И. 414  
 Ржевкин С. Н. 38, 39, 43, 46, 53, 57, 75, 79, 102  
 Ридель Ю. О. 88  
 Рожанский Д. А. 243, 247
- Ройзен И. С. 487  
 Ромадин В. П. 386, 387, 388  
 Руднева А. Ф. 437  
 Рымкевич П. А. 728  
 Рынин Н. А. 125
- Сандомирский И. А. 471  
 Саркисянц Т. А. 439  
 Светозаров 719  
 Скворцов 719  
 Смирнов В. А. 339  
 Смирнов С. Л. 704  
 Собинякова Н. М. 371  
 Соколов А. Я. 449  
 Станкевич Л. В. 485  
 Степанов Д. В. 288  
 Сукенников М. 704  
 Сукневич И. Ф. 543
- Тарханов И. Р. 48  
 Тимошенко С. П. 577  
 Тнщенко В. 434  
 Томсон Э. Г. 253  
 Третьяков А. Г. 585
- Успенский К. С. 636  
 Ушаков С. Н. 543
- Федоровский 695  
 Федотов О. Я. 184  
 Ферсман А. Е. 435  
 Фрейман Л. С. 25  
 Фрумкин Л. С. 595
- Харкевич А. А. 140, 205, 209, 630  
 Хвольсон О. Д. 23, 68, 160, 261, 339, 352, 708  
 Хоменко В. Б. 339
- Чельцов 699  
 Ченцова М. Г. 291  
 Чепелев Н. Ф. 719  
 Червенко 714  
 Черный И. А. 244
- Шипкин С. В. 184
- Щербаков Д. И. 435
- Эйлер Л. 45  
 Эйсуvович А. С. 189, 198, 601  
 Эйхенвальд А. А. 664 с.л., 712
- Якоби Б. С. 330, 359, 695, 696 с.л., 698  
 Яхин 595



**Abderhalden** 657  
**Abraham G.** 435  
**Aigner F.** 42  
**Aldis R. W.** 393, 423, 425, 426, 427  
**Allmand A. J.** 265  
**Andrewes H.** 144, 671  
**Angerer** 240 сл.  
**Arago** 697  
**Archbutt S. L.** 292  
**Ardenne N.** 631  
**Arndt W.** 409, 552  
**Arni H.** 220  
**Aubel** 285  
**Auerbach F.** 678  
  
**Bach** 84  
**Backhaus H.** 79, 109, 633  
**Badger W. L.** 319, 451  
**Bahntie P.** 287  
**Baird L.** 661  
**Balke P.** 542  
**Ballantine S.** 95, 207  
**Ballay M. M.** 306  
**Banbury** 471  
**Barattini A.** 307  
**Barkhausen** 44  
**Barlow** 679  
**Barner C. E.** 421  
**Barry T. H.** 410  
**Bartels H.** 648  
**Baum F.** 244, 245, 418, 420 сл., 424  
**Baumann E.** 416, 594  
**Beethoven** 48  
**Begun S. J.** 711  
**Békésy** 38, 43, 53, 55, 56, 119  
**Bell A. G.** 42, 680, 688  
**Bell C. A.** 687, 712  
**Bennet C. W.** 321  
**Berger R.** 121  
**Berliner A.** 247  
**Berliner E.** 680, 684, 688, 689, 690 сл., 692, 694, 700, 701 сл.  
**Berliner J.** 692  
**Berndt** 595  
**Bersancourt A.** 683  
**Bhattacharya R.** 421, 555  
**Biber L. R.** 639  
**Biddulph R.** 46  
**Billiter J.** 302  
**Billon** 312  
**Blake G. G.** 692  
**Blake S. F.** 371  
**Blum W.** 285, 292, 294, 304, 305  
**Blücher H.** 729  
**Borchardt** 639  
**Boudreaux** 252  
**Bötther** 695  
**Brady R. T.** 667, 671  
**Bragg J. G.** 116, 658

**Brandenburger** 493  
**Braun H.** 174  
**Braunmühl H. J.** 140, 216, 720  
**Brinell** 293, 583 сл.  
**Bryson H. C.** 174, 177, 184, 210, 347, 389, 433, 449, 455, 522, 523, 547, 548, 616, 649, 703, 728  
**Buchmann G.** 141, 161, 163, 164, 165, 645  
**Bunsen R.** 308, 695  
**Bush** 247  
**Bürck W.** 54  
  
**Carr T.** 699  
**Chamberlin G. E.** 394  
**Chang** 285  
**Chatterjee A. C.** 393  
**Citron L.** 114, 200  
**Clausmann** 312  
**Csiusius** 699  
**Cotton F. N.** 438  
**Cros C.** 681, 683, 684, 685, 688, 691, 713, 723, 724  
**Cymboliste M.** 311  
  
**Daguin P. A.** 679  
**Daniele** 695  
**Debye** 29, 251, 270  
**De-la-Rue** 695  
**Delecheneaux** 688  
**Denman R.** 729  
**Dieterich** 603  
**Dillge H.** 664  
**Dimon** 322  
**Dimroth** 413  
**Doelter** 390  
**Drechsel** 310  
**Dreisen O.** 655  
**Dufay P.** 683  
**Duhamel** 679  
**Dunn H. K.** 82, 547  
  
**Edison T. A.** 88, 151, 245, 246, 331, 371, 653, 676, 680, 682, 684, 685, 686 сл., 688, 692, 698, 708  
**Eine E. S.** 660, 668  
**Elliot F. A.** 316  
**Ellis C.** 536, 668  
**Engel J.** 719  
**Englisch E.** 124, 243  
**Evans U. R.** 358  
  
**Faber** 677  
**Falkenhagen H.** 270  
**Faraday M.** 253, 259, 697  
**Fechner G.** 41, 45, 46, 50  
**Fernald M. E.** 402  
**Fink** 285  
**Fischer A.** 276, 297, 320

**Fischer F.** 220, 660  
**Fletcher H.** 39, 49, 50, 51, 87, 122  
**Fortsmann A.** 628  
**Fourier** 23, 24  
**Förster F.** 304  
**Frank G.** 545  
**Frederik A. A.** 151, 164, 648  
**French E. A.** 245  
  
**Galton** 36  
**Galvani L.** 694  
**Gardner W. H.** 408, 421, 427, 553, 580, 600, 602  
**Garten S.** 716  
**Gault A. H.** 48  
**Gautier E.** 684, 713  
**Gaydon H. A.** 728  
**Geiger H.** 27  
**Genin G.** 434  
**Gecrgi K.** 302  
**Gibson C. R.** 728  
**Gidvani B. S.** 555  
**Giffard P.** 683  
**Glasstone S.** 261, 265  
**Glower** 119  
**Goldschmidt** 413  
**Goodwin** 286  
**Grandmougin E.** 414  
**Gredner F.** 288  
**Grove W. R.** 246  
**Grow G.** 531  
**Grube G.** 274, 288  
**Guichard** 312  
**Guillemain C.** 189  
**Günz O. L.** 708  
  
**Hadert H.** 423  
**Hamilton** 285  
**Hanson O. B.** 199, 200  
**Haring H. E.** 314  
**Harlow C. M.** 402  
**Harms E.** 216  
**Harries C.** 417, 419  
**Harrison H. C.** 151, 164, 210, 648  
**Hartmann C. A.** 208  
**Hartmann K.** 319  
**Hartner F.** 368  
**Hasbrouck H. J.** 667, 671  
**Hasenberg W.** 656  
**Hatschek P.** 250, 636  
**Hajek L.** 80  
**Heath G. D.** 555  
**Heddicke H.** 409, 552  
**Helmholtz H.** 65, 66, 99  
**Herbert** 586 сл.  
**Hertz H.** 20  
**Hiatt J. W.** 700  
**Hiatt S.** 700  
**Hiller** 554

**Hippel** 247  
**Hirsch M.** 446  
**Hirtz H.** 602  
**Hittorf** 246  
**Hock L.** 368  
**Hogaboom G.** 292  
**Hohier H. O.** 292  
**Hooke R.** 16, 19  
**Hooker** 398, 400  
**Hormann E.** 711  
**Horsch W.** 286  
**Hothersall** 293  
**Houston E. V.** 688  
**Houwink P.** 363, 365, 367, 429  
**Höberstad T.** 329  
**Huber** 360  
**Hubert** 684  
**Hunt F. V.** 228, 643, 663  
**Hübl** 287  
  
**Jacquet P.** 275  
**Janovsky W.** 54, 64, 103, 104  
**Joannis A.** 252  
**Johnson E. R.** 692  
**Jordan V.** 118, 660  
**Joung F.** 678  
  
**Kaiser H.** 238, 321, 345, 359  
**Karter H.** 699  
**Kasper C.** 305  
**Kastner** 695  
**Keller A. C.** 667  
**Kellogg E. W.** 226, 630  
**Kempeien W.** 677  
**Kern** 285  
**Kerr** 394  
**Ketterer** 657  
**Kiesewetter W.** 158  
**Klatte** 700  
**Klein E.** 654  
**Kluth H.** 669  
**Knoke J.** 319  
**Knudsen V. O.** 38, 43, 46, 47, 78, 81, 86, 113, 114, 118, 121, 153, 154, 201  
**Kohlschütter V.** 247, 329  
**Kommon** 195  
**Kotowski P.** 54, 164, 165, 642 сл.  
**Kouse** 285  
**König R.** 679  
**Krahl P.** 595  
**Kratzenstein H. A.** 677  
**Krähenbühl** 329  
**Kreighton H. J.** 253, 261, 300  
**Krüger F.** 304  
**Küchenmeister** 651  
**Küpfmüller K.** 229  
  
**Ladenburg A.** 697  
**Laird D. A.** 78, 716

- Lambrigot 688  
 Lane C. E. 53  
 Lanthony 312  
 Laplace 27  
 Leblanc 255, 262  
 Ledoux E. 446  
 Lenz M. 721  
 Lewis D. 102  
 Lewis W. K. 451  
 Leysieffer G. 542  
 Lichte H. 54, 221, 660  
 Lieben R. 714  
 Liebreich 309  
 Lindsay D. C. 4'6  
 Lindsay H. A. 402  
 Lion 651  
 Lioret 708  
 Lothar R. 128, 560, 646, 654, 656, 682, 728  
 Lueder H. 74  
 Lübcke E. 132  
 Lüdy F. 415  
  
 Macchia O. 243  
 Mac Nair W. A. 119  
 Mahdihassan S. 394, 395, 431  
 Marage 101  
 Marcusson I. 435  
 Marr O. 446  
 Martens 581, 592 сл.  
 Massa F. 105, 207, 633  
 Mauermann O. 316  
 Maxfield J. P. 201, 210  
 Mayer F. 414  
 Mc Adams W. H. 451  
 Mc Cabe W. L. 319, 451  
 Mehdorn W. 594  
 Mertens W. W. 419  
 Mester O. 660  
 Meunjer V. 682  
 Meyer E. 69, 81, 118, 141, 161, 163, 164, 165, 645, 660, 709  
 Miller D. C. 715, 718  
 Millikan R. A. 252  
 Mislowitz E. 268  
 Misra C. S. 402  
 Monnot M. P. 683  
 Morgan A. R. 226  
 Mörts R. M. 199  
 Mozart 113  
 Munson F. 51  
 Müller E. 287, 309, 310  
  
 Nagel W. 416, 417, 418, 419, 420 сл., 424, 554, 588, 594  
 Napier 44  
 Náray-Szabo S. 422  
 Naserischvili 710  
 Naumann M. 575  
  
 Nernst W. 255, 276, 714  
 Nesper E. 236, 702, 728  
 Neuburger M. C. 273  
 Nikisch A. 119  
 Noack F. 718  
  
 Obst W. 555  
 Odell A. F. 242  
 Ohm G. S. 52, 265  
 Oersted H. K. 697  
 Ollard 293, 325, 346  
 Olney B. 627  
 Olson 31, 206, 207, 632  
  
 Parry E. J. 393, 404, 589, 603  
 Partington J. R. 21  
 Parzer-Mühlbacher A. 667, 709  
 Pax F. 409, 552  
 Perrin J. 252  
 Peters 657  
 Petter E. L. 292  
 Pfanhauser W. 240, 287, 306, 307, 309, 313, 331, 356, 541  
 Philipi 285  
 Phytherch W. F. 2'2  
 Piciii 697  
 Pierce J. A. 228, 643, 663  
 Piersol R. L. 315  
 Pisko F. J. 678, 723  
 Pivoda C. 541  
 Pogany 251  
 Poggendorff 685  
 Pohl 251  
 Portevin A. 311  
 Poulsen V. 709  
 Pringsheim P. 251  
 Pyhäälä 434  
  
 Ranganathan S. 425, 426  
 Rangaswami M. 425, 427  
 Ranger R. H. 669  
 Rayleigh 31  
 Reger S. N. 102  
 Reinoso 285  
 Reko V. A. 184, 541, 542, 701, 726  
 Réomur 582  
 Reuss V. 274, 288  
 Rhumer E. 711  
 Richardson 285  
 Riesz R. 38  
 Ritchie W. 697  
 Rockhill J. 701  
 Rosin 388  
 Rosenberger F. 694  
 Rosenthal L. 701  
 Rossen H. 717  
 Röhrs 542  
 Russel O. 76  
 Rust N. M. 711  
  
 Sabine W. 116 сл.  
 Savart 16, 19  
 Salauze L. 293  
 Saliger R. 391  
 Samsoen M. O. 427  
 Sanders J. 701  
 Sändig K. 540  
 Schaefer 29  
 Scheel K. 27  
 Scheiber J. 540  
 Schleicher A. 276, 297, 320  
 Schmaltz G. 58  
 Schob 590, 522 сл.  
 Schower E. 46  
 Schüller E. 709  
 Schwartz 288, 673  
 Scott J. R. 433, 437  
 Scott L. 679  
 Scripture E. W. 657  
 Scroggie M. G. 631  
 Sears 29  
 Severin E. 648  
 Sen H. K. 555  
 Seymour H. 728  
 Sivian L. J. 82  
 Sieverts A. 287, 354  
 Skowronsky 285  
 Smith E. L. 78, 247, 716  
 Smoluchowski 431  
 Snow W. B. 90  
 Sommerfeld A. 390, 455, 569, 573  
 Spenser 697  
 Sreenivasaya M. 400  
 Stark J. Z. 247  
 Stebbing E. P. 396  
 Stehli G. 396  
 Steinkopf T. 423  
 Stille C. 711  
 Stock E. 404, 407, 411, 414, 422  
 Stokowsky L. 122 сл.  
 Straus R. 115  
 Stumpf C. 53, 87, 88  
 Sturgeon 697  
 Suter A. F. 555  
  
 Tamann 272, 288, 294, 373, 429, 442  
 Tamre K. E. 364  
 Taylor 285  
 Tellier J. 683  
  
 Thakur A. K. 408  
 Thomas C. T. 304, 305  
 Thompson 285, 301, 305  
 Treadwell F. P. 269  
 Tronstad L. 329  
 Tschirch A. 393, 397, 404, 407, 411, 414, 415, 417, 421, 422, 554  
 Tümmel H. 107  
  
 Valenta E. 683  
 Vellinger E. 371  
 Venugopalan M. 555  
 Verlaïne P. 683  
 Verman L. C. 422, 429, 430, 590  
 Vicat 590 сл.  
  
 Wagner R. 113  
 Wagner K. W. 83, 168, 216, 389  
 Wacker K. 631  
 Waetzmann 120, 216  
 Walker J. 284  
 Walker W. H. 451  
 Webb G. W. 154, 622, 634, 635, 647, 728  
 Weber E. H. 40 сл.  
 Weber H. 395, 396  
 Weber W. 678  
 Wegel R. L. 53  
 Weichelt A. 563  
 Weinberger H. 421  
 Wente 206  
 Wernicke W. 245  
 Wetzel R. 621  
 Wheeler 485 сл.  
 White S. D. 82  
 Wiedebourg 296  
 Wiegand W. 368  
 Wien W. 216  
 Wiesner 174, 176  
 Williams V. 184  
 Wilson G. 649  
 Wilson P. 154, 622, 634, 635, 647, 728  
 Wippelmann W. 287  
 Wood A. 58, 65, 101  
 Woolrich J. S. 697  
 Wolff H. 174, 403, 421, 422, 424  
 Wollmann R. 728  
 Worden E. C. 543

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адаптация 55  
Адаптер 628—631, 693, 724  
— восковой 217 сл., 226  
Аккомодация 54  
Аккумулятор гидравлический 532  
Активность наполнителя 368  
Акустический закон Ома 52  
— спектр 69  
Алейритиновая кислота 417  
Амплитуда 143  
Амплитудная характеристика 96  
Артикуляция 85, 114 сл.  
Аудиограмма 50  
Аутофоны 676, 721
- Бар 32  
Барит 368, 389, 436  
Бенбери 471, 474, 614  
Биения 63  
Бинауральный эффект 57  
Блик 141, 144 сл.  
Бой 479  
Болевая граница 47  
Бронзирование 239  
Бурат 457  
Бутеа 398 сл., 554  
Буферное действие в электроли-  
тах 270  
Бэр 399
- Вазелин 182  
Вальцы смесительные 468, 470, 699  
Ванны гальванические 316, 323, 328  
Весы автоматические 464  
Взрывоопасность 485  
Виброскоп 679  
Винилит 538, 542, 552, 556  
Винсол 434  
Влагоудержатели 444  
Водородное перенапряжение 261  
Воздух в массе 376  
Воздушная сепарация 459  
Волокно 442  
Восковой сплав, компоненты 178—  
183  
— составление рецепта 176  
— требования 175
- Вредный угол тонарма 623  
Время наличия 55  
— реакции 54  
— стандартной реверберации 109  
— установливания 55  
Вспучины на восковом сплаве 194  
Выдав 528  
Выводная канавка 133, 222  
Вынужденные колебания 33  
Вырыв 527  
Выход по току 259
- Гальваническая перепись 231  
Гальванотехники история 694  
Гарантийный промежуток 137  
Гармоника 60  
Гармоническое колебание 20  
Гарь 525  
Герц 20  
Гидравлическое давление 507, 531,  
698  
Главный звуковой канал 211  
Гласные 76 сл., 87  
Глубинная запись 126, 149  
Глухой звук 94  
Говорящая бумага 719  
— машина 676, 724  
Голос, полярная характеристика 61,  
75 сл., 79, 81, 204  
Граммфон, история 688—691, 723  
— полярная характеристика 637  
— частотная характеристика 636  
Граммфонная пластинка, ацетил-  
целюлозная 545, 552  
— вес 529  
— винилитовая 542—544, 552  
— выпуск 703—705  
— демонстрационная 658  
— для испытания слуха 38  
— долгоиграющая 146  
— изготовленная маканием 550  
— измерительная 658  
— износостойкость 647  
— имитационная 655  
— кинопроводящая 660, 714  
— классификация по типам 535  
— металлическая 541
- Граммфонная пластинка, пря-  
мого воспроизведения 667—669,  
725  
— размеры 128 сл.  
— слоистая 545—550, 571  
— стеклянная 541, 700  
— съедобная 541  
— типографская 718  
— тролитовая 542  
— шоколадная 542  
— целлулоидная 545, 701  
— частотный диапазон 92  
— эбонитовая 701  
Гранатлак 408  
Гранулометрический анализ 601  
Графитирование 237  
Графический звук 722  
Графофон 688  
Громкость разных звуков 81  
— несоответственная 106
- Дезинтеграторы 449  
Декапирование 335  
Дендриты 276  
Депассивирующие добавки 302  
Деполаризаторы 264  
Деполаризованные аноды 307  
Децибелл 42  
Диаграмма уровней 230  
Диапазон частотный 86, 89  
Диктофон 723  
Динамика звукового процесса 80  
— исполнения 82  
Динамический диапазон 166, 216, 218  
Диссонанс 65  
Дифтонфактор 100  
Диффракция звуков 31  
Диффузионный слой 276  
Длина волны 28  
— записанная 135  
Длительность звучания пластинки  
132, 611  
Дозирование 463  
Дом Звукозаписи 200, 706  
Дробильные валки 448  
Дробление 448—451  
Дубликатор 231 сл.
- Железо 358 сл.
- Закон Джоуля-Ленца 266  
— Ома акустический  
— электротехнический 265  
— Фарадея 252  
Замкнутая канавка 223, 225  
Заполировка 527  
Затухание колебаний 34  
Затяжка 277, 325  
Звонкий звук 94
- Звуковое давление 31  
— поле 116  
Звукозапись магнитная 709  
— механическая 199, 227 сл., 708  
— оптическая 711  
— электрохимическая 714  
Звукоизоляция 119 сл.  
Зона слуховых ощущений 48
- Игла вечная 646  
— деревянная 645  
— для записи пластинок прямого  
воспроизведения 670  
— стальная  
Иммутизаторы 444  
Инструменты музыкальные 62, 69  
сл.  
Искусственные смолы 536, 538 сл.,  
540  
Испытание на излом динамическое  
571—574  
— статическое 575—579  
— истечения 589  
— на твердость 580—587  
— теплостойкости 590—594  
— электроакустическое 595
- Каландр 475, 477  
Калькуляция 617  
Канавка 17, 150  
— профиль 127, 150  
— сдвиг 527  
— холостая 133  
Канделильский воск 176, 180  
Канифоль 405, 430, 434  
Карнаубский воск 176, 180  
Катодное распыление 245  
Катодный процесс 274  
Катоды, вращение 320  
— крепление 321  
Кинематика пластинки 17  
Китайский воск 177, 179  
Клапан гидравлический 509  
— пароводяной 507  
Клирфактор 100, 105, 349  
Кноплак 408  
Колебательное движение 19  
Колесо Савара 16  
Кольцевые мельницы 451, 459, 460  
Комбинационные тоны 99  
Комната эхо 231  
Компандорный метод 230  
Конверг для пластинки 565  
Консонанс 65  
Контроль воскового диска 195  
— гальванического процесса 328  
— числа оборотов граммофона 618  
Концентрация водородных ионов  
268

Концентрация тока 268  
 Копал 432 сл.  
 Костяной уголь 441, 463  
 Коэффициент выгодыности наполни-  
 теля 377  
 — заполнения 380  
 — использования энергии 265  
 — нелинейных искажений 100  
 — размножения 235  
 — скважности 382  
 — текучести 363  
 — температуропроводности 499  
 Красящие вещества 443  
 Кремнезем 436  
 Кривая маскэффекта 53 сл.  
 — распределенна порошков 386  
 Кристаллит 272  
 Кромка 477  
 Кроющая способность 282  
 Кулачковое управление 502

Лаборатория Звукозаписи государ-  
 ственная союзная 114, 123  
 Лаккаиновая кислота 413  
 Линейные искажения 93  
 Линейная скорость фонограммы 135

Магнитная сепарация 462  
 Маскирование 53, 65, 102, 104 сл.  
 Массы дефекты 523  
 Маршаллит 437  
 Матрица 172, 726  
 — дефекты 526  
 — железная 358  
 — прессовая тиражность 236  
 Медное отложение 283—299  
 Медный электролит, примеси 284  
 сл., 298  
 Межкристаллитное вещество 272  
 Мембрана 634, 725  
 Металлический звук 94  
 Мегод ищущего тона 72  
 — Коммона 195  
 — Кремер-Сарноу-Нагеля 432, 588  
 — облучения 524  
 Микросиловые линии 354  
 Микроструктура меди 228—291, 355  
 — никеля 303  
 — хрома 311 сл.  
 Микрофон конденсаторный 205  
 — ленточный 206  
 — расположение 202  
 — направленность 204  
 Микширование 163, 215 сл., 228  
 Миньяо 404  
 Модуляция (музыкальная) 68  
 Молотковые дробилки 448  
 Монтанский воск 184  
 Мощность звука 32

Мощность речи 81  
 Муар на пластинке 146

Напайка 345  
 Наполнители 435, 438  
 — размер частиц 389  
 — свойства 378 (табл.)  
 — удельная поверхность 388  
 Натуральность звучания пластинки  
 123  
 Нафталинсульфокислота 291  
 Нелинейные искажения 96  
 — — слухового аппарата 101  
 — — восприятие 103  
 Немер 44  
 Никелевое отложение 299—308  
 — очко 234  
 Никелевый электролит, примеси 305  
 Номограмма медного отложения 298  
 — никелевого отложения 308  
 — хромового отложения 317

Обезжиривание 334  
 Обертон 60, 68, 100  
 Обработка матрицы 522  
 Образцы для механических испы-  
 таний 569  
 Обратимость записи 14, 681  
 Обрезка оригиналов 348  
 Обточка воска 190  
 Объемный эффект 121  
 Озокерит 177, 180  
 Оксидирование 331  
 Октава 66  
 Олеаты 183  
 Опыты Стоковского 122 сл., 228  
 Оригинал 172  
 Ортофон 718  
 Основной тон 60, 100  
 — — музыкальной настройки 68  
 Острога слуха 43  
 Отбор средней пробы 568  
 Отливка воска 188 сл.  
 Относительно напряжение шипе-  
 ния 165 сл.  
 Отражение звука 30  
 Отслаивание никеля 304  
 Охлаждающий конвейер 478

Палас 399  
 Панк 404  
 Парафин 177, 181  
 Парциальный тон 60  
 Пассивность металлов 264  
 Паяльная вода 347  
 Пек 435  
 Период колебаний 20  
 Перемешивание электролита 319  
 Перепиль пластинок 231

Песок 383 сл., 435  
 Пики 94  
 Питтинг 304  
 Плавание звука 152  
 Планировка предприятия 606  
 Пластичность 362  
 Плита паровая 521  
 Плотность записи 130 сл.  
 — тока 267  
 Плунжер 510  
 Повторитель проигрывания 651  
 Поглощение звуков 116  
 Показатель текучести 363  
 Полировка 336, 341  
 Поляризация 259—264  
 Поперечная запись 126, 680, 688  
 Порог слышимости 39  
 — текучести 363  
 Пригар 527  
 Принципы электромеханических ана-  
 логий 210  
 Предельный ток 263  
 Пресс гидравлический 512, 520, 699  
 Прессование 488—492  
 — режим 501 сл.  
 Прессформа 493, 501, 511  
 Проводящий слой (ПС) 170, 236—252  
 Проецирование звуков 59  
 Процесс устанавливания 35  
 Психо-физический закон 40 сл., 51  
 Пузырь 379, 524  
 Пчелиный воск 177 сл.

Разборчивость речи 85, 88  
 Разделительный слой (РС) 172,  
 328—334  
 Разностный тон 99  
 Распределение металла 280  
 — тока 279  
 Рассев 458  
 Рассеивающая способность 280  
 Расход энергии на электролиз 265  
 Реверберация 109, 122  
 — оптимальная 113 сл., 200  
 — суммарная 200  
 — эффективная 203  
 Резец для записи (пластинок пря-  
 мого воспроизведения) 670  
 — — — (промышленный) 210  
 — — — шлифовки 193  
 Резонанс 33 сл.  
 Резкий звук 94  
 Рекордер 209, 223  
 Реле пауз 232  
 Репертуар 609  
 Репефоны 677, 721  
 Репродуктор 632 сл.  
 Рецепт пластиночной массы 391 сл.,  
 463

Речь, длительность звуков 112  
 — разборчивость 85  
 — частотный состав 77  
 Рукавный фильтр (бега) 461, 486  
 Рупор 635  
 Ряд напряжений 256

Сажа 368  
 Свободные колебания 33  
 Сидлак 405, 408  
 Сила звука 30  
 Силовые линии 279  
 Сита 452—455  
 Сито плоское 456  
 Скважность 380  
 Скорость звука 26  
 Скрап 479  
 Сложные звуки 52  
 Сложный тон 60  
 Слуховая память 46  
 Слух, нелинейные искажения 101  
 — острога 43  
 — пределы по частоте 24, 36 сл.  
 — сосредоточенность 58  
 — тонкость 45  
 — утомление 55  
 Смазывающие вещества 444, 474  
 Смеситель Байера 466  
 Смешение 464—467, 478  
 Смолеомкость 374, 376  
 Собственная частота колебаний 33  
 Согласные 80, 87  
 Согласование характеристик 96  
 Сосредоточенность слуха 58  
 Спарка 134, 610  
 Спектр силовой 69  
 — шипения 161 сл.  
 Спермацет 178  
 Срезание шипения 228  
 Станок для записи 218 сл.  
 Стеарагы 182 сл., 444  
 Стеариновая кислота 179  
 Стеарон 183  
 Стереоакустическая ориентировка  
 57  
 Стоячие волны 31, 115  
 Строй музыкальный 66 сл.  
 Студия 799  
 Субъективные обертоны 102  
 Суперцентрофуга Шарплес 186  
 Сушка 445 сл.  
 Схема материального потока 481  
 Сыпь 526  
 Сэбин 117

Таблетки 475  
 Твердость 366, 580 сл.  
 Текучесть 362  
 Тембр 61  
 Температура размягчения 365

- Темперированный строй 68  
 Теорема Фурье 23 сл.  
 Термостаты для восковых дисков 197  
 Техника безопасности 486, 614  
 Технологические пробы 603  
 Технологическ. процесс, деление 169  
 — — изготовления матриц 234 сл., 350 сл.  
 — — — подготовительн. цеха 482 - 484  
 — — — схема производства 170  
 Тонконтроль 212 сл.  
 Тон основной 60  
 — — слитный 217  
 — — суммовой 99  
 Тракт 211  
 Угловая частота 20  
 Укрепляющее действие наполнителя 368  
 Упаковка пластинок 558  
 Уравнение Нернста 253  
 Уровень громкости 50  
 — — ощущения 51  
 — — силы звука 50  
 Устанавливание звуков 108 сл.  
 Утомление слуха 55  
 Фаза, восприятие 52  
 — — колебания 20, 57  
 Фидер 464  
 Флок 443  
 Фон 43 сл.  
 Фонограмма 134 сл., 137, 141  
 Фонограф 680, 684—687, 723  
 Фоноаутограф 679  
 Форманта 75  
 Формат пластинки 128  
 Формоустойчивость 367  
 Фотографофон 711  
 Характеристика полярная 204  
 — — помольная 386  
 — — ситовая 385  
 — — частотная 93, 140  
 Химическая металлизация 239  
 Хлорированный нафталин 183  
 Хромовое отложение 308—316  
 Хромовый электролит, примеси 310  
 — — — кривые поляризации 313  
 Центрирование 342  
 Центровое отверстие пластинки 529, 551  
 Центрофугал 458  
 Церезин 177, 180  
 Циркуляция 318  
 Частота колебаний 20  
 Частотная кривая реверберации 117 сл.
- Чистый строй 67  
 Шаг канавки 131, 224  
 Шаровые мельницы 450  
 Шелла 345  
 Шеллак, анализ 602  
 — — дегполимеризация 427  
 — — плавление 429  
 — — плесневый грибок 431  
 — — поведение при нагревании 424  
 — — полимеризация 424  
 — — применение 412  
 — — прочность 430  
 — — районы добычи 401  
 — — растворимость 422  
 — — реполимеризация 427  
 — — сорта 408 сл.  
 — — тепловое расширение 427  
 — — теплопроводность 430  
 — — TN 405 сл., 409, 429  
 — — характерные числа 423  
 — — экономика 411  
 Шеллакающие насекомые 393—397  
 Шеллакофильность 371  
 Шеллачный воск 178, 396, 416, 444  
 Шеллачная смола, строение 416 сл.  
 — — — частичный синтез 554 сл.  
 Шеллолевая кислота 418 сл.  
 Шероховатость звука 64  
 Шипение пластинок 58, 157  
 — — — измерение 596 сл.  
 Шифер 437, 463  
 Шлифовка борта 557  
 — — воска 192  
 Шлейхера 399  
 Шумы 78  
 Экранирование 282, 322  
 Экспандер 230  
 Эксцентриситет 152, 528  
 Энергия гармонического колебания 22  
 — — упругости 367  
 Электропроводность медного электролита 286  
 Эмульсия протирочная 522  
 Эритролакции 414  
 Этикетка, дефекты 523  
 — — изготовление 561—564  
 — — снятие с пластинки 447  
 — — стробоскопическая 620  
 Эфиры целлюлозы 537  
 Эффект расстояния 203  
 Эхо II  
 — — опережающее 184  
 Ююба 399, 554  
 Японский воск 177, 179

# ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По вине
150	28 снизу	глубиной	глубинной	тип.
198	11 сверху	Изменение	Измерение	авт.
394	1 снизу	hadia indica,	Lakshadia indica	тип.
530	рис. 229	перевернут		•
551	3 сверху	предположениях	предложениях	корр.
717	3 снизу	записи <sup>205</sup> ).	записи <sup>205</sup> ). В СССР этот	авт.
			способ предложен	
			Скворцовым.	
719	2 сверху	в СССР (Скворцов и	в СССР <sup>209</sup> ).	•
		Светозаров) <sup>209</sup> ).		

СЧАСТЬЕ  
ИЗВЕЩАНИЕ

И. Р. Е. И. Р. Р.

ГРАММОФОННАЯ  
ПЛАСТИНКА