

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА МОССОВЕТА

В 30
1402

АВТОБУСЫ НА СЖАТОМ СВЕТИЛЬНОМ ГАЗЕ (ГАЗОБАЛЛОННЫЕ АВТОБУСЫ)

Инж. Г. Н. ДЕГТЕРЕВ

МОСКВА — 1939

B $\frac{30}{1402}$

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА МОССОВЕТА

АВТОБУСЫ НА СЖАТОМ СВЕТИЛЬНОМ ГАЗЕ (ГАЗОБАЛЛОННЫЕ АВТОБУСЫ)

Инж. Г. Н. ДЕГТЕРЕВ

МОСКВА — 1939

В настоящем издании приводятся результаты работ Института по вопросу о рациональном использовании газобаллонных автобусов. Ввиду новизны вопроса и отсутствия в печати материалов, дающих комплексное освещение вопроса о газобаллонном автотранспорте, в книгу введен ряд глав, составленных по данным отечественного и иностранного опыта, об общих принципах устройства и работы газобаллонных автомобилей, об организации газового снабжения и т. д.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников автохозяйств, студентов автомобильных вузов и техникумов, а также на работников топливной промышленности.

1. ВВЕДЕНИЕ

Советский Союз является одной из ведущих стран мира по нефтедобыче и обеспеченности нефтеносными недрами. Советские нефтяные промыслы дают ежегодно миллионы тонн жидкого горючего, идущего на удовлетворение нужд бурно растущего автотракторного парка и воздушного флота. В то время как Западно-Европейские страны и особенно фашистские страны, ведущие бешеную подготовку к очередной агрессии, озабочены проблемой автаркии и спешно отыскивают любой ценой суррогаты, заменяющие нефть и ее производные, — СССР может свободно развивать нефтяную промышленность. И тем не менее, никто не снимает с наших хозяйственников, инженеров и конструкторов задачи использовать местное топливо в условиях, когда это может дать прямую экономию, освободить транспорт от дальнотранспортных нефтеперевозок и сохранить нефть для тех потребителей, для которых она является совершенно незаменимой.

Общеизвестно, какое внимание правительство и партия оказывают проблеме газогенераторных автомобилей, уже начинающих завоевывать себе прочное место в нашем автопарке. Газогенераторный автомобиль с успехом разрешает задачу использования местных топлив, потребляя древесные отходы, обрабатываемые на самом автомобиле в генераторный газ, который питает двигатель автомобиля. Наряду с генераторным газом насчитывается целый ряд газов, также с успехом используемых в качестве горючего для автомобильного двигателя, но не продуцируемых на самом автомобиле, а производимых промышленностью или встречающихся в природном состоянии. Наличие таких газов расширило рамки применения газовых автомобилей за счет машин, оборудованных специальной аппаратурой и снабженных баллонами для запаса газа на автомобиле.

Запасаемый в баллонах газ предварительно подвергается сжатию с целью уменьшения объема. Некоторые высокосортные газы — пропан, бутан и их смеси, сжимаясь обращаются в жидкое состояние. Такой природный газ, как метан и промышленные газы, как доменный, светильный, водяной и пр., даже под чрезвычайно высоким давлением остаются не сжижаемыми. Поэтому об автомобилях на сжатом газе (в дальнейшем называемых газобаллонными автомобилями) нельзя говорить как о конструктивном единообразии. В зависимости от рода газа газобаллонный автомобиль имеет те или иные конструктивные особенности и, по большей части, самостоятельную сферу применения. Автомобили на природном газе уже работают в богатых естественным газом районах Приазовья. Автомобилям на доменном

Редактор С. С. Войт

Сдано в набор 15/V 1939 г.

Формат бум. 62×941/16

Уполи. Мособлгорлита В—6886

Печатн. листов 5

Заказ № 3064.

Учетн. авт. лист. 6

Тир. 1650.

Центр. тип. НКО СССР им. Клина Ворошилова, Москва, ул. Маркса и Энгельса, 17

газе предстоит богатое поле деятельности в металлургических районах. В городах, располагающих заводами бытового, светильного газа, может быть налажена массовая эксплуатация автотранспорта на светильном газе, если газовые заводы имеют большую резервную мощность, причем, если производство газа ведется на базе низкосортных углей и нефтяных отходов, то такая эксплуатация становится особенно экономичной.

Организация работы автотранспорта на сжатом светильном газе требует соответственного дооборудования стандартных бензиновых автомобилей, подготовки энергетического хозяйства (сети газозаправочных станций) и специального эксплуатационного обслуживания. Однако при низкой стоимости светильного газа, значительное уменьшение расходов на горючее может оправдать все дополнительные издержки и сделать эксплуатацию газобаллонных автомобилей экономически эффективной. Преимущественно городской характер применения автомобилей на светильном газе и привязка их в процессе эксплуатации к строго фиксированной сети газозаправочных станций заставляет заострить изучение вопроса в первую очередь на газобаллонных автобусах. Автобусы, как маршрутизированный вид транспорта, курсируют в пределах постоянного маршрута и поэтому избавлены от неудобств при необходимости заправляться у небольшого числа фиксированных станций, если эти станции будут распределены в соответствии с автобусными маршрутами.

2. ГОРОДСКОЙ СВЕТИЛЬНЫЙ ГАЗ, ЕГО СОСТАВ, ПРОИЗВОДСТВО И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Светильный газ, используемый в качестве топлива для газобаллонных автомобилей, по своему химическому составу ничем не отличается от газа, вырабатываемого городскими газовыми заводами для бытовых и промышленных целей. Городской газ, по преимуществу, является продуктом сухой перегонки каменного угля при температуре 900—1200°С¹.

Существенным звеном в процессе производства газа является его очистка от вредных примесей, в частности от сероводорода и аммиака. В окончательном виде городской газ представляет собой смесь окиси углерода, метана, водорода и углекислоты, с незначительным дополнением кислорода, не дающего тепла азота и, наоборот, высокотеплостворных углеводородов — пропилена и бутилена.

Процентное содержание углеводородов можно варьировать, изменяя степень присадки к каменноугольному газу нефтяного газа, богатого тяжелыми углеводородами. На примере московского городского газа, который обогащается присадкой нефтегаза, ведущейся в колеблющихся размерах, можно видеть, какое влияние на теплотворную способность

¹ Иногда городской светильный газ представляет собой смесь каменноугольного газа с водяным газом. Водяной газ получается в результате обдувания раскаленного до-бела кокса струей водяного пара.

газа оказывает наличие в его составе углеводородов типа пропилена и бутилена (табл. 1).

Таблица 1

Состав и теплотворная способность московского городского светильного газа

Составные компоненты	Процентное содержание каждого компонента	Теплотворная способность каждого компонента в кал/м ³	Теплотворная способность данного компонента в кал/м ³ свет. газа	
			При содержании C ₃ H ₆ —100%	При содержании C ₃ H ₆ —50% C ₄ H ₈ —50%
1. Не дающие тепла компоненты: CO ₂ (углекислота) и N ₂ (азот)	27,5	—	—	—
2. CO (окись углерода)	20,0	2 800	560	560
3. CH ₄ (метан)	15,9	7 820	1 242	1 242
4. H ₂ (водород)	27,6	2 360	652	652
5. C ₃ H ₆ (пропилен)	8,6—4,3	19 100	1 642	821
6. C ₄ H ₈ (бутилен)	0—4,3	24 850	—	1 069
Итого	100	—	4 096	4 344

Примечание. Кроме перечисленных компонентов в состав газа входит также кислород O₂ в количестве 0,6—1,0%.

В среднем теплопроводная способность московского светильного газа составляет 4 200 кал/м³. При дальнейшем, сверх указанного в табл. 1, увеличении процентного содержания бутилена можно рассчитывать на повышение калорийности светильного газа до 4 600 кал/м³. Некоторые данные о других видах горючих газов приведены в приложениях I—III.

Выпускаемый газовыми заводами или газгольдерами светильный газ распределяется по городу по специальным газопроводам. В небольших городах давление в газопроводах достигает 40—200 мм водяного столба. В крупных городах давление в трубах значительно выше и достигает 3 500 мм (Москва) и даже 5 000 мм в. ст.

Производство городского газа в США и в Западной Европе достигло внушительных размеров, ежегодно исчисляемых сотнями миллионов кубометров. В СССР газовая промышленность находится в стадии

быстрого роста: в разных частях страны строятся мощные заводы светильного газа. Производство светильного газа в Москве превысило 100 млн. м³/год.

Еще более широкими представляются перспективы в отношении производства в СССР коксового газа, сходного по своим свойствам с городским светильным газом.

3. СВОЙСТВА СВЕТИЛЬНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ГОРЮЧЕГО ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В карбюраторном двигателе жидкое горючее для получения рабочей смеси должно быть предварительно подвергнуто распылению и испарению. Образование рабочей смеси светильного газа с воздухом происходит несравненно проще: оно не требует сложных карбюраторных устройств и обеспечивает быстрый и легкий запуск двигателя вне зависимости от климатических условий и при любой внешней (низкой) температуре.

Сгорание смеси газа с воздухом происходит полное и бездымное, не в пример бензиновым двигателям, особенно работающим на низких сортах бензина (это свойство светильного газа нужно специально подчеркнуть, говоря о газобаллонных автобусах). Сгорание смеси газа с воздухом сопровождается меньшим образованием нагара, чем на бензине.

Работа двигателя на смеси газа с воздухом благоприятно отзывается на состоянии смазки двигателя, которая не подвергается разжижению.

Наряду с перечисленными достоинствами, применение газа в качестве топлива для автомобильного двигателя может при известных условиях сопровождаться и отрицательным явлением, заключающимся в снижении эффективной мощности двигателя.

Выше (глава 2) были приведены данные о теплотворной способности московского городского газа, которая в среднем составляет 4 200 кал/м³. Вес 1 м³ газа (при 15° С и 736 мм рт. ст.) равен примерно 0,9 кг. Таким образом, теплотворная способность 1 кг газа составляет около 5 000 кал/кг. Напомним, что теплотворная способность бензина не опускается ниже 10 000 кал/кг и лишь для плохих сортов бывает ниже 11 000 кал/кг.

Введение в расчет величины количества воздуха, необходимого для сгорания 1 кг светильного газа и образования рабочей смеси при неизменной конструкции двигателя, также оказывается не в пользу газа.

Калорийность 1 м³ смеси газа с воздухом определяется, как известно, по формуле:

$$H_g = \frac{H_U}{1 + \alpha L_0}$$

где:

H_g — искомая калорийность рабочей смеси,

H_U — низшая теплотворная способность газа (4 100 кал/м³),

L_0 — теоретически потребное для сгорания количество воздуха (около 4,4 м³/м³),

α — коэффициент избытка воздуха.

Величина αL_0 представляет собой практическое количество воздуха, идущее при сгорании на соединение с 1 м³ газа и увеличивающееся по мере увеличения степени сжатия ϵ в двигателе. При величине степени сжатия $\epsilon = 4,6$ величина αL_0 приблизительно равна 4,8 м³/м³.

Таким образом,

$$H_g = \frac{4\ 100}{1 + 4,8} = 705 \text{ кал/м}^3.$$

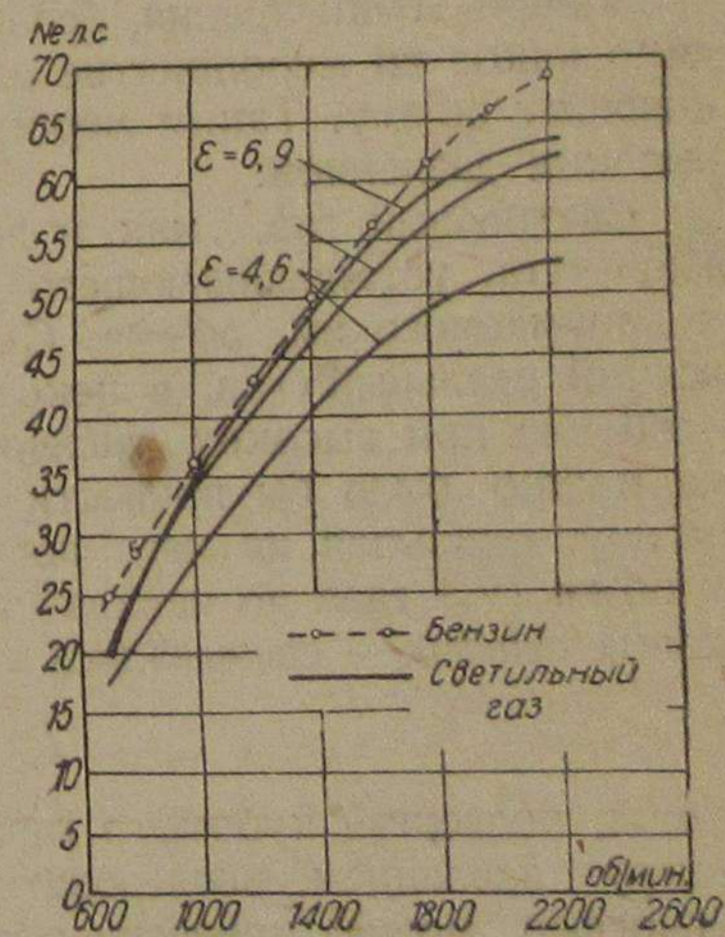
Калорийность смеси бензина с воздухом¹ составляет 880 кал/м³ и, следовательно, разница в теплосодержании той и другой смеси выражается в размере

$$\frac{880 - 705}{880} 100 = 20\%.$$

В связи со снижением теплотворной способности рабочей смеси можно ожидать уменьшения эффективной мощности примерно в той же пропорции.

Действительно, внешние характеристики двигателя ЗИС-5, снятые при работе на бензине и после перевода двигателя на светильный газ (фиг. 1), подтверждают, что при сохранении неизменной степени сжатия ($\epsilon = 4,6$) двигатель утрачивает в эффективной мощности от 18 до 22%.

Однако та же диаграмма указывает на то, что при некотором повышении степени сжатия при работе на газе — нормальная мощность двигателя почти полностью восстанавливается; таким образом, отпадает и этот недостаток светильного газа в качестве автомобильного горючего. Об этом явлении в дальнейшем будет говориться подробнее (см. главу 14), здесь же следует подчеркнуть тот факт, что двигатели, работающие на светильном газе, в отличие от бензиновых, свободно позволяют идти на повышение степени сжатия, не боясь возникновения детонации. Антидетонационные свойства газа являются



Фиг. 1. Внешняя характеристика двигателя ЗИС-5 на бензине и светильном газе.

1) „Автотракторный справочник“, т. 1, стр. 738.

его дополнительными положительными свойствами, способствующими созданию конструкций автодвигателей с повышенной эффективностью и экономичностью цикла.

Следует добавить, что светильный газ позволяет производить качественную регулировку двигателя обеднением смеси по мере уменьшения нагрузки. Это обстоятельство является прямым следствием того, что низший предел воспламенения смеси газа с воздухом допускает содержание воздуха в смеси в четыре с лишним раза больше теоретического потребного количества воздуха. У бензина, как известно, колебание коэффициента избытка воздуха в сторону большую единицы очень невелико; наступающее прекращение вспышек вынуждает при пользовании бензином или бензолом ограничиваться лишь количественной регулировкой.

4. СЖАТИЕ ГАЗА, КАК МЕТОД ЕГО АККУМУЛИРОВАНИЯ

Поскольку на автомобилях, работающих на светильном газе, газ не производится (как на газогенераторных автомобилях), то его приходится запасать, подобно тому, как на стандартных автомобилях делается запас жидкого горючего в бензобаках. Однако 1 м^3 газа, занимающего этот объем при нормальном атмосферном давлении, дает в составе рабочей смеси с воздухом тепловую продукцию, вдвое меньшую по сравнению с 1 л бензина. Очевидно, что для того, чтобы иметь на автомобиле запас газа, занимающий объем соразмерный с нормальными габаритами машины и достаточный для приемлемого, с эксплуатационной точки зрения, беззаправочного пробега автомобиля, необходимо какое-то мероприятие для приведения газа к значительно уменьшенному объему. Таким мероприятием является сжатие газа под очень высоким давлением.

Светильный газ, как и всякий газ, подчиняется закону Бойля-Мариотта, устанавливающего постоянство произведения давления газа и занимаемого им объема. С другой стороны, светильный газ, как и всякий реальный газ, в некоторой мере отступает от этого закона, особенно при высоких давлениях. Если бы этих отступлений не было, то можно было бы привести газ к точному, заранее определенному объему, оказывая на него повышенное давление, причем давление (P_0) и объем (V_0) газа до начала сжатия и давление (P_1) и объем (V_1) после конца сжатия — связывались между собой нижеследующим уравнением:

$$P_0 V_0 = P_1 V_1$$

Тогда, подвергая кубометр газа, находившегося под нормальным (по манометру) давлением, последовательно давлению в 50, 100, 200 и т. д. атмосфер, можно привести этот газ к уменьшенному объему, соответственно к 0,02, 0,01 и $0,005 \text{ м}^3$. С точки зрения достижения минимума объема было бы желательно повышать давление газа запасаемого на газобаллонном автомобиле и сверх 200 ат. Однако для всех, до сего времени существующих газобаллонных автомобилей, рабочее давление в 200 ат является пределом. Это объясняется величиной допускаемых

напряжений газовых баллонов (еще сравнительно недавно стандартные баллоны не допускали давления выше 150 ат) и условиями техники безопасности.

Таким образом, газовый баллон водоизмещением в 50 л ($0,05 \text{ м}^3$) может быть наполнен сжатым до 200 ат светильным газом в количестве

$$\frac{0,05}{0,005} = 10 \text{ м}^3.$$

Поскольку светильный газ не полностью следует закону Бойля-Мариотта, постольку к вычисленному объему следует ввести поправку, хотя и не очень значительную. В противоположность так называемым непостоянным газам, при сравнительно небольшом давлении обращающимся в жидкость (после чего их объем практически становится неизменным при любом повышении давления), светильный газ, как и всякий перманентный газ с низкой критической температурой, не подвергается сжижению при очень высоких давлениях. Для определения размера поправки к вычисленному выше объему можно воспользоваться приближенной формулой, выводящей процент уменьшения объема против вычисленного¹,

$$B = 0,002191 \cdot P(m + 4e + 3c + 0,22a),$$

где:

- B — искомый процент уменьшения объема газа против вычисленного по закону Бойля-Мариотта,
- P — достигнутое манометрическое давление,
- m — % метана в составе газа,
- e — % этана в составе газа,
- c — % углекислоты в составе газа,
- a — % воздуха в составе газа,

Для состава газа, приведенного в табл. 1 (не указанный там процент углекислоты = 7,3), и манометрического давления в 200 ат, B получается равным 15%, что действительно не является значительной поправкой к вычисленному объему и вполне может быть допущено в виде процента запаса допустимого давления в баллоне.

Практически запас газа, забираемый на газобаллонных автомобилях, колеблется на существующих типах автомобилей от 30 до 80 м^3 .

5. ПРОЦЕСС СЖАТИЯ ГАЗА И КОМПРЕССОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Сжатие газа до высокого давления, порядка нескольких сотен атмосфер, производится исключительно поршневыми компрессорами многоступенчатого типа.

На каждой ступени сжатия давление увеличивается в 3,5—4,5 раза и газ, последовательно перепускаясь из одной ступени в другую, до-

¹ Притула В. „Транспорт нефтяных продуктов и газа.“ М.-Л., 1938 г., стр. 334.

стигает на последней ступени конечного высокого давления. После каждой ступени сжатия газ проходит стадию охлаждения; сжатие идет в условиях адиабатического процесса и газу сообщается вся теплота эквивалентная внешней механической работе, потраченной на сжатие газа. Уравнение адиабаты может быть представлено в следующем виде:

$$\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

где $k = 1,4$ — отношение удельных теплоемкостей газа при постоянном давлении и постоянном объеме.

Повышение давления газа с 1 до 200 манометрических атмосфер, производимое без промежуточного охлаждения, при начальной температуре в $2,6\text{ }^\circ\text{C}$ ($T_0 = 275,6^\circ$) дает увеличение температуры более чем на 1000° :

$$T_1 = T_0 \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 275,6 \left(\frac{200}{1}\right)^{0,29} = 1277^\circ,$$

откуда

$$t_1 = 1277 - 273 = 1004^\circ$$

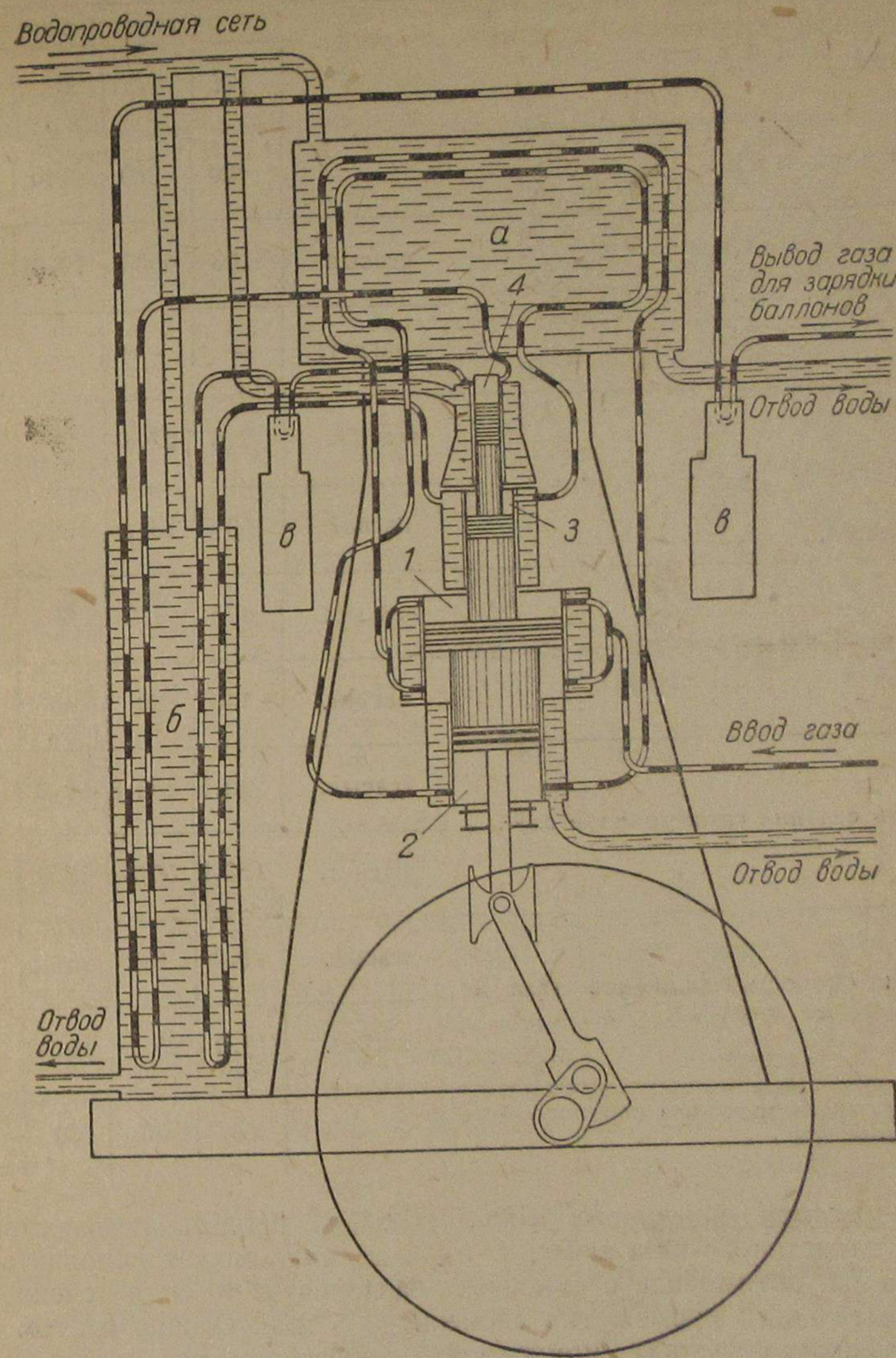
Конструктивно наличие нескольких ступеней сжатия осуществляется в компрессорах либо путем устройства отдельных цилиндров, либо, и большей частью, — устройством дифференциального цилиндра. В этом случае (см. принципиальную схему 4-ступенчатого компрессора на фиг. 2), поршень цилиндра 2-й ступени продолжается в виде штока и поршня в цилиндре 3-й ступени и, наконец, заканчивается поршнем в цилиндре 4-й ступени.

Газ, получивший сжатие в 1-й ступени, направляется в трубчатый холодильник, затем во 2-ю ступень, вновь в трубчатый холодильник, в 3-ю ступень, в змеевиковый холодильник, в маслоотделитель, в 4-ю ступень, вторично в змеевиковый холодильник и маслоотделитель, после чего, в очищенном виде и под рабочим давлением следует для зарядки автомобильных или ресиверных баллонов. В маслоотделителях газ освобождается от примесей масла в процессе работы компрессора.

В табл. 2 приводится характеристика четырехступенчатого воздушного компрессора типа ZMF, который может быть использован для непосредственной зарядки газом баллонов на автомобилях.

Производительность этого компрессора, по объему всасываемого газа, составляет $782\text{ м}^3/\text{час}$. Ход поршня — 450 мм . Диаметр штока — 85 мм . Потребная мощность $20\text{ л. с. на м}^3/\text{мин}$.

Остальные, наиболее характерные показатели даны в табл. 2 по ступеням сжатия.



Фиг. 2. Принципиальная схема четырехступенчатого компрессора
а — трубчатый холодильник; б — змеевиковый холодильник; в — маслоотделители.

Таблица 2

Характеристика последовательного процесса сжатия газа 4-ступенчатым компрессором типа ZMF

Показатели	Ступени сжатия				
	1-я	2-я	3-я	4-я	
Диаметр поршня мм	420	280	140	70	
Давление ат	всасыв.	1,03	4,33	19,81	54,43
	нагнет.	—	—	—	199,42
Температура С°	всасыв.	2,6	27,8	21	9,4
	нагнет.	153	131,4	139,8	139,4
Внутренний диаметр газопроводов мм	всасыв.	175	132	80	45
	нагнет.	140	80	45	32
Площадь сечения газопроводов см ² . .	всасыв.	240,5	136,8	50,3	15,9
	нагнет.	153,9	50,3	15,9	8,0
Средняя скорость движения газа в газопроводе м/сек	всасыв.	11,5	9,2	5,16	5,44
	нагнет.	18,0	25,1	16,33	10,78
Диаметр трубопроводов водяного охлаждения мм	50	50	50	50	

Компрессор описанного типа, обладая производительностью в 780 м³ засосанного газа в час, т. е. 13 м³/мин., может пополнить запас газа на автомобиле с емкостью баллонов в 60 м³ в течение не продолжительного промежутка времени — 5 мин. Однако в этом случае необходимо, чтобы компрессор, непосредственно соединяемый с баллонами автомобиля, работал именно тогда, когда автомобиль придет на зарядку. При этом условии отпадает один из существенных факторов применения газобаллонных автомобилей: возможность использования резервной мощности газового завода в

часы его минимальной загрузки (если только заправка автомобилей газом не будет приурочена исключительно к ночному времени, что в эксплуатации вызовет большое неудобство).

Поэтому, наряду с компрессорами высокой производительности и рабочего давления в 200 ат, в эксплуатации газобаллонных автомобилей часто применяются компрессоры с более высоким давлением — 350 ат, но обладающие сравнительно меньшей производительностью — 2,5—3,0 м³/мин. Такие компрессоры устанавливаются в неперменной совокупности с так называемыми баллонами-аккумуляторами.

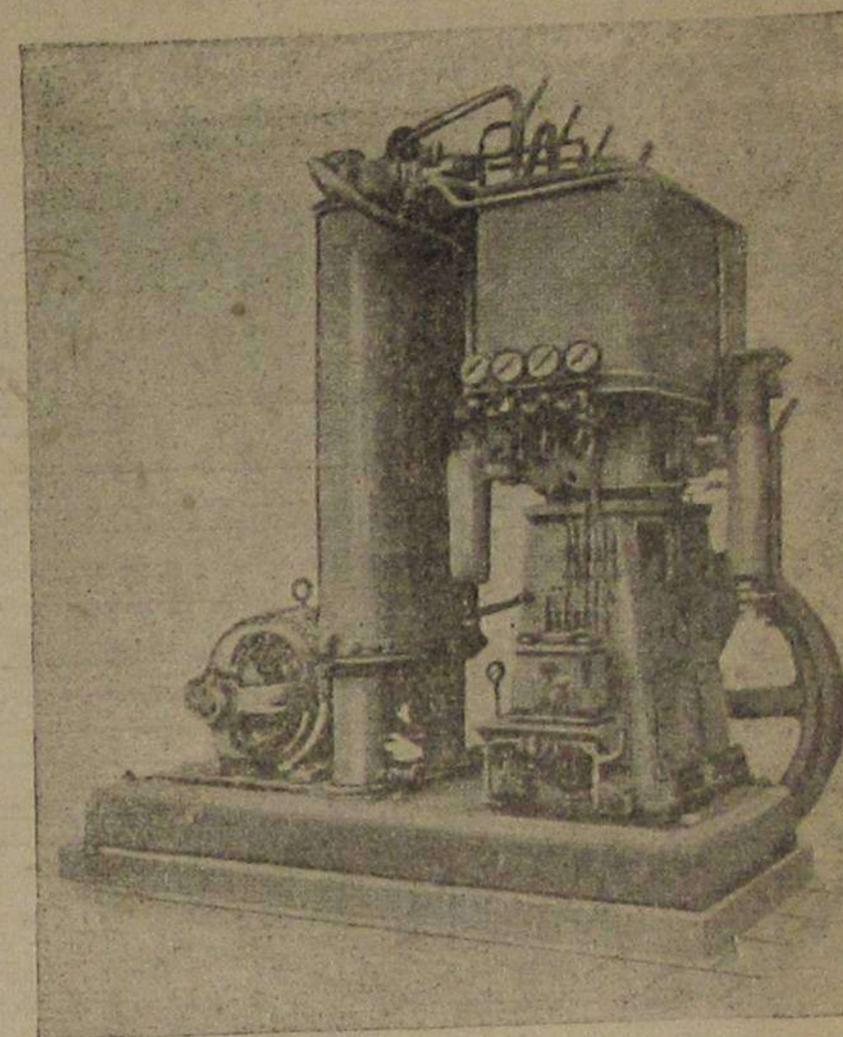
Аккумуляторы представляют собой стальные баллоны повышенной прочности и большой вместимости — 750 л и выше. Газ, накаченный в аккумулятор под давлением 350 ат, перепускается в баллоны на автомобиле под давлением в 200 ат. Падение давления в данном случае подчиняется общим законам истечения газов из сосудов через цилиндрическую насадку, причем давление в сосуде и в устье насадки относятся как 1:0,57.

В то же время при величине давления в 350 ат, скорость истечения газа оказывается достаточной, чтобы произвести заправку автомобиля газом из аккумулятора в течение не более 10 мин. Таким образом, работа компрессора изолирована от процесса заправки автомобилей и при достаточном числе аккумуляторов может вестись в любое время.

Компрессоры с рабочим давлением в 350 ат (см. фиг. 3) не имеют принципиальных конструктивных отличий от компрессоров фиг. 2. Выдержки из инструкции по обслуживанию компрессоров высокого давления см. в прил. IV.

6. ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

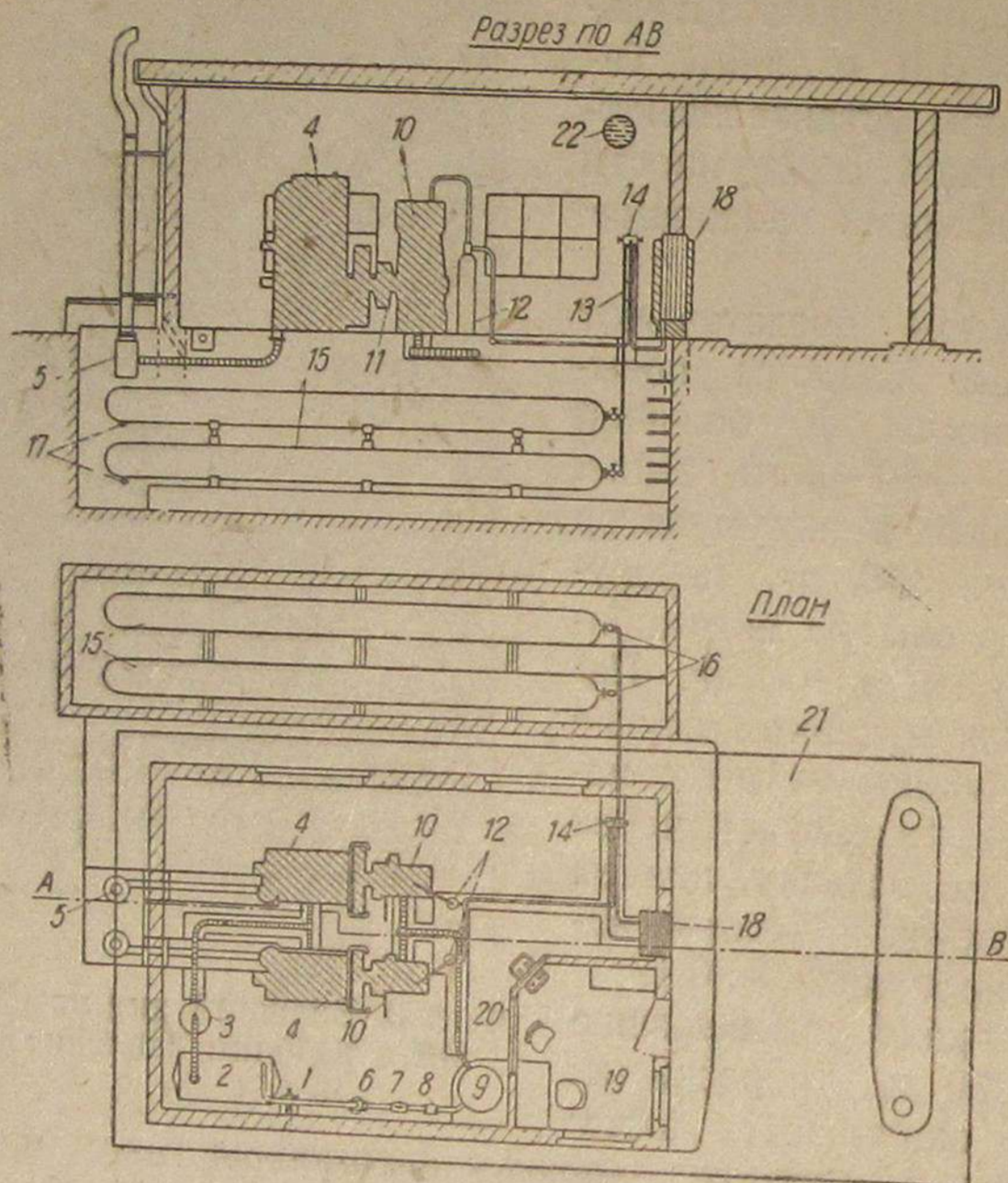
Совокупность компрессоров и приводящих их в действие двигателей, аккумуляторов, ресиверов, газоизмерительной и очистительной аппаратуры, соединительной арматуры и заправочных шлангов, размещенных в специальном сооружении, называется газонаполнительной или газозаправочной станцией. Структура разных типов газонаполнительных станций большей частью является принципиально сходной и может быть рассмотрена при помощи фиг. 4, представляю-



Фиг. 3. Внешний вид компрессора типа ME с рабочим давлением в 350 ат.

щей собой разрез и план двухкомпрессорной газонаполнительной станции на газовом же питании.

Светильный газ из городской магистрали поступает на станции в газопровод низкого давления, через соединительный вентиль 1. От соединительного вентиля газ следует по двум направлениям. Левая ветвь, через газовый счетчик 2 и редуктор-понижитель давления 3, ведет к газовым двигателям 4, имеющим глушители 5 и вытяжные трубы для



Фиг. 4. Схема газонаполнительной станции, работающей с газовыми двигателями при компрессорах

1—вентиль присоединения городской газопроводной сети; 2—газосчетчик для двигателя (промышленного типа); 3—редуктор для двигателей; 4—двигатели; 5—глушители; 6—газосчетчик для компрессоров (счетчики с вращающимися поршнями); 7—фильтр низкого давления; 8—предохранительная заслонка; 9—редуктор для компрессоров; 10—компрессоры; 11—фрикционное соединение; 12—резервуары для осадки влаги; 13—фильтр высокого давления; 14—распределитель; 15—аккумулирующие баллоны; 16—газовые вентили при аккумуляторах; 17—вентили для спуска конденсата при аккумуляторах; 18—газораздаточные колонки; 19—помещение обслуживающего персонала; 20—газ-непроницаемое окно для наблюдения; 21—станд для заправляющихся газом автомобилей; 22—вентиляционное отверстие.

отвода отработанного газа. По правой ветви газ следует от соединительного вентиля к газовому счетчику 6, фильтру 7 и далее к компрессорам 10, минуя предохранительную заслонку 8, препятствующую противотоку газа, и редуктор давления 9. Каждый компрессор связан со своим двигателем при помощи фрикционного соединения 11.

Сжатый компрессорами до рабочего давления газ проходит через резервуары-влагодотстойники 12 и фильтр высокого давления 13.

после чего направляется к распределительному штурвалу 14, который может быть выполнен либо в виде обособленной колонки, либо в виде стенной панели (см. фиг. 5). Распределитель соединяется двойным газопроводом с аккумуляторами 15 и газораздаточной колонкой 18. Аккумуляторы расположены в подземном помещении, отнесенном за пределы фундамента станции. Помимо впускных вентилей 16 аккумуляторы снабжены также дополнительными кранами 17 для спуска конденсата (влаги). Для наблюдения за аккумуляторами в подвал, в котором они располагаются, ведет люк и металлическая лестница настенного типа.

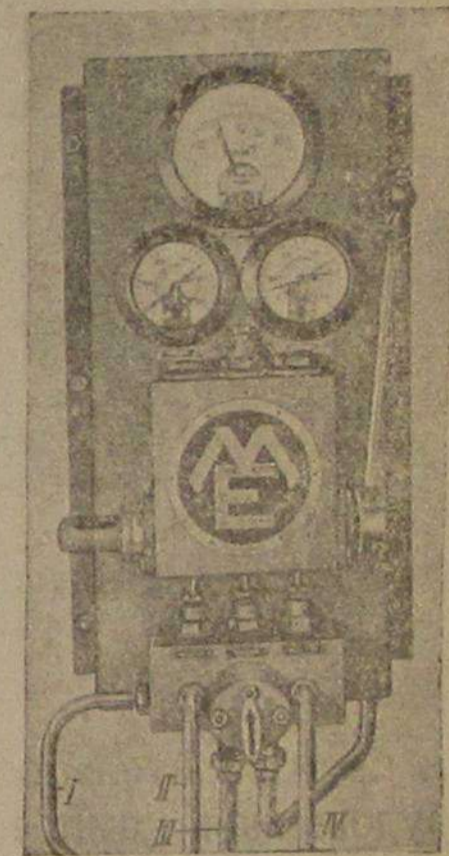
Прочее оборудование станции составляют: помещение для обслуживающего персонала 19, имеющего отдельный вход и газонепроницаемое окно 20 для наблюдения за работой двигателей и компрессоров, стэнд для заправляющихся газом автомобилей 21 и вентиляционное отверстие 22.

Газораздаточная колонка 18 может быть смонтирована в стену станции, как это изображено на фиг. 5, или же выведена наружу. На фиг. 6 представлен внешний вид газонаполнительной станции типа «Машинен-фабрик Эсслинген», у которой обе газораздаточные колонки вынесены вне стен станции. Заправочные шланги одеты в специальную панцирную оболочку и имеют в длину около 2 м.

Если газонаполнительная станция оборудована электромоторами взамен газовых двигателей, то структура ее, разумеется, несколько меняется: отпадает необходимость в газовом счетчике и редукторе для питания двигателей и вводится дополнительное электрическое оборудование (моторы, трансформатор и пр.).

В целях максимальной безопасности эксплуатации станции рекомендуется взамен размещения электромоторов в одном блоке с компрессорами (см. фиг. 3) выносить их в отдельное изолированное помещение. Делается это во избежание возможности возникновения пожара при искрении мотора, если в помещении станции создается газоздушная смесь воспламеняющейся концентрации.

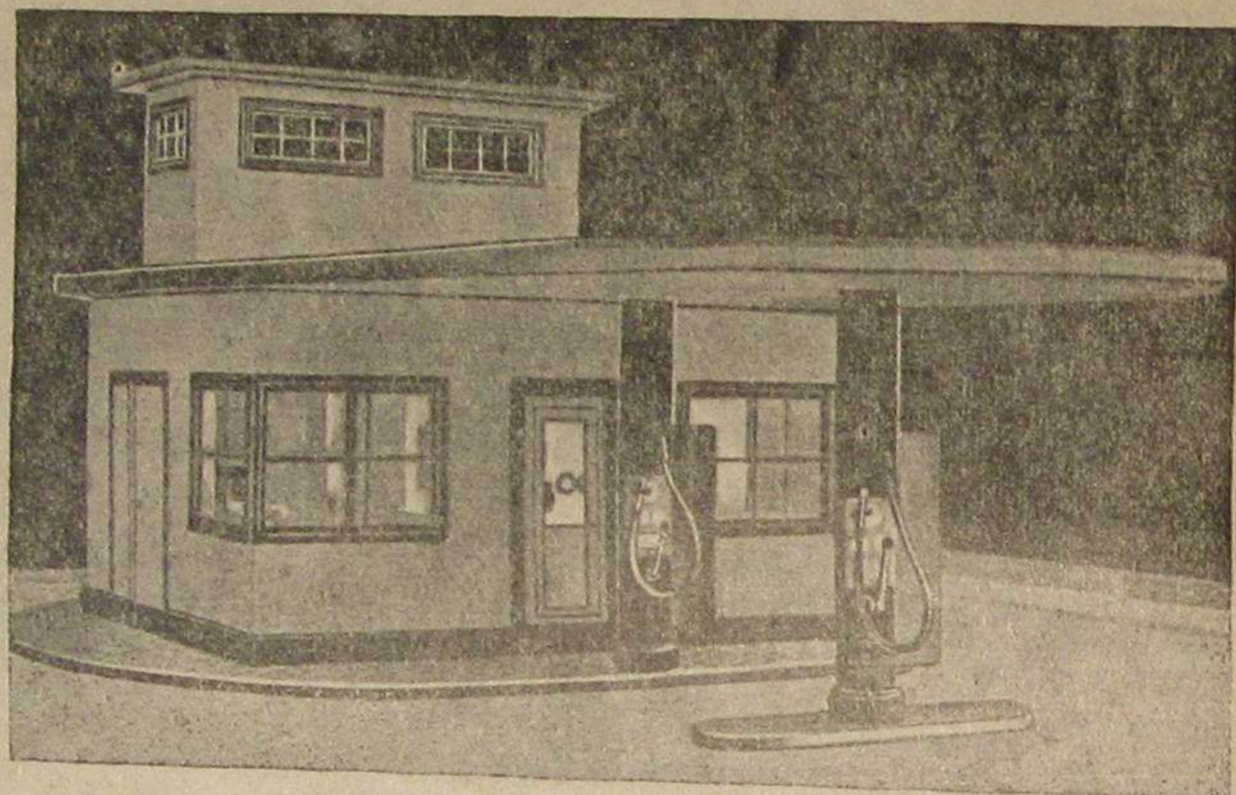
Проникновение газа в помещение станции может явиться следствием недостаточно внимательного ухода за всеми пунктами присоединения газопровода и в особенности за сальниками компрессоров. Поэтому при эксплуатации газонаполнительных станций стремятся к тому, чтобы в период работы компрессоров обслуживающий персонал минимальное время находился в одной комнате с компрессорами. Управление компрессорами и двигателями делается возможно более



Фиг. 5. Распределительная панель газонаполнительной станции. Отдельные газопроводы обобщают панель с раздаточной колонкой, баллонами-аккумуляторами, атмосферой и баллонами-ресиверами; последние предназначены для перепуска в них газа из газопровода в момент достижения предельного давления в баллонах на заправляемом автомобиле.

простым, а режим их работы возможно более устойчивым, чтобы наблюдение за правильным функционированием агрегатов могло осуществляться из изолированного помещения через газонепроницаемое окно.

В СССР уже построены и действуют две газонаполнительные станции — в Горловке и близ Мелитополя. На мелитопольской станции, работающей на природном газе Приазовья, установлен компрессор советского завода «Борец» типа МВГ-200, с рабочим давлением 200 ат

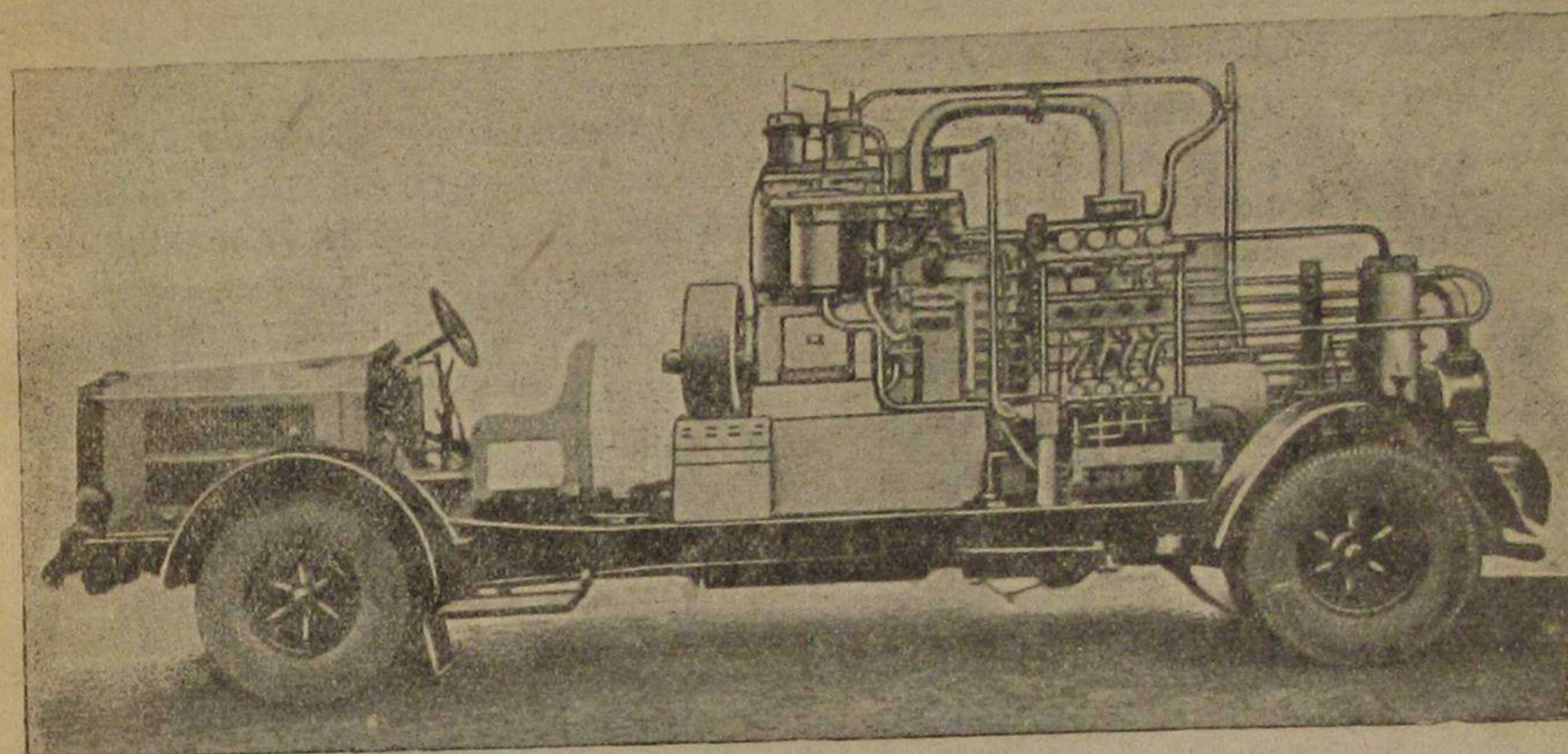


Фиг. 6. Внешний вид газонаполнительной станции с наружным расположением газораздаточных колонок.

и производительностью $180 \text{ м}^3/\text{час}$). Газонаполнительная станция, оборудованная компрессором типа МЕ (давление 350 ат, производительность $180 \text{ м}^3/\text{час}$), закончена строительством в Москве и вступила в опытную эксплуатацию. В дальнейшем строительство газонаполнительных станций в СССР должно пойти быстрыми темпами. В течение третьего пятилетия намечается сооружение 100 станций. Компрессоры с рабочим давлением 350 ат уже начал выпускать один из отечественных машиностроительных заводов. Баллоны-аккумуляторы и распределительную аппаратуру предполагается изготовлять на Краммашзаводе.

Значительная стоимость газонаполнительной станции, выражающаяся примерно в размере 300—500 тыс. руб., конечно, несколько ограничивает особо частое размещение станций, в силу чего естественно уменьшается радиус действия газобаллонных автомобилей. Поэтому за границей получили некоторое распространение передвижные компрессорные установки на автомобильном шасси (фиг. 7). При использовании этими установками, с производительностью $120\text{—}150 \text{ м}^3/\text{час}$ засосанного газа и рабочим давлением в 350 ат, в разных пунктах города размещаются только группы аккумуляторов в специальных, преимущественно подземных, бетонированных камерах.

Одна передвижная компрессорная установка может обслужить несколько аккумуляторных подстанций, об'езжая их по разработанному графику. На месте зарядки аккумуляторов компрессор включается в газовую и водопроводную городскую сеть и присоединяется к аккумуляторам.



Фиг. 7. Передвижная компрессорная установка на автомобильном шасси (рабочее давление 350 ат).

Производительность стационарной газонаполнительной станции зависит от числа установленных на ней компрессоров и продолжительности ее работы. Обычно на станциях устанавливается по два компрессора с общей производительностью в $360 \text{ м}^3/\text{час}$. Сменная производительность станции при 7 час. чистой работы компрессоров составляет около $2\,500 \text{ м}^3$. Суточная производительность при двухсменном режиме составляет около $5\,000 \text{ м}^3$.

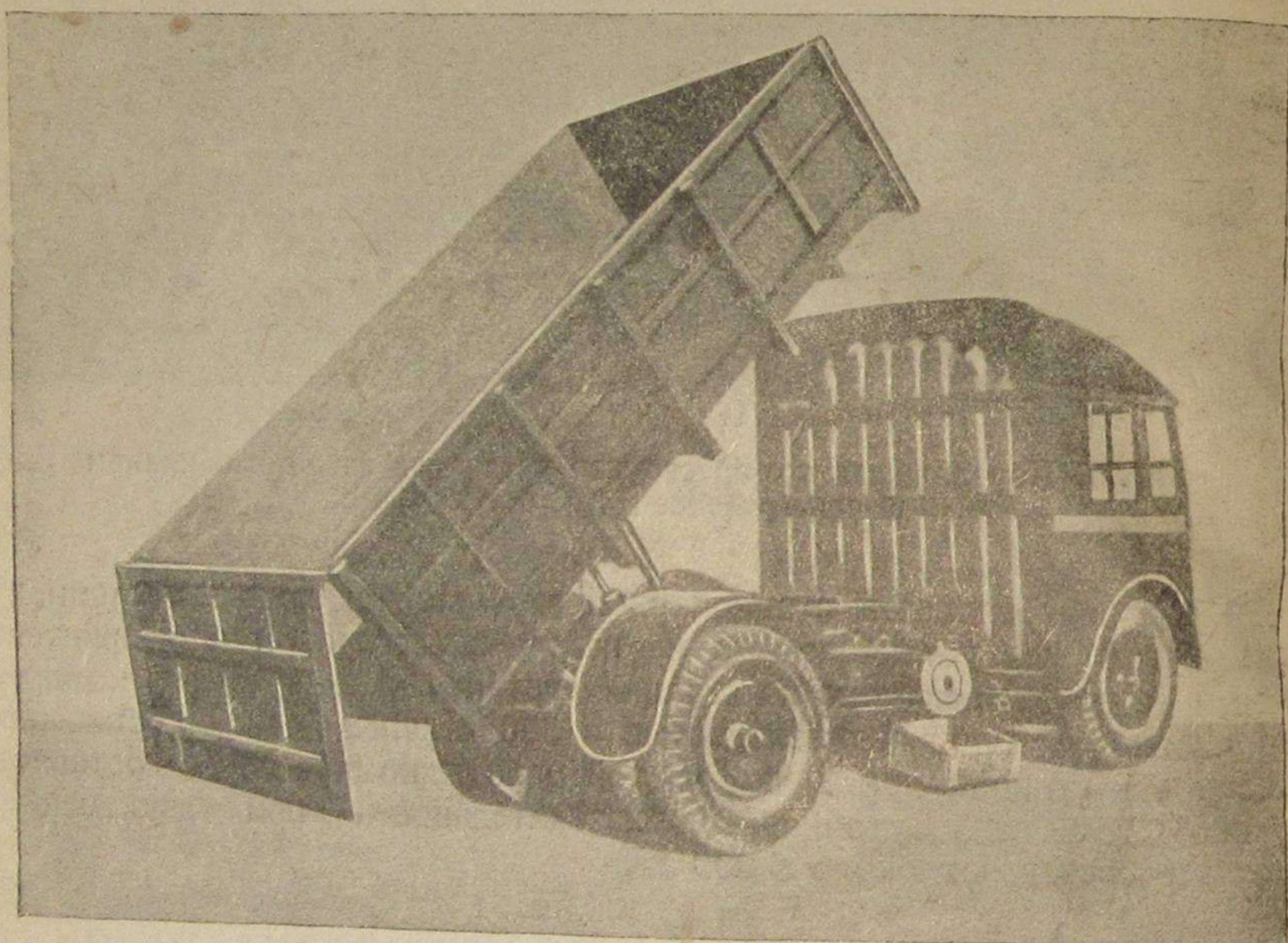
7. ЭВОЛЮЦИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Первые опыты по конструированию автомобилей, работающих на сжатом светильном газе, относятся еще ко времени мировой войны, когда британское военное ведомство оборудовало крупную серию автомобилей баллонами и специальной аппаратурой. Дальнейшее развитие и внедрение газобаллонных автомобилей шло очень медленно, упираясь главным образом в громоздкие размеры и тяжелый вес баллонов, резко снижавшие полезную грузоподъемность автомобилей. Первые баллоны облегченной конструкции удалось получить примерно в 1926—1927 гг., когда и были выпущены (во Франции) первые удовлетворительные образцы газобаллонных автомобилей. Начало более интенсивного производства автомобилей на сжатом газе в капиталистических странах относится примерно к 1934—1935 гг.; с этого времени производство газобаллонных автомобилей непрерывно ширится,

занимая к настоящему времени определенное место в автомобильной индустрии ряда стран Западной Европы.

Орлеанская газовая компания (Франция) заменила в 1938 г. все грузовые автомобили предприятия автомобилями, работающими на светильном газе. В частности, реконструкции были подвергнуты 5,5-тонные автомобили-самосвалы для перевозки угля, один из которых представлен на фиг. 8.

Четырехцилиндровый двигатель автомобиля мощностью 85 л. с. при 2 000 об/мин. установлен на шасси Рено—АВФ и сохраняет почти без изменения бензиновое хозяйство, включающее бензобак (уменьшенный



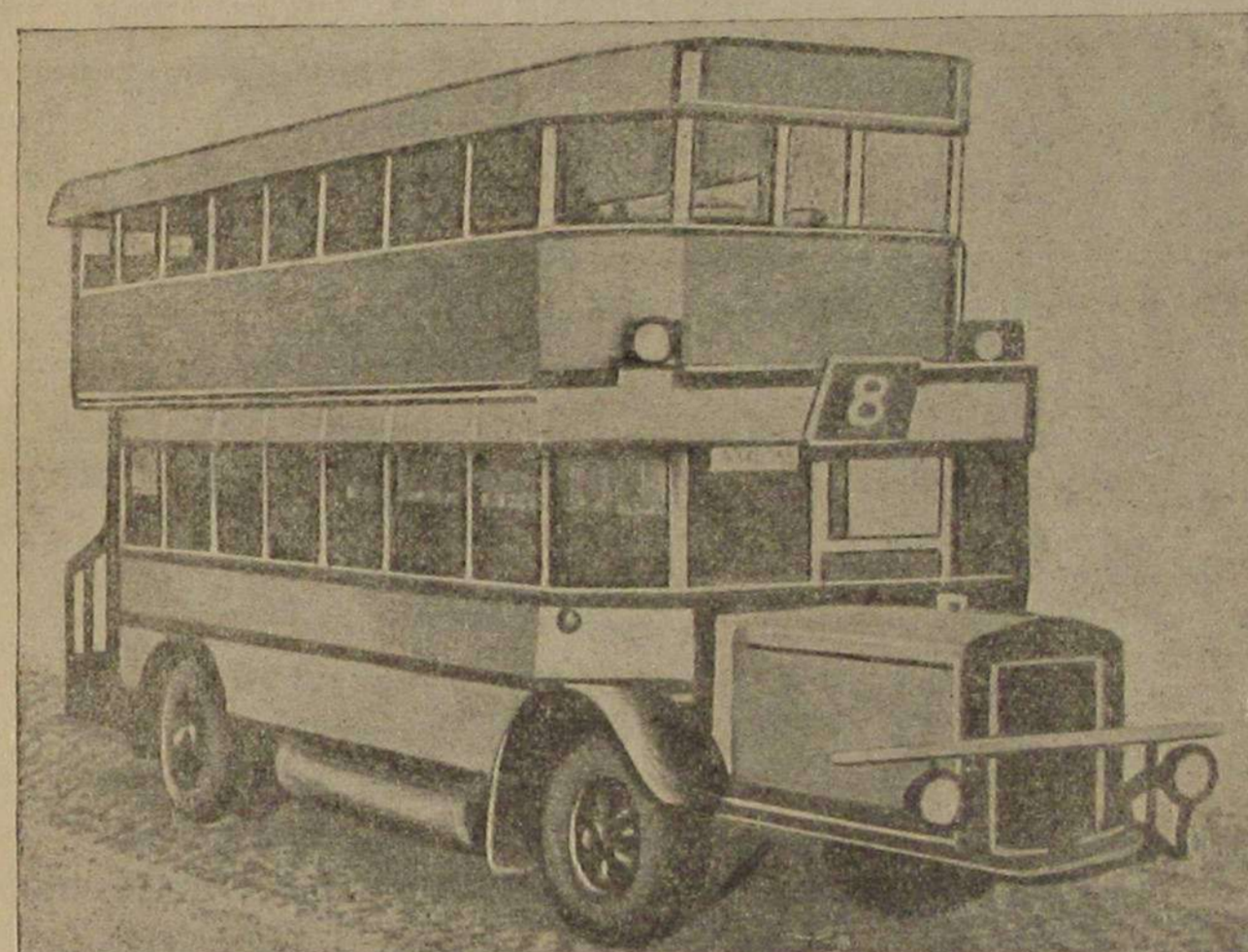
Фиг. 8. Общий вид газобаллонного автомобиля-самосвала Орлеанской газовой компании (тип Рено).

до емкости 9 л), карбюратор и т. д. Единственное изменение в двигателе для приспособления его к работе на газе выразилось в замене головок цилиндров специальными, с более высокой степенью сжатия.

Сжатый газ берется в баллонах из хромомолибденовой стали. Десять баллонов, как видно на фиг. 8, устанавливаются в углублении в задней стенке кабины водителя, где удерживаются внизу — поперечной рамой, а посередине и вверху — поперечными брусками. Каждый баллон вмещает до 9,9 м³ газа, сжатого под давлением 200 ат. Для редуцирования (понижения давления) автомобиль снабжен редуктором, который помещают вертикально непосредственно позади баллонов. Газовый смеситель и бензиновый карбюратор имеют возможность не-

зависимого подвключения к всасывающему патрубку, что дает гарантию непрерывного действия автомобиля в случае израсходования газа в пути.

Максимальный зарегистрированный междузаправочный пробег автомобиля Орлеанской газовой компании на газе составил около 240 км. Это нужно считать хорошим достижением (расход газа на 1 км не превышает 0,5 м³); однако необходимо подчеркнуть, что у двигателя была повышена степень сжатия; также нужно отметить, что пробеговое испытание проводилось в условиях горизонтального пути. Трехтонные грузовики той же Орлеанской компании (с двигателем в 65 л. с.) оборудованы каждый восемью баллонами описанного типа.



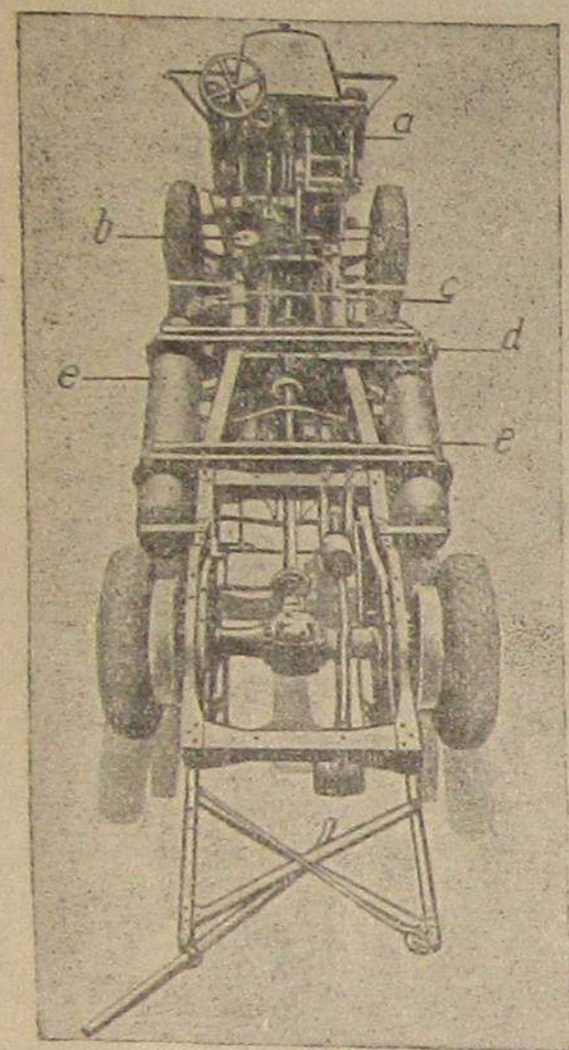
Фиг. 9. Берлинский газобаллонный автобус марки НАГ с расположенными под кузовом баллонами для сжатого светильного газа.

В Лионе (Франция) газобаллонные автомобили с успехом применяются для нужд коммунального хозяйства. На сжатом светильном газе работают поливочные автомобили, обладающие тем особым преимуществом, что газовые баллоны без ущерба для эксплуатации можно располагать над рамой автомобиля, вдоль водяной цистерны с обеих ее боков; монтаж и крепление баллонов при этом значительно упрощаются.

Германские автомобильные фирмы развили довольно широкую деятельность по выпуску двигателей, работающих на светильном газе наряду с другим видом топлива. Фирмы «Феномен» и «Даймлер-Бенц» выпускают двигатели, приспособленные к работе на газе и на бензине. Фирмы «Демаг» и «Хеншель» имеют практику по выпуску автомобилей, оборудованных дизелями и газовыми баллонами. При этом фирма

«Хеншель» начала в 1937 г. выпускать дизели с относительно низкой степенью сжатия ($\epsilon = 6-7$), что позволяет двигателю работать на газе без существенных изменений и с сохранением неизменной головки цилиндров.

В Берлине были проведены специальные эксперименты по конструированию и организации движения газобаллонных автобусов. После ряда отборочных испытаний, где конкурировали двигатели фирм «НАГ», «Бюссинг» и «Майбах» был принят двигатель — НАГ-С8 со степенью сжатия $\epsilon = 5,1$, показавший, по сравнению с конкурентами, меньшее падение мощности против эксплуатации на бензине.



Фиг. 10. Шасси автобуса НАГ с укрепленной на нем газовой аппаратурой
а—главный запорный вентиль; б—редуктор; с—газопровод высокого давления; д—вентиль при баллоне; е—баллоны.

Баллонами был оборудован двухэтажный автобус (фиг. 9), общим весом 7 940 кг, причем два баллона очень большой емкости (по 46 м³ газа под давлением 200 ат) были установлены симметрично по обеим сторонам рамы под кузовом (см. фиг. 10). При довольно значительной фактической норме расхода газа (несколько более 1 м³/км, эквивалент газа к бензину— 2 м³: 1 л), вызывающейся крупным весом автобуса, запаса газа в баллонах хватило на 80—85 км пробега. Среднесуточный пробег за три месяца эксплуатации, при нескольких перезарядках в день, составил 212 км. Эксплоатация газобаллонных автобусов началась в 1936 г., причем автобусное общество, удовлетворенное результатами эксплуатации (чему, в частности, способствовал равнинный характер берлинских улиц), перевело на светильный газ целиком один из автобусных маршрутов, организовав при одном из конечных пунктов газонаполнительную станцию.

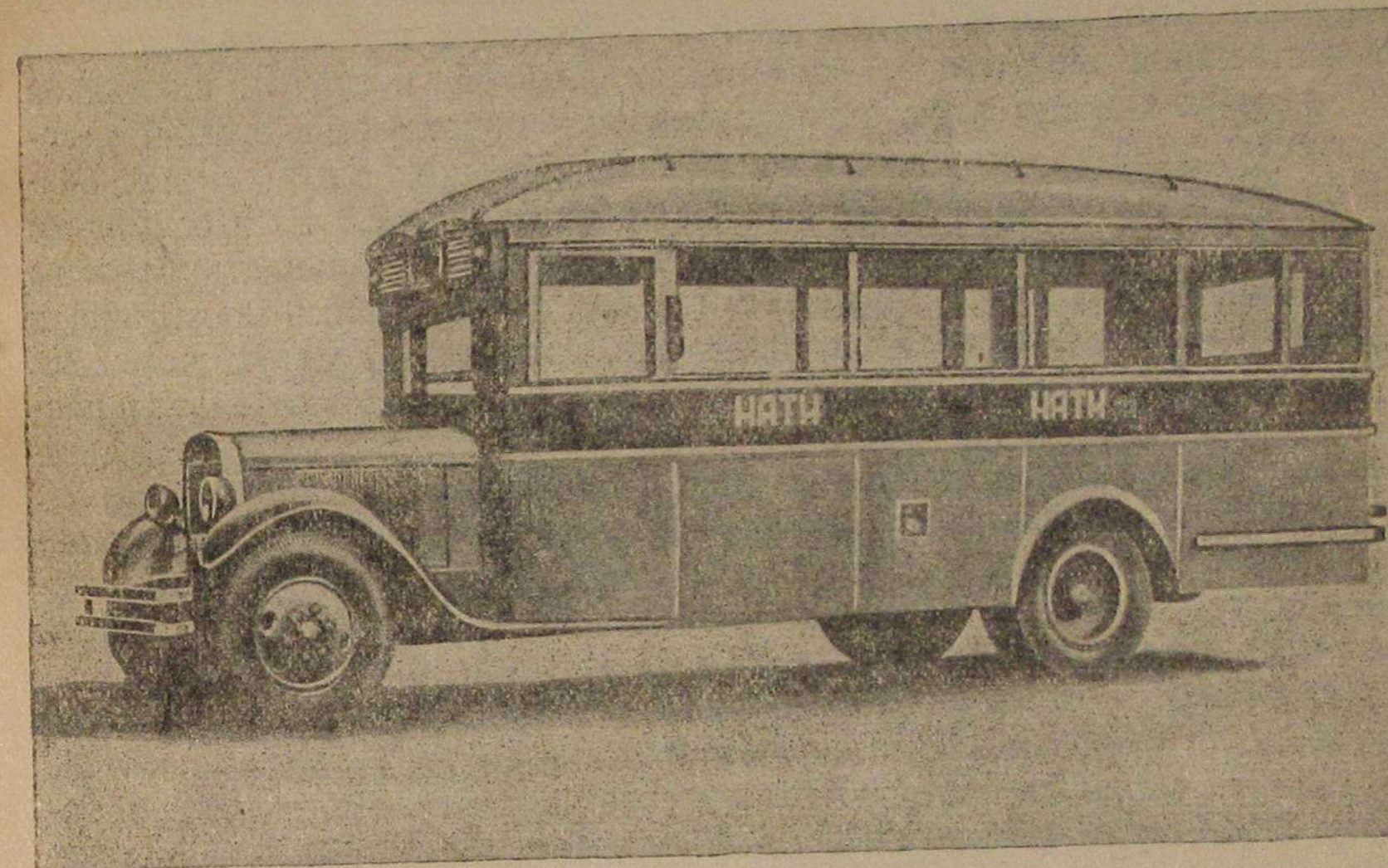
В течение двух лет эксплуатации автобусами было сделано 1 302 150 км пробега на газе, причем было израсходовано 1 372 591 м³ светильного газа.

Работающие в Англии автобусы на сжатом газе интересны в том отношении, что в конструкции этих автобусов имеются сходные элементы с советскими газобаллонными автобусами ЗИС-8 (см. гл. 13). Каждый автобус также оборудован 6 баллонами емкостью по 50 л, рассчитанными каждый на 10 м³ газа под давлением 200 ат. Общий вес баллонов и аппаратуры — 320 кг. Эквивалент расхода газа к бензину — около 1,5 м³: 1 л. Общая стоимость баллонов и аппаратуры, включая монтаж, 115 ф. ст.

Газобаллонные автомобили, преимущественно автобусы, были широко представлены на Парижской автомобильной выставке

1938/39 г. Машины отличались друг от друга, главным образом, числом и расположением газовых баллонов; последние располагались у различных автомобилей под рамой, вдоль рамы, а также в специальном багажнике позади кузова.

Газобаллонные автобусы в СССР имеют свою историю. Еще в июне 1936 г. приказом тов. Орджоникидзе был дан четкий план развертывания газификации автотракторного парка советского производства, возложивший на ГУТАП и Главгаз ряд ответственных обязательств.



Фиг. 11. Экспериментальный газобаллонный автобус ЗИС-НАТИ с надкузовным расположением баллонов.

Приказ по НКТП в октябре 1936 г. уточнил обязанности ряда главков и заводов по изготовлению специальной газовой аппаратуры для газобаллонных автомобилей.

Враги народа, орудовавшие в б. ГУТАП сделали все, что было в их силах, чтобы затормозить реализацию приказа тов. Орджоникидзе и лишить страну массового выпуска газобаллонных автомобилей. Поэтому проблема эксплуатации автомобилей на сжатом газе не получила разрешения вплоть до 1938 г., когда вражеские происки были разоблачены. Решительный сдвиг, достигнутый в настоящее время в ряде привлеченных к разрешению этой проблемы отраслей промышленности, позволяет говорить об эксплуатации газобаллонных автомобилей и, в частности, автобусов, как о задаче сегодняшнего дня.

Пока на карбюраторных заводах шло налаживание выпуска редукционной и смесительной газовой аппаратуры, а на заводах Трубостали организовывалось производство специальных баллонов облегченного типа, в Научно-исследовательском институте автотракторной промышленности

ленности (НАТИ) велась работа по созданию оригинального образца советского газобаллонного автобуса, которой предшествовал ряд экспериментальных работ в области газобаллонных грузовиков ГАЗ и ЗИС.

Первый законченный этап работы группы сжатых газов НАТИ в этой области, заключался в переоборудовании и оснащении импортной аппаратурой и баллонами стандартного автобуса ЗИС-8. Этот автобус был построен в 1937 г. и опробован. Некоторые детали установленной на нем газовой аппаратуры заграничных фирм «Геркулес», «Паллас», и «Газвилль» послужили в дальнейшем образцами при проектировании отечественных редуктора, смесителя, фильтра и других элементов аппаратуры. Однако этот автобус оказался конструктивно мало удачным вследствие использования на нем французских алюминиевых баллонов фирмы «Алюмаг». Большая длина баллонов (2,3 м) в сочетании с габаритом автобуса ЗИС-8 давала возможность размещать баллоны не иначе, как на крыше автобуса, где они располагались продольно, в один ряд и были закрыты фальшкрышей, состоящей из двух железных бортов и брезентового верха (см. фиг. 11). Уже сам по себе факт расположения баллонов над кузовом, а не под кузовом, нельзя было признать удачным как с конструктивной стороны, так и с эксплуатационной точки зрения. К тому же баллоны «Алюмаг», несмотря на ряд отдельных весьма ценных качеств (см. гл. 9), будучи помещены на автобусе в количестве 15 штук, резервировали запас газа, достаточный для пробега автобуса в размере только 31,5 км.

С учетом всех особенностей и недостатков, выявившихся в процессе конструирования и испытания описанного типа автобуса, НАТИ в 1938 г. составил проект первого советского газобаллонного автобуса ЗИС-8, уже построенного в количестве нескольких экспериментальных машин целиком на базе отечественной аппаратуры.

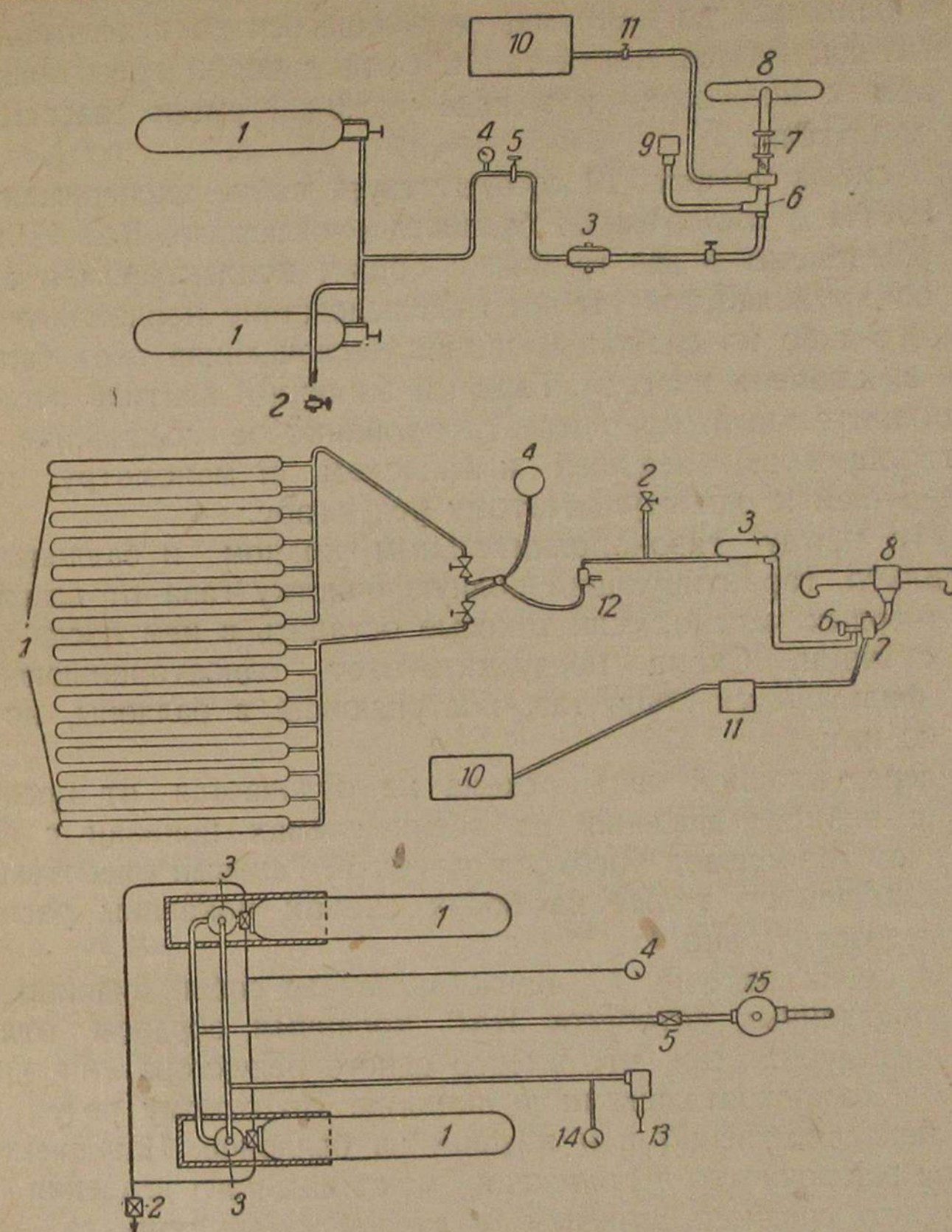
8. ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Под принципиальными схемами газобаллонных автобусов подразумевается взаиморасположение и связь между собой основных элементов дополнительного оборудования, устанавливаемого на автобусах сверх нормальной спецификации стандартных автобусов. При переоборудовании стандартного автомобиля в газобаллонный, на нем сохраняются все существенные детали. Что же касается оборудования газового питания, то такое встречается на отдельных типах автобусов принципиальные отличия, не ограничивающиеся (см. предыдущую главу) количеством баллонов, их местоположением и объемом запасаемого газа.

На фиг. 12 приведены три самостоятельные принципиальные схемы, по которым с небольшими вариациями осуществляется монтаж газовой аппаратуры на газобаллонных автобусах.

Верхняя схема является схемой берлинского автобуса НАГ, на котором, как было указано, устанавливаются два больших газовых бал-

лона вдоль рамы автомобиля. Газонаполнительный кран во всех схемах служит для присоединения автобуса к газораздаточной колонке. Через штуцер, находящийся при газонаполнительном кране, газ из колонки поступает в газопровод высокого давления автобуса. По газопроводу газ направляется к обоим баллонам, причем каждый из них может



Фиг. 12. Принципиальные схемы газобаллонных автобусов

1—баллоны; 2—газонаполнительный кран; 3—редуктор высокого давления; 4—манометр высокого давления; 5—главный запорный вентиль; 6—газовый смеситель; 7—карбюратор; 8—всасывающий патрубок двигателя; 9—воздушный фильтр газового смесителя; 10—бензобак; 11—воздушный фильтр карбюратора; 12—газовый фильтр; 13—воздушный насос; 14—манометр низкого давления (3 ат); 15—редуктор низкого давления.

быть включен независимо от другого, благодаря самостоятельным вентилям. На газопроводе, соединяющем оба баллона, поставлен тройник, от которого газ следует к главному запорному вентилю, попутно заходя через отвод к манометру.

Когда заправка газом закончена, газонаполнительный кран закрывается, а главный запорный вентиль, до этого момента закрытый, от-

крывается. Газ из баллонов получает возможность проникнуть через главный запорный вентиль и попадает в редуктор — центральный орган всей аппаратуры газобаллонных автомобилей. Редуктор, предусмотренный рассматриваемой схемой, носит название одноступенчатого. В нем происходит падение давления газа от степени рабочего давления в баллонах до вакуума, создающегося во всасывающем патрубке двигателя. Разреженный газ проходит через смеситель, смешивается в нем с воздухом и в виде горючей смеси засасывается в цилиндры двигателя.

Средняя схема на фиг. 12 соответствует схеме экспериментального автобуса НАТИ с импортными баллонами «Алюмаг». Все 15 баллонов автобуса объединены в две группы с общим коллектором и вентиляем. В случае обнаружившейся утечки газа вследствие неплотного соединения у какого-либо из баллонов, секция, включающая этот баллон, может быть выключена из сети. Главный запорный вентиль отсутствует, а газонаполнительный кран имеет тройниковое соединение с левой частью газопровода, ведущей к баллонам и манометру, и правой частью, ведущей к одноступенчатому редуктору.

На пути между газонаполнительным краном и баллонами установлен фильтр, гарантирующий полную очистку газа от влаги, масла, смолы и твердых частиц, если таковые остались в нем после компрессорной станции. Схема предусматривает одностороннюю работу фильтра; фильтруется лишь газ, поступающий в баллоны, но не выходящий из них.

В послередукторной части схема не отличается от предыдущей. Газопровод низкого давления на обеих схемах показан с большим сечением, чем газопровод высокого давления. Газовый смеситель и бензиновый карбюратор также на обеих схемах показаны располагающимися последовательно.

Нижняя схема на фиг. 12, представляющая собой видоизмененную схему газобаллонных автобусов НАГ, коренным образом отличается от двух предыдущих тем, что вместо одного редуктора, она включает три с двумя самостоятельными функциями. По одному редуктору поставлено непосредственно при каждом из баллонов. Назначение этих редукторов заключается в понижении максимального давления (200 ат) до некоторого среднего давления (в данной схеме принято — 3 ати). Газопровод среднего давления соединяет баллоны с главным запорным вентиляем (под рукой у водителя) и, далее, с третьим редуктором, понижающим давление с 3 ати до вакуума 40 мм в. ст.

Для обеспечения равномерной работы обоих первичных редукторов, в схему дополнительно введен воздухопровод, начинающийся от ручного воздушного насоса, помещенного под рукой у водителя и подводящий воздух под давлением 3 ати. Назначение этого воздушного напора в уравновешивании давления внутри редукторов при баллонах. В одноступенчатом редукторе это равновесие достигается при помощи пружины (см. ниже гл. 10); при наличии двух редукторов в регулировке пружин могут возникнуть индивидуальные отклонения, которые повлекут за собой неравномерное опорожнение обоих баллонов.

Наряду с усложнением схемы, в связи с введением в нее дополнительных редукторов, воздушного насоса с манометром и воздухопровода, она имеет ряд значительных преимуществ.

Вентили баллонов обращены в сторону противоположную движению автобуса, что способствует безопасности вентилей при несчастных случаях — наездах и столкновениях. Вместе с тем газопровод высокого давления ограничен в своем месторасположении почти исключительно задней частью автобуса; он предназначается лишь для соединения баллонов с газонаполнительным краном и для отвода давления к манометру. Наличие в схеме двух редукторов локализирует специфические недостатки одноступенчатого редуктора (см. гл. 10) и обеспечивает более равномерную работу двигателя.

В принципиальной схеме первых советских автобусов ЗИС-8 можно найти элементы всех трех рассмотренных схем.

9. БАЛЛОНЫ

Баллоны для хранения сжатых газов не представляют новинки в технике; однако высокий вес баллонов, относительно к объему заключающегося в них газа, в течение долгого времени тормозил развитие газобаллонных автомобилей. Стандартные кислородные баллоны, рассчитанные на давление в 200 ат, весят 12—14 кг на 1 м³ газа. Установка этих баллонов на автомобиль с запасом газа в 60 м³ увеличила бы собственный вес автомобиля на 700—800 кг, что, конечно, не приемлемо с эксплуатационной точки зрения.

Применение для изготовления баллонов специальной хромоникелемолибденовой стали и алюминия способствовало облегчению баллонов. Наиболее легкий современный стальной баллон весит около 5,0 кг/м³. Еще более легкими являются алюминиевые баллоны.

Баллоны фирмы «Алюмаг», установленные на опытном автобусе НАТИ (см. гл. 7), изготовлены из алюминиевого сплава, состоящего (по данным фирмы) из 93,5% алюминия и 6,5% магния (удельный вес металла — 2,63, временное сопротивление — 33 кг/мм²). Габаритная длина баллона — 2290 мм; диаметр — 97 мм; емкость по воде 14,5 л; толщина стенки — 2,25 мм.

По всей своей длине каждый баллон оплетен одним сплошным слоем стальной рояльной проволоки диаметром 0,8 мм и скреплен тремя туго натянутыми продольными бандажами из той же проволоки. Вес баллона в сборе — 9,5 кг.

При испытаниях баллонов «Алюмага», произведенных в НАТИ, баллоны зарекомендовали себя вполне положительно, причем в процессе испытаний выявился ряд их любопытных особенностей.

При давлении до 225 ат, часть баллонов показала большую стрелу прогиба по всей длине баллона, доходившую до 10 мм (что, между прочим, послужило причиной их выбраковки инспекцией котлонадзора). Однако при дальнейшем испытании баллона со стрелой прогиба в 6 мм, стрела прогиба стала уменьшаться и достигла 3 мм при давлении 250 ат. При давлении в 330 ат лопнула проволока одного из

продольных бандажей баллона и стрела прогиба при этом возросла до 19 мм. В интервале давления 330—350 ат лопнули остальные бандажки; стрела прогиба оставалась неизменной. При повышении давления с 350 до 450 ат стрела прогиба возрастала с 19 до 56 мм. При 450 ат баллон разорвался, не дав при этом никаких осколков.

Большое удлинение и обусловливаемый этим постепенный разрыв продольных бандажей баллонов «Алюмаг» можно посчитать за своеобразное положительное свойство, поскольку разрыв баллона свидетельствует о его перегрузке и заранее предупреждает об опасности.

В СССР для серийного производства баллонов для сжатого газа (светильного, коксового, нефтяного газа и метана) принят тип баллонов, изготовляемый из стальных цельнотянутых труб и отвечающий нижеприводимым техническим условиям¹.

Материал для изготовления баллонов — углеродистая сталь, с пределом текучести не менее 62 кг/мм² и с коэффициентом относительного удлинения не менее 12%.

Габаритные размеры баллонов:

Емкость (по воде, при 20°С)	50 л
Наружный диаметр	219 мм
Длина корпуса баллона (без колпачка)	1700 мм
Толщина стенки	7 мм

Допустимые отклонения в размерах баллонов не должны превышать (в ту или иную сторону) 1,5% по наружному диаметру, 10% по толщине стенок, 5% по длине корпуса с тем, чтобы по совокупности отклонение в емкости баллона не превышало $\pm 5\%$, средний вес баллонов не превышал 65 кг и максимальный вес баллона не превышал 72 кг.

Изготовление баллонов ведется с обжатыми доньшками и горловинами, по форме, предусмотренной ОСТ $\frac{6141}{207}$. В горловине баллонов устраивается отверстие с нарезанной резьбой, для ввертывания в него конического штуцера запорного вентиля стандартного типа (ОСТ — 4809). Длина нарезки должна иметь не менее 15 годных ниток.

В процессе изготовления баллоны подвергаются термической обработке, гарантирующей однородность структуры во всех частях баллона.

По изготовлении баллоны тщательно очищаются от стружек, окалины, песка и других посторонних веществ, а также просушиваются и очищаются после гидравлического испытания.

При пневматическом испытании баллоны должны выдерживать рабочее давление в размере 200 кг/см². Кроме того, каждый баллон должен перед выпуском с завода пройти гидравлическое испытание, при котором он подвергается пробному давлению в размере 300 кг/см², т. е. превосходящему рабочее давление в полтора раза.

¹ Приводятся с сокращениями.

Маркировка баллонов производится в соответствии с указаниями ОСТ $\frac{6141}{207}$, а окраска баллонов (красной эмалевой краской) — в соответствии с инструкцией ВЦСПС.

Изготавливаются баллоны, в виде первой опытной партии, в количестве 400 штук, на которые распространяются изложенные технические условия, Нижнеднепровским заводом трубостали им. К. Либкнехта.

10. РЕДУКТОРЫ

Назначение редукторов в системе питания автомобильного двигателя сжатым газом заключается в уменьшении давления газа, находящегося в баллонах, до степени разрежения в газовой полости газоздушного смесителя. Помимо того, редуктор должен играть роль автоматического вентиля, преграждая выход газа из газопровода высокого давления при остановке двигателя. Таким образом, редуктор является чрезвычайно ответственным органом во всех схемах газобаллонных автомобилей; поэтому на теорию расчета редукторов обращено наибольшее внимание специалистов, работающих в области проектирования автомобилей на сжатом газе, и конструктивно редукторы уже получили довольно разнообразное оформление.

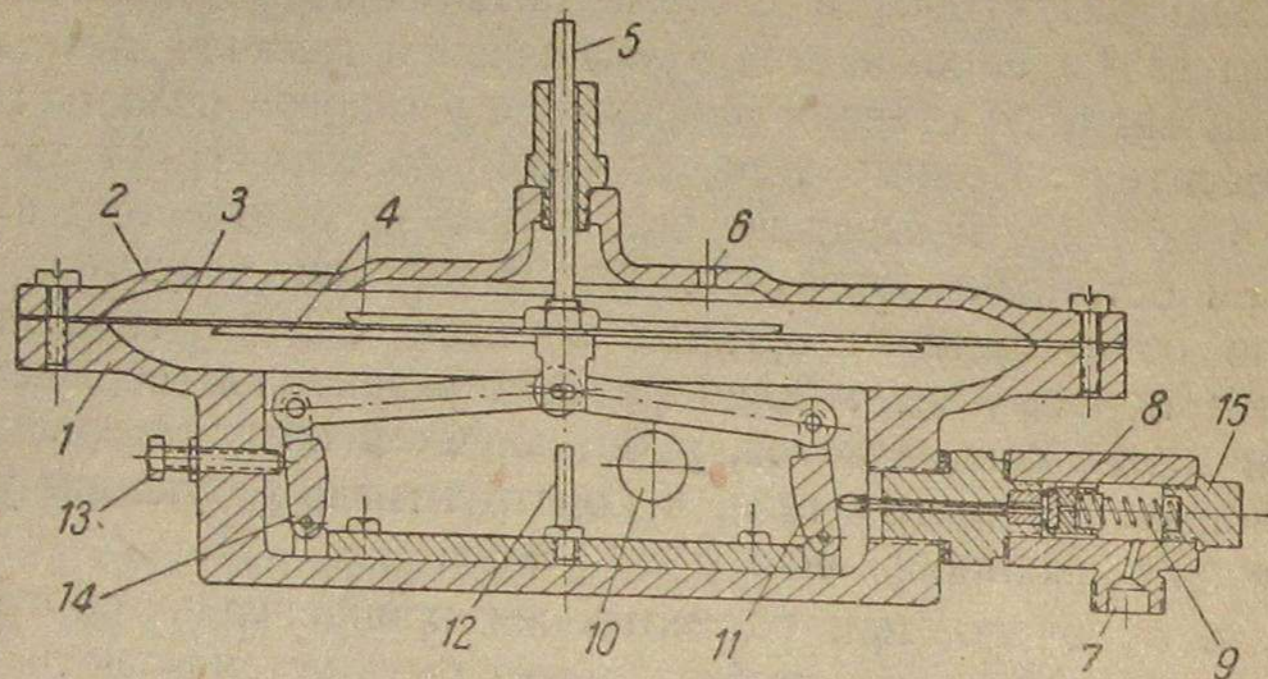
Как было отмечено при рассмотрении принципиальных схем (см. гл. 8), на газобаллонном автомобиле может быть установлен либо один редуктор (тогда он получает название одноступенчатого), либо несколько редукторов (тогда они делятся на категории редукторов высокого и низкого давления).

Здесь будет в первую очередь рассмотрен одноступенчатый редуктор типа «Геркулес», получивший особенно широкое распространение и установленный на автомобилях «Рено» (см. выше, фиг. 8), на опытном автобусе НАТИ, на первой серии советских газобаллонных автобусов ЗИС-8 и на других типах газобаллонных автомобилей.

Фиг. 13 изображает схематический разрез одноступенчатого редуктора «Геркулес», алюминиевый корпус которого 1 имеет круглую тарельчатую форму большого диаметра (около 350 мм), закрытую сверху крышкой 2, скрепленной с корпусом болтовым соединением. Основным чувствительным элементом редуктора является мембрана-диафрагма 3 из плотной прорезиненной ткани. В своей центральной части диафрагма зажата с обеих сторон между алюминиевыми дисками 4, жестко сидящими на вертикальном стержне 5. Пространство над диафрагмой имеет сообщение с воздухом через отверстие 6.

Газ высокого давления поступает из баллонов в редуктор через штуцер 7 в золотниковую полость, дальнейший выход из которой преграждается ему клапаном 8. Клапан выполнен в виде золотника с впрессованным костяным доньшком, являющимся опорной поверхностью. Установочная пружина 9 обеспечивает герметическое закрытие клапана в первый же момент выпуска газа. В противном случае клапан оказался бы уравновешенным и диафрагма редуктора была бы повреждена вследствие резкого возрастания давления.

Редуктор сообщается с двигателем через отверстие 10 в поддиафрагменной полости во внутренней камере редуктора. В результате, когда вакуум, образующийся в цилиндрах двигателя, создает разрежение в газовой полости смесителя, — такое же разрежение возникает и в поддиафрагменной полости редуктора, заставляя диафрагму выгибаться вниз. Прогиб диафрагмы приводит в действие двуплечий шарнирный механизм, плечи которого стремятся выпрямиться; в результате этого правое звено механизма еще более отходит вправо, а левое — влево. Правое звено шарнирного механизма 11, действуя через толкатель на клапан 8, также отводит его вправо. Величина смещения



Фиг. 13. Конструктивная схема одноступенчатого редуктора „Геркулес“
 1—корпус редуктора; 2—крышка редуктора; 3—мембрана-диафрагма; 4—алюминиевые диски; 5—стержень; 6—наружное отверстие; 7—штуцер; 8—клапан; 9—установочная пружинка; 10—выход к газу смесителю; 11—правое звено шарнирного механизма; 12—упорный штифт; 13—установочный винт; 14—левое звено шарнирного механизма; 15—пробка клапанной полости.

клапана вправо лимитируется упорным штифтом 12, препятствующим стержню 5 опускаться ниже установленного предела. Величина перемещения клапана в зависимости от степени разрежения в газовой полости смесителя и, следовательно, от величины прогиба диафрагмы 3, может быть заранее отрегулирована, благодаря системе связанных рычагов шарнирного механизма. Регулировочный винт 13, действуя на левое звено 14, может (будучи заранее установлен) давать тот или иной угол отклонения звена 11 и, стало быть, величины перемещения запорного клапана 8.

Отклонение клапана вправо, вызванного перепадом давления от P_1 — при входе в редуктор до P_2 — при выходе из редуктора, оказывается достаточным, чтобы открыть щель для пропуска газа высокого давления из золотниковой полости в поддиафрагменную полость редуктора. Заполняя поддиафрагменную полость (и проникая при этом во всасывающий патрубок двигателя) газ постепенно выравнивает давление над и под диафрагмой 3 и последняя стремится принять нейтральное положение. При малых расходах газа это на практике сводится к тому, что клапан беспрестанно вибрирует, пропуская небольшие порции газа. При больших расходах клапан все время остается откры-

тым на некоторую величину, обеспечивающую данный расход газа при данной степени разрежения, создаваемого редуктором.

Между величиной расхода и степенью разрежения на выходе из редуктора существует определенная зависимость, аналогичная такой же зависимости, которая имеет место в диффузоре газоздушного смесителя. У хорошо работающего редуктора поддерживается разрежение на выходе порядка 10 мм в. ст. при расходе в 10 кг газа в час, 50 мм — при расходе 20 кг/час. и 100 мм при расходе 30 кг/час. Редуктор, у которого разрежение на выходе составит 150 мм в. ст. при расходе 20 кг/час., будет обеспечивать работу двигателя только при расходе газа ниже этой величины. При дальнейшем увеличении расхода газа редуктор создает разрежение более глубокое, чем разрежение в диффузоре и смесеобразование прекращается. Замена диффузора новым, с более узким сечением, конечно, не может явиться удачным решением вопроса, потому что это ухудшит наполнение двигателя и его эффективность.

Идеальным редуктором оказался бы такой, у которого разрежение на выходе было бы не более 5 мм вод. столба при малых расходах газа и не более 10—15 мм при больших расходах (такой редуктор, собственно говоря, вообще позволил бы обойтись без диффузора). Всякий хороший редуктор должен быть конструктивно выполнен таким образом, чтобы величина поддерживающего разрежения создаваемого абсолютно наивозможно малой и в наименьшей степени подвергалась изменениям при всех изменениях давления газа на входе и величины расхода газа.

Как ни удовлетворительно сконструирован редуктор «Геркулес» (и другие одноступенчатые редукторы, например, «Паллас» и «Энсайн»), но при уменьшении давления в баллонах с 200 до 10—15 ат он перестает редуцировать: входное давление становится недостаточным для герметичного прижатия клапана к гнезду; при остановке двигателя редуктор начинает пропускать газ.

Наиболее совершенной система редуцирования становится, если редуктор типа «Геркулес» обращается в редуктор высокого давления и дополняется вторым редуктором — низкого давления. При двухступенчатом редуцировании, которое осуществляется при этой схеме, на долю редуктора высокого давления выпадает менее ответственная задача: не создавая разрежения, лишь уменьшить диапазоны входного давления для второго редуктора.

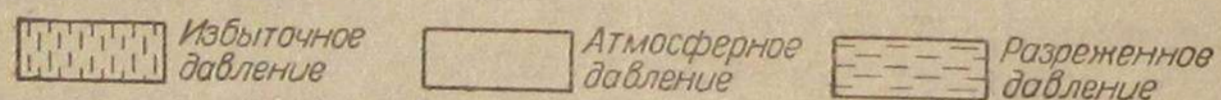
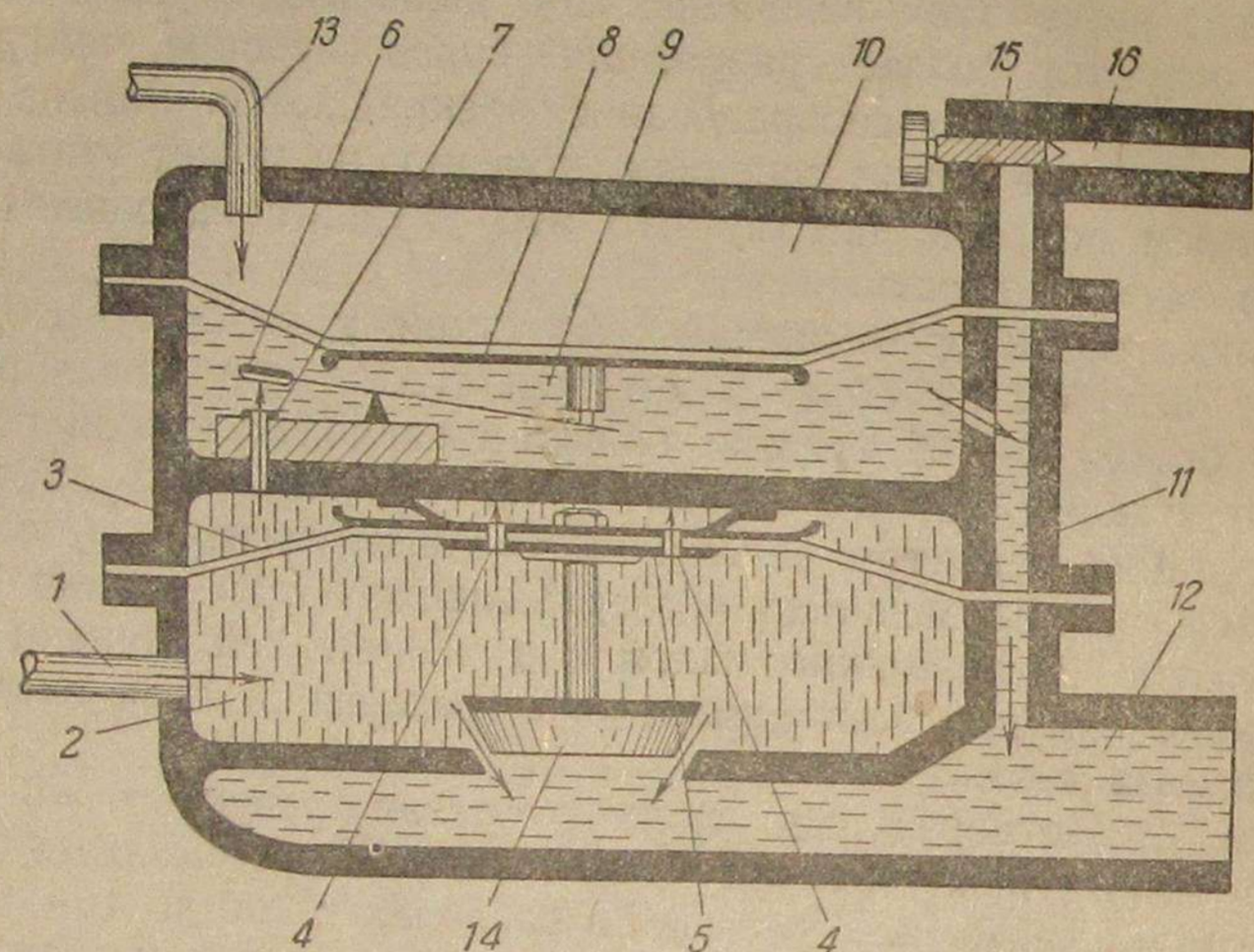
Редукторы низкого давления при двухступенчатом редуцировании должны обеспечивать весьма малое разрежение на выходе, практически независимое от расхода и изменения давления на входе в диапазоне, создаваемом редуктором высокого давления.

Куйбышевским карбюраторным заводом (ККАРЗ) выполнен по чертежам НАТИ двухдиафрагменный редуктор, который, отвечая указанным условиям, с успехом может быть использован в качестве редуктора низкого давления.

Принципиальная схема редуктора ККАРЗ (фиг. 14) демонстрирует редуктор в момент нормальной работы двигателя. Газом, поступаю-

щим от редуктора высокого давления через трубку 1, заполняется полость 2 редуктора, всегда наполненная газом входного давления. Нижняя (главная) диафрагма 3, находящаяся над полостью 2, до запуска двигателя находится в плоском, уравновешенном состоянии, потому что газ проникает через калиброванные отверстия 4 в полость 5 над диафрагмой, где создается такое же давление, что и в полости 2.

Клапан 6 пружинит и закрывает седло 7 и отверстие, дающее выход газу из полости 5 в верхние полости редуктора. Верхняя (регулирующая) диафрагма 8 перед запуском двигателя также находится в уравновешенном состоянии, так как в полостях под ней 9 и над



Фиг. 14. Схема двухдиафрагменного редуктора низкого давления

1—газопровод высокого давления; 2—входная полость редуктора 3—нижняя (главная) диафрагма; 4—калиброванные отверстия; 5—полость над главной диафрагмой; 6—регулирующий клапан; 7—седло регулировочного клапана; 8—верхняя (регулирующая) диафрагма; 9—полость над регулирующей диафрагмой; 10—полость под регулирующей диафрагмой; 11—канал; 12—патрубок (штуцер) редуктора; 13—соединительная трубка к воздушному патрубку смесителя; 14—главный клапан; 15—регулирующий винт холостого хода; 16—штуцер холостого хода.

ней 10 действует одинаковое атмосферное давление; полость 9 сообщается с атмосферой через канал 11, патрубок 12 и далее, через шланг к смесителю и смеситель; полость 10 соединяется с атмосферой посредством трубки 13, выведенной к воздушному патрубку смесителя, после воздухоочистителя.

Главный клапан редуктора 14, жестко связанный (стержнем) с главной диафрагмой 3, до запуска двигателя закрыт и разобщает полости 2 и 12.

При запуске двигателя в диффузоре смесителя создается разрежение, последовательно передающееся через форсунку в полость 12, ка-

нал 11 и полость 9. Давление в полости 10 оказывается более высоким и диафрагма 8 прогибается вниз, поднимая при этом клапан 6 и открывая доступ газа из полости 5 через седло 7 в полость 9. Оказавшись в полости 9 газ стремится проникнуть далее через канал 11 и патрубок 12 к смесителю. Взамен ушедшего из полостей 5 и 9 газа, в полость 5 вновь поступает газ из полости 2. Однако отверстия 4 очень малы и сопротивление в отверстиях создает перепад в давлении, заставляющий диафрагму 3 прогибаться кверху, несмотря на препятствие, оказываемое ей пластинчатой пружиной. В результате, главный клапан 14 поднимается и открывает доступ газу из полости 2 в полость 12.

По мере повышения давления в полости 12, а следовательно и в полости 10, прогиб диафрагмы 8 уменьшается, клапан 6 прикрывает (но не закрывает совсем) отверстие 7, перепад в отверстиях 4 снижается и диафрагма 3 несколько выравнивается, прикрывая клапан 14. Дальнейшая работа редуктора обеспечена, разрежение на выходе из редуктора автоматически регулируется в небольших пределах, пропорционально расходу газа.

Благодаря сообщению полости 10 редуктора не непосредственно с внешней атмосферой, а с пространством перед воздушной заслонкой смесителя, достигается постоянство в изменении разрежения газа и воздуха поступающих в смеситель соответственно числу оборотов двигателя. Штуцер 16 служит для подвода газа к каналу холостого хода смесителя (см. гл. 12). Регулировка холостого хода осуществляется ручным винтом 15.

Редуктор ККАРЗ очень компактен и значительно меньше одноступенчатого редуктора «Геркулес». Производство редукторов «Геркулес» в серийном порядке, также освоено Куйбышевским карбюраторным заводом.

Кроме описанных выше типов, в СССР были освоены производством и другие типы редукторов. В частности, в 1937 г. Днепропетровским областным управлением местной промышленности был оборудован для работы на природном газе Приазовья автомобиль ЗИС-5. На этом автомобиле были поставлены редукторы оригинальной системы советского инж. Туровского, давшие, судя по отзывам специалистов, вполне положительные результаты своей работы¹.

Выполняя задачу понижения входного давления (доходящего до 200 ат) до размеров выходного разреженного давления, колеблющегося в пределах до 100 мм в. ст., редуктор всецело подчиняется статическому расчету, разбирающему взаимодействие сил, складывающихся в различных узлах редуктора. Воспроизводим примерный статический расчет редуктора типа «Геркулес» (опубликованный К. И. Генкиным в журнале «Автотракторное дело», № 4 за 1938 г.), пользуясь для этого графическим изображением сил, действующих в редукторе (фиг. 15).

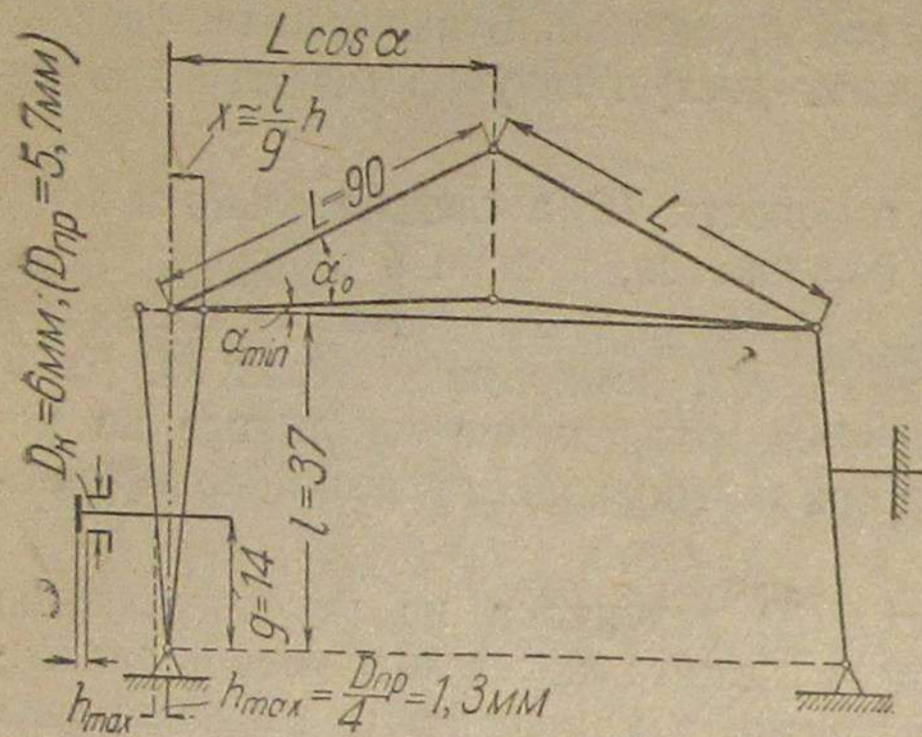
¹ См. журнал «Мотор», № 4 за 1938 г.

Исходя из условия равновесия, считаем редуктор подчиняющимся нижеследующему уравнению статики:

$$\Delta P (i \cdot a \cdot F_m - F_k) = F_k (P_1 - 1),$$

откуда:

$$\Delta P = \frac{F_k}{i \cdot a \cdot F_m - F_k} \cdot (P_1 - 1),$$



Фиг. 15. Кинематическая схема одноступенчатого редуктора.

$$(P_{1max} = 200 \text{ ат}),$$

a — коэффициент активности площади диафрагмы, определяющей, какая часть силы давления газа на диафрагму передается ее центру. Для диафрагмы с прилегающими дисками он примерно равен постоянной величине 0,66.

Величина i является переменной, зависящей от изменения угла наклона длинных плеч шарнирного механизма редуктора по отношению к горизонтальной плоскости. Эта зависимость обуславливается уравнением:

$$i = \frac{e}{g} \text{ctg } \alpha,$$

где величина угла α в процессе работы редуктора изменяется от некоторой величины α_0 до α_{min} . Однако исследования показывают, что выражение $i = \frac{e}{g} \text{ctg } \alpha$ не получает существенного изменения, если его выразить как

$$i = \frac{e}{g} \text{ctg } \alpha_0 = \text{const.}$$

Величина α_0 зависит от величины α_{min} , которая определяется заранее путем установки регулировочного винта (дет. 13 на фиг. 13). Винт подвинчивается с таким расчетом, чтобы при наибольшем h (ве-

личина открытия клапана), необходимом для обеспечения наибольшего расхода двигателя автомобиля, — плечи шарнирного механизма не переступали горизонтального положения. Практически оставляется небольшой запас и величина α_{min} принимается равной 1° .

Величина α_0 связана с величиной α_{min} уравнением:

$$\cos \alpha_0 = \cos \alpha_{min} - \frac{e}{gL} \frac{h_{max}}{2},$$

здесь:

e — расстояние между шарнирами звена 11 (фиг. 13) = 37 мм,

g — расстояние по вертикали от нижнего шарнира этого же звена до оси клапана $g = 14$ мм,

L — длина (между шарнирами) плеч шарнирного механизма = 90 мм;

h_{max} — в свою очередь определяется по расчету:

$$h_{max} = \frac{\sqrt{d_k^2 - d_m^2}}{4},$$

где d_m — диаметр толкателя — 3 мм.

Поочередно решаем выписанные уравнения:

$$h_{max} = \frac{\sqrt{6^2 - 3^2}}{4} = 1,3 \text{ мм},$$

$$\cos \alpha_0 = \cos 1^\circ - \frac{37}{14 \cdot 90} \cdot \frac{1,3}{2} = 0,9807,$$

откуда:

$$\alpha_0 = 11^\circ 15'.$$

Величина α_0 дает возможность определить величину передаточного числа i :

$$i = \frac{37}{14} \text{ctg } (11^\circ 15') = 13,4.$$

Подставляя все полученные значения постоянных в основное уравнение редуктора, получаем

$$\Delta P = \frac{7,06}{13,4 \cdot 0,66 \cdot 20612 - 7,06} (P_1 - 1) = 0,4 \cdot 10^{-1} P_1.$$

Или просто $\Delta P = 0,4 P_1$, в том случае, если P_1 выражено в ат, а ΔP в мм водяного столба.

Считая P_1 практически изменяющимся в пределах от 200 до 5 ат, получаем крайние выражения давления газа на выходе из редуктора:

$$\Delta P_{max} = 80 \text{ мм в. ст.}$$

$$\Delta P_{min} = 2 \text{ мм в. ст.}$$

Среднее разрежение на выходе $\Delta P_s = 41$ мм в. ст.

Теория редукторов не ограничивается одним статическим расчетом, но краткость изложения не позволяет остановиться здесь подробно на динамических и гидравлических расчетах¹.

В задачу гидравлического расчета входит определение проходных сечений редуктора. При расчете учитывается взаимозависимость размеров проходных сечений (фактически наименьшего проходного сечения, которым является седло регулировочного клапана), величины расхода газа и коэффициента истечения.

Динамический расчет редуктора анализирует закон измерения давления в выходном трубопроводе редуктора с учетом величин расхода газа и площади проходного сечения регулировочного клапана. Кроме того этот же расчет рассматривает закон движения клапана, устанавливающий в виде дифференциального уравнения взаимозависимость величины давления на выходе, площади диафрагмы, коэффициента упругости клапанной пружины, шага клапана (для данного момента) и массы подвижных частей редуктора.

Фактическая производительность существующих автомобильных редукторов составляет до 100 кг газа в час. Для одноступенчатого редуктора «Геркулес» максимальная пропускная способность (при нижнем пределе входного давления 5 ат) составляет 57 кг/час.

11. СМЕСИТЕЛЬ И ФИЛЬТР

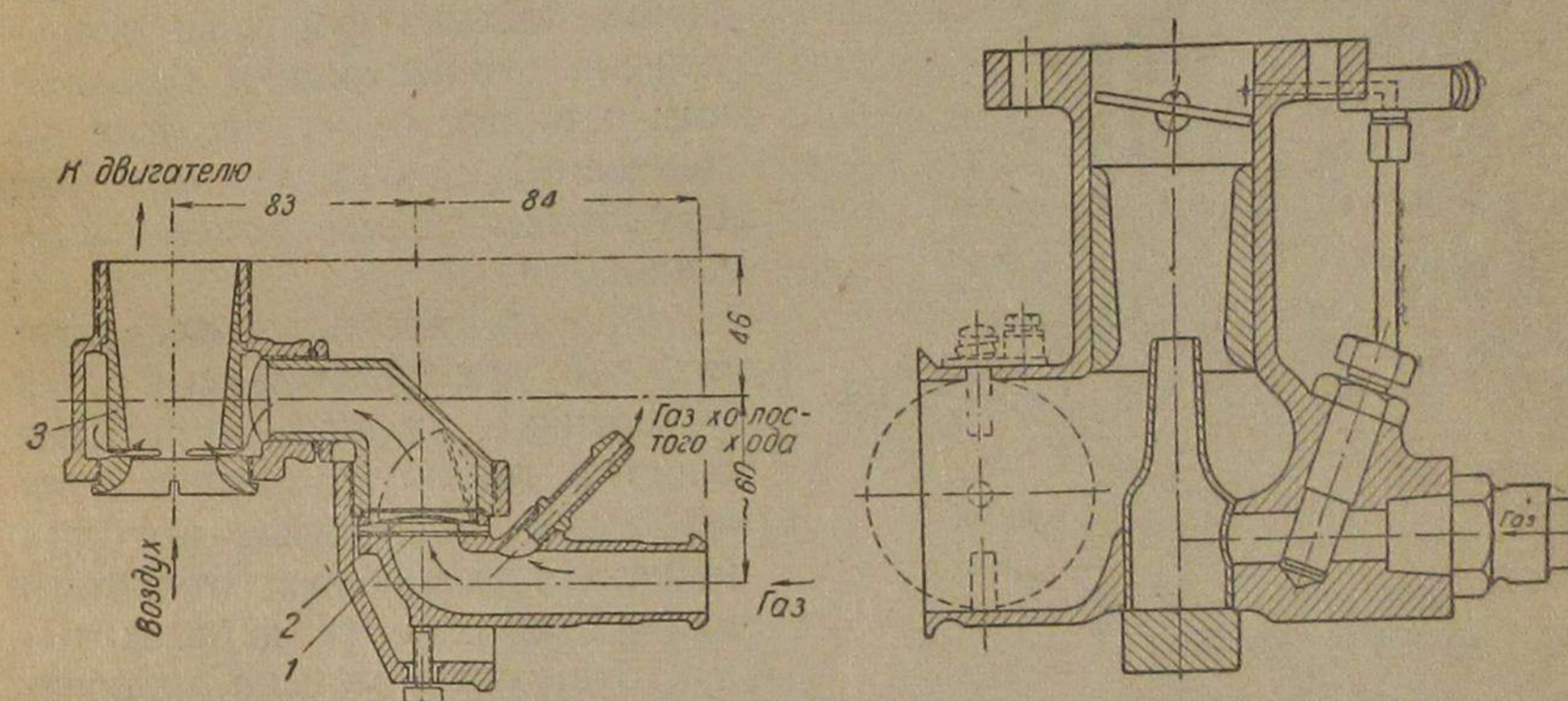
Смеситель у газобаллонных автомобилей служит для образования газозвушной смеси и в этом отношении представляет собой некоторую аналогию с карбюраторами бензиновых автомобилей. Поэтому в первых конструкциях автомобилей на сжатом газе можно нередко встретить с отсутствием отдельных смесителей и с реформированными карбюраторами, у которых газ от редуктора вводится через воздушный патрубок, а регулировка воздуха осуществляется специальной кольцевой шайбой.

В советских конструкциях газобаллонных автомобилей смеситель также комбинировался с карбюратором либо совмещался со смесительной камерой карбюратора МАЗ-5, либо располагался с ним в последовательной связи. Однако результаты многочисленных практических испытаний указали на то, что поскольку при работе на газе образование однородной смеси облегчается и надобность в распылении и испарении топлива отпадает, постольку «бензино-газовый» карбюратор будет иметь различные дроссельные характеристики для газа и бензина. Вследствие этого можно встретить ряд автомобилей на сжатом газе оборудованных смесителем, представляющим собой самостоятельный агрегат, установленный параллельно с бензиновым карбюратором (последовательное включение карбюратора и смесителя замедляет перевод двигателя с бензина на газ).

¹ Детальному разбору динамического расчета редуктора посвящена статья инж. Айзермана, журнал «Мотор», № 8—9, 1938 г.

Специальные смесители для редуцированного газа принципиально не отличаются от аналогичных смесителей, устанавливаемых на газогенераторных автомобилях и использующих инжекционный эффект полутного тока воздуха для подсоса газа. Одним из наиболее удачных по простоте конструкции, удобству регулировки и удовлетворительности действия может быть назван смеситель типа «Паллас», примененный, в частности, на опытном газобаллонном автобусе НАТИ (см. схему смесителя на фиг. 16а).

Количество подводимого к двигателю газа регулируется смесителем «Паллас» при помощи сменных сверленных шайб газового сопла. Для доступа воздуха и смешения его с газом установлен диффузор с надлежащей проходной площадью, которая может изменяться путем смены диффузора. Газ проходит в диффузор через две сегментные прорези в корпусе диффузора и смешивается с воздухом в конусе диффузора. Перед диффузором установлен патрубок с вмонтированной в нем



Фиг. 16а. Схема газозвушного смесителя «Паллас»
1—газовое сопло; 2—обратный клапан;
3—диффузор.

Фиг. 16б. Комбинированный смеситель с общим диффузором для газозвушной и бензинозвушной смеси.

воздушной заслонкой, служащей для качественной регулировки рабочей смеси. Кроме того, оптимальное соотношение между количеством подводимого газа и воздуха при переменных режимах двигателя достигается подбором сменных шайб разного диаметра и подбором диаметра диффузора. Опытный газобаллонный автобус НАТИ показал при испытаниях наилучшие результаты работы двигателя при диаметре шайбы 13 мм и диаметре диффузора 26 мм.

Обратные вспышки в газопроводе исключаются, благодаря наличию обратного клапана непосредственно перед шайбой. Газовый ввод в смесителе имеет шарнирное крепление, позволяющее придать различное взаиморасположение частям смесителя и установить смеситель в любой позиции.

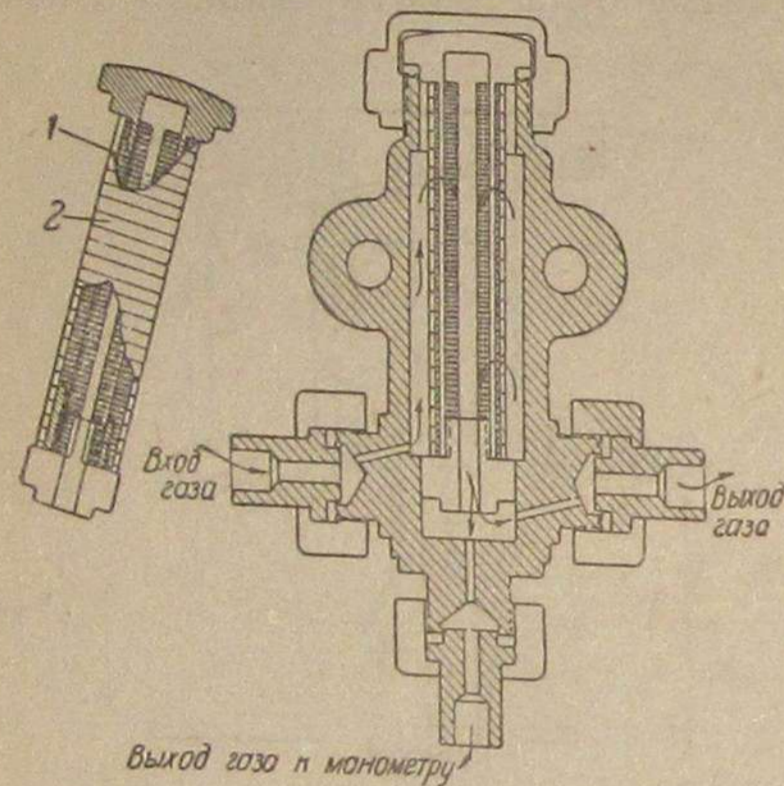
Для работы двигателя на холостом ходе при запуске и на малых оборотах — предусмотрен пропуск газа из газопровода, минуя сме-

ситель, непосредственно во всасывающий патрубок двигателя. Для этого в смеситель введен «штуцер холостого хода», который соединяется со штуцером, ввернутым во всасывающую трубу, трубкой диаметром 6 мм.

Корпус смесителя выполнен из алюминия.

Кроме описанного смесителя «Паллас», распространены смесители, снабженные жиклерами для газа; жиклер вводится в диффузор, а со стороны входного отверстия может закрываться подвижным штоком. При переходе двигателя на работу с малыми оборотами и закрывании дроссельной заслонки, конический выступ штока синхронно закрывает сообщение газа и воздуха через жиклер и газ направляется непосредственно во всасывающий патрубок двигателя¹.

Удачной оказалась конструкция смесителя, предложенная инж. М. Айзерманом (фиг. 16б). В этом смесителе, представляющем собой общий агрегат с карбюратором, газовая форсунка расположена концентрично бензиновым жиклерам (на чертеже не показаны), которые как бы омываются газом при его истечении.



Фиг. 17. Схема газоочистительного фильтра (слева показан сменный клапан фильтра)

1—медная сетка; 2—фетровые шайбы.

отверстие, направляясь к баллонам от газонаполнительного крана. Внутри фильтра, газ, следуя путем обозначенным стрелками на фиг. 17, проходит сквозь два слоя очистительного патрона, представляющего собой частую медную сетку и набор сменных круглых фетровых шайб. Пройдя через сетку и фетр, газ направляется к выходному отверстию (обозначенному на чертеже «выход газа к манометру») и оттуда поступает в баллоны. В другой стадии эксплуатации, когда совершается нормальное питание двигателя автомобиля из баллонов, газ циркулирует между двумя «выходными» отверстиями, не проникая и не задерживаясь в очистительном патроне. Таким образом, хотя фильтр неизменно присутствует на линии высокого да-

¹ Интересующихся более подробным описанием различных типов смесителей и изложением теории смесителей отсылаем к статье инж. Айзермана в № 11—12 журнала «Мотор» за 1938 г.

вления газа, но срабатывает он только один раз — при наполнении баллонов. В перепроектированном НАТИ для серийного выпуска типа газобаллонных автобусов ЗИС-8 — фильтр стоит на пути между баллонами и редуктором.

Корпус фильтра выполнен в виде литого стального цилиндра с штуцерами для входа и выхода газа. Очистительный патрон вставляется в широкое отверстие в корпусе фильтра, закрываемое пробкой на резьбе.

12. ВЕНТИЛИ, ТРОЙНИКИ, ТРУБЫ И ПРОЧИЕ ДЕТАЛИ ГАЗОВОЙ АППАРАТУРЫ

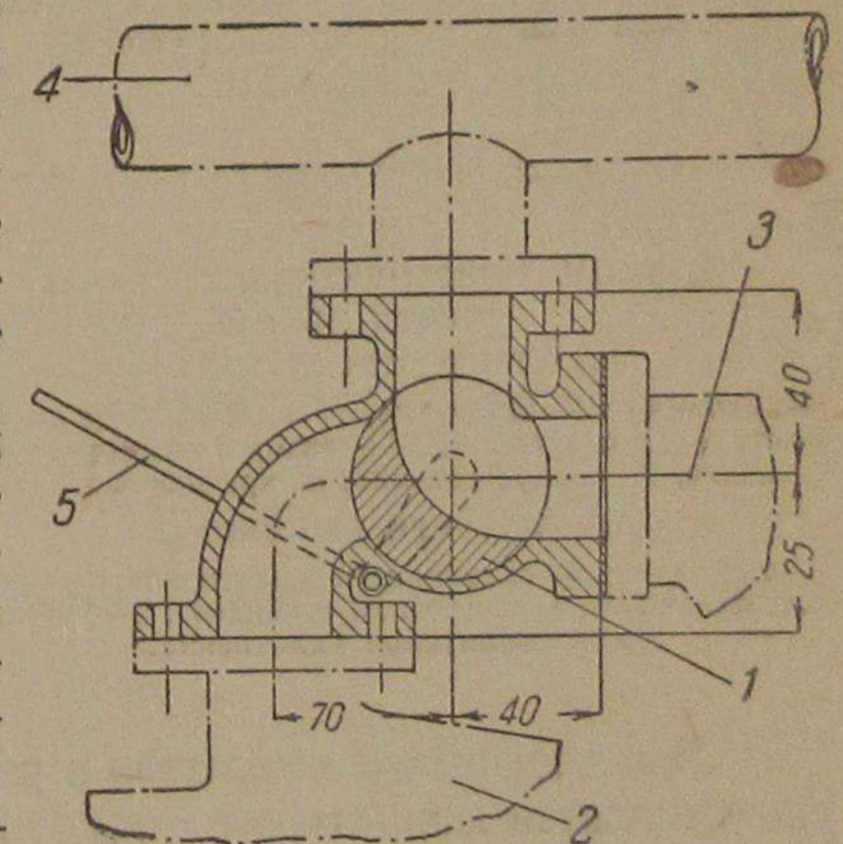
Из остальных деталей газовой аппаратуры газобаллонных автобусов следует отметить трехходовой кран, устанавливаемый в некоторых вариантах машин для параллельного подвключения смесителя и карбюратора к всасывающему патрубку двигателя. Устройство трехходового крана понятно без разъяснений из схемы, приводимой на фиг. 18; тяга к золотнику трехходового крана соединяется с манеткой, управляемой от руки шофера. Дроссели карбюратора и смесителя при этом соединяются тягой так, что управление ими осуществляется от одной и той же педали акселератора. Трехходовой кран изображенного на схеме типа, равно как оба описанные типа редукторов, смеситель и фильтр, — в настоящее время освоены производством на Куйбышевском карбюраторном заводе

Исключительно высокое зарядное давление и присутствие в составе газа ядовитой окиси углерода, предъявляют требования особой прочности и герметичности не только к баллонам и всем вышеописанным деталям газовой аппаратуры, но также и ко всей газопроводящей системе, ее соединениям и вентилям.

В соответствии с этими требованиями вентили при баллонах выполняются по чертежу, приведенному на фиг. 19а.

Маховичок 1, одетый на шпindel 2, при вращении открывает и закрывает клапан вентили. Заканчивающая шпindel стальная пластинка 4 сообщает вращение телу клапана 5, снабженному прокладкой из фибры 6; при этом клапан двигается вверх или вниз в резьбе корпуса вентили 7. При открытии вентили и повышении давления под клапаном — утечке газа через резьбу клапана препятствует проклад-

ка. При закрытии вентили и понижении давления под клапаном — утечке газа через резьбу клапана препятствует проклад-



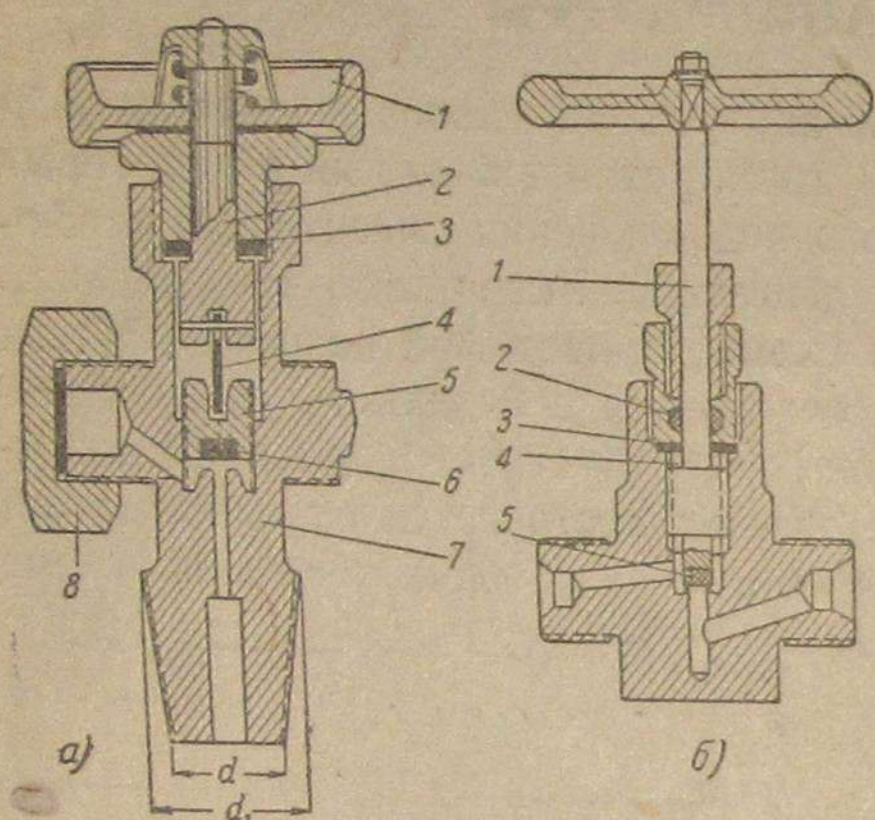
Фиг. 18. Схема трехходового клапана с золотниковым клапаном для параллельного подвключения смесителя и карбюратора к всасывающему патрубку

1—золотник; 2—карбюратор; 3—смеситель
4—всасывающий патрубок двигателя.

дочное кольцо 3, к которому прижимается шпindelь 2 при поднятии клапана.

Присоединение отводов к вентилю осуществляется через штуцер с наружной левой нарезкой. При отсутствии присоединения к баллону, соединительный штуцер обязательно закрывается крышкой 8. Особенностью баллонного вентиля является коническая нарезка нижней части корпуса, которой он ввинчивается в баллон. Размеры этой нарезки нормализованы: конусность 3 : 25.

Для главного запорного вентиля рекомендуется конструкция, обеспечивающая еще большее уплотнение в шпинделе маховичка (см. фиг. 19б).



Фиг. 19. Конструктивные схемы вентиляей

а) стандартного типа:

1—маховичок; 2—шпindelь; 3—прокладочное кольцо; 4—стальная пластинка; 5—клапан; 6—фибровая прокладка; 7—корпус вентиля; 8—крышка штуцера;

б) главного запорного:

1—шпindelь; 2—сальниковое уплотнение; 3—фибровая прокладка; 4—запечки шпинделя; 5—фибровое или эбонитовое уплотнение.

Для соединения смесителя с редуктором низкого давления обычно употребляется дюрритовый газопровод.

Непременной принадлежностью всякого газобаллонного автомобиля являются запломбированные манометры со шкалой на 300 ат.

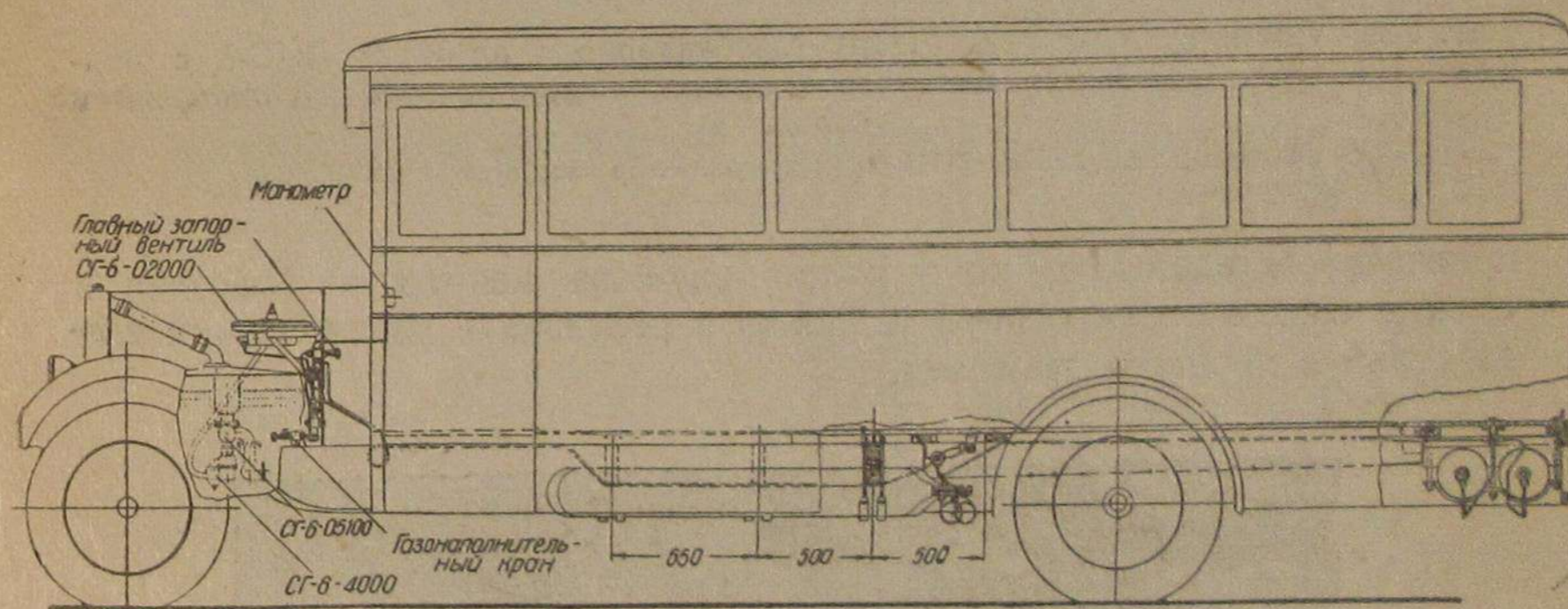
В систему газовой аппаратуры автомобилей, питаемых не светильным, а природными газами, с большим содержанием метана, включается также подогреватель. В противном случае, редуцирование газа может привести к слишком большому охлаждению, вызывающему примораживание дросселирующего клапана в редукторе высокого давления. Подогреватель представляет собой стальную трубку, навитую в виде трубки вокруг глушителя. Для автомобилей на светильном газе с большим процентом водорода устройство специального подогревателя необязательно.

13. КОНСТРУКТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ ЗИС-8

Как уже указывалось, НАТИ¹ составил (в нескольких вариантах) технический проект и рабочие чертежи по переоборудованию стандартных автобусов ЗИС-8 для комбинированного питания их бензином или светильным газом. Несколько автобусов уже переоборудованы по этим чертежам в мастерских второго автобусного парка Москвы.

В основу проекта НАТИ было положено требование минимума конструктивных переделок шасси, двигателя и кузова стандартного автобуса. Поэтому ни в двигателе, ни в шасси газобаллонного автобуса ЗИС-8 нет никаких принципиальных конструктивных изменений, кроме дополнения баллонами и газовой аппаратурой, а в кузове изменения настолько незначительны, что не отражаются на полезной площади кузова и не меняют внешнего габарита машины.

Фиг. 20 а и б соответствуют продольному разрезу и плану газобаллонного автобуса ЗИС-8 (НАТИ). Как можно судить по чертежам,



Фиг. 20а. Сборочный чертеж (разрез) газобаллонного автобуса ЗИС-8 с подкузовным расположением баллонов (вариант с поперечным расположением задних баллонов)

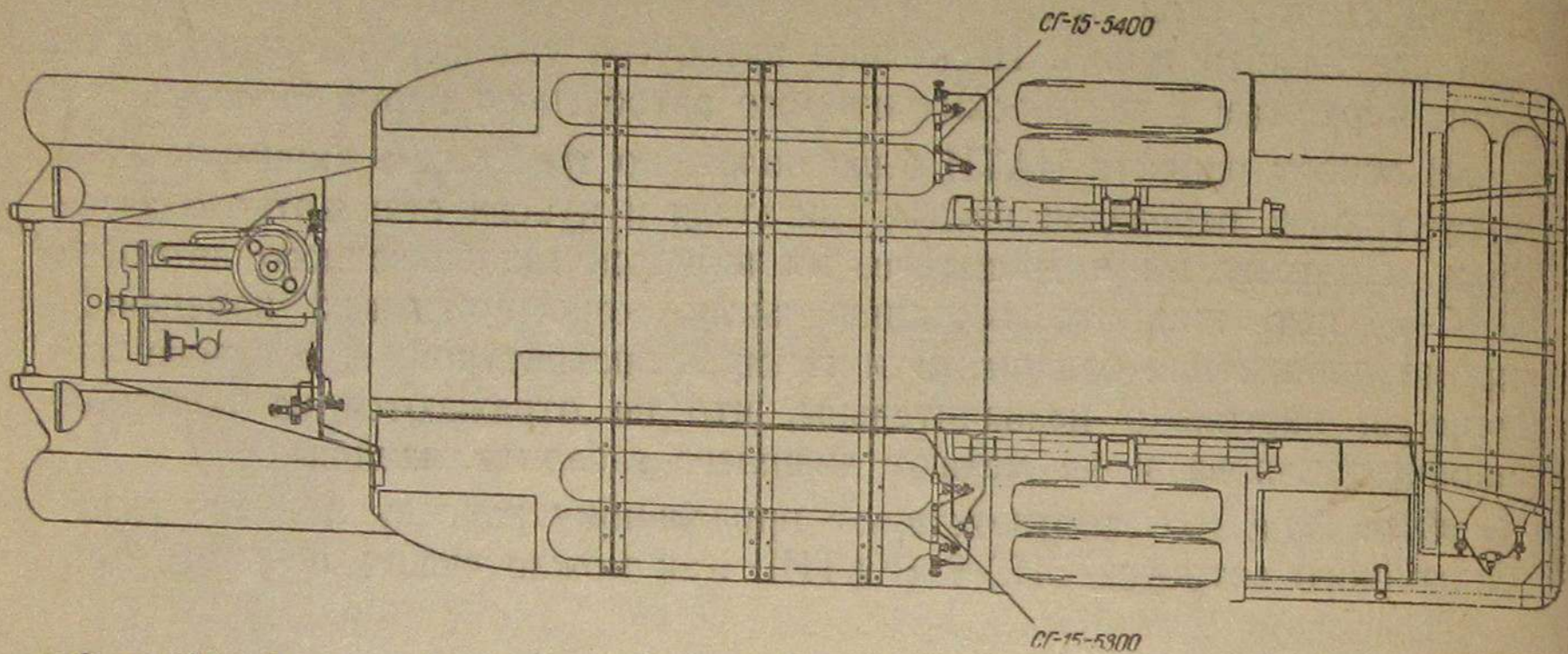
1—газонаполнительный кран; 2—главный запорный вентиль; 3—манометр; 4—одноступенчатый редуктор (СГ-6-02000); 5—газовый смеситель (СГ-6-04000); 6—трехходовой кран (СГ-6-05100).

на автобусе устанавливаются 6 баллонов для запаса газа (размеры и емкость баллонов указаны в гл. 9); четыре продольных баллона подвешены вдоль кузова, по два с правой и левой стороны, к 3 балкам, сваренным из углового железа и прикрепленным стремлянками к раме автобуса. Сверху баллоны обжаты тремя опорными деревянными колодками с вырезанными в них полукруглыми гнездами, обитыми пеньковой лентой. Снизу баллоны лежат на скобах такой же конфигурации, но выполненных из полосовой стали. Колодки, скобы и заключенные между ними баллоны стянуты сквозными болтами. О внешнем виде

¹ Группа сжатых газов, руководитель группы инж. Г. И. Самоль.

обжимающих баллоны скоб можно получить представление по фиг. 21, где засняты баллоны «Алюмаг», обжатые скобами аналогичного типа.

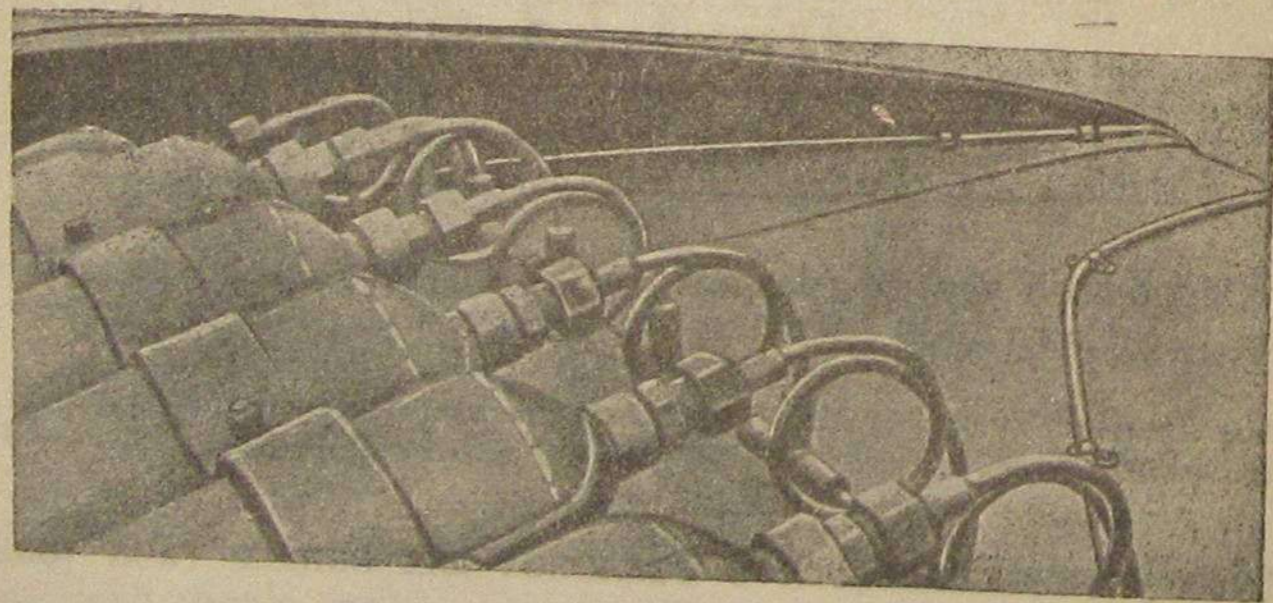
Два задних баллона таким же способом подвешены к полу в задней части кузова. Для усиления пола положены усиливающие уголки. Задний узел впоследствии был перепроектирован, так как в выше-



Фиг. 20б. Сборочный чертеж (план) газобаллонного автобуса ЗИС-8 с подкузовным расположением баллонов (вариант с поперечным расположением баллонов)

1—коллектор газа левый (СГ-15-5300); 2—коллектор газа правый (СГ-15-5400).

приведенном варианте, конструкция внушила некоторые опасения в смысле возможности отрыва баллонов в результате динамических воздействий в процессе движения.



Фиг. 21. Фигурные скобы для крепления баллонов на автомобиле.

В последующем варианте задние баллоны получили расположение вдоль рамы, между и несколько ниже лонжеронов (см. фиг. 22). В этом варианте вентили баллонов почти касаются обшивки кузова, в связи с чем задний буфер автобуса должен выполняться сквозным.

Более целесообразным следовало бы считать расположение задних баллонов вентилями, обращенными по ходу движения автобуса.

Выводные трубки каждой пары продольных баллонов подведены к объединительным коллекторам — левому (СГ-15-5300) и правому (СГ-15-5400). Выводные трубки обоих задних баллонов объединяются тройником. Второй тройник поставлен около левого коллектора и объединяет все шесть баллонов в общую магистраль, подводящую газ через третий, последний тройник, расположенный на передней стенке

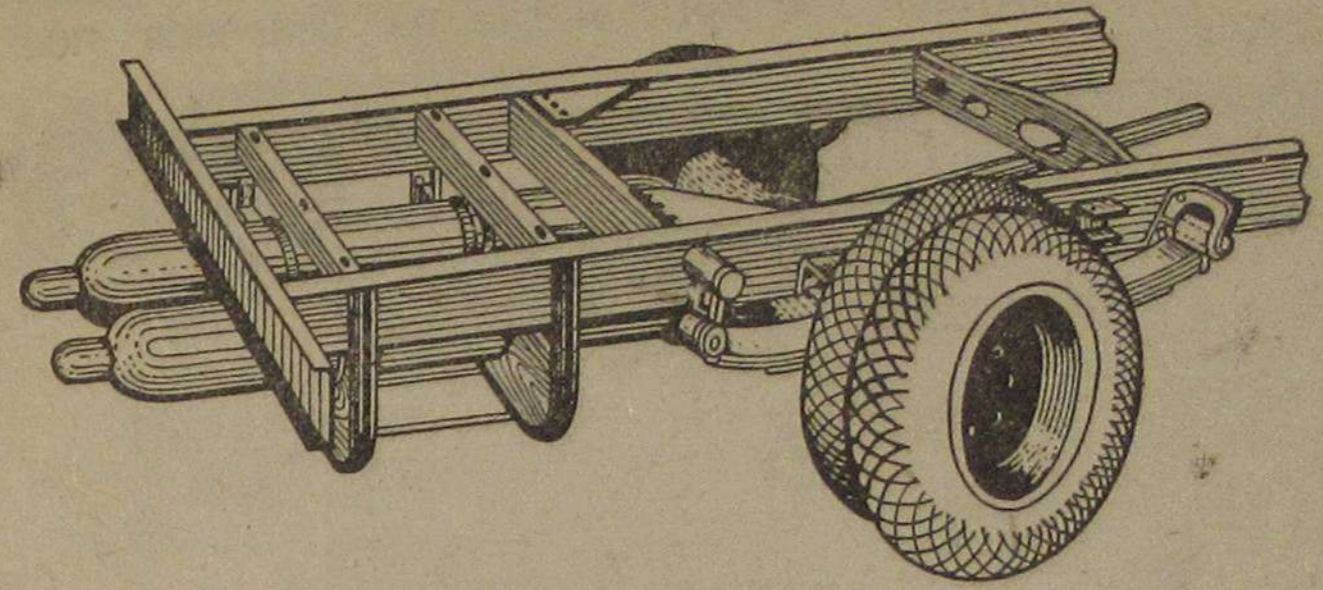


Рис. 22. Эскиз продольного расположения задних баллонов на газобаллонном автомобиле ЗИС-8.

кузова, к газонаполнительному крану и ко всей газовой аппаратуре. Расположение отдельных деталей аппаратуры и газовой проводки под

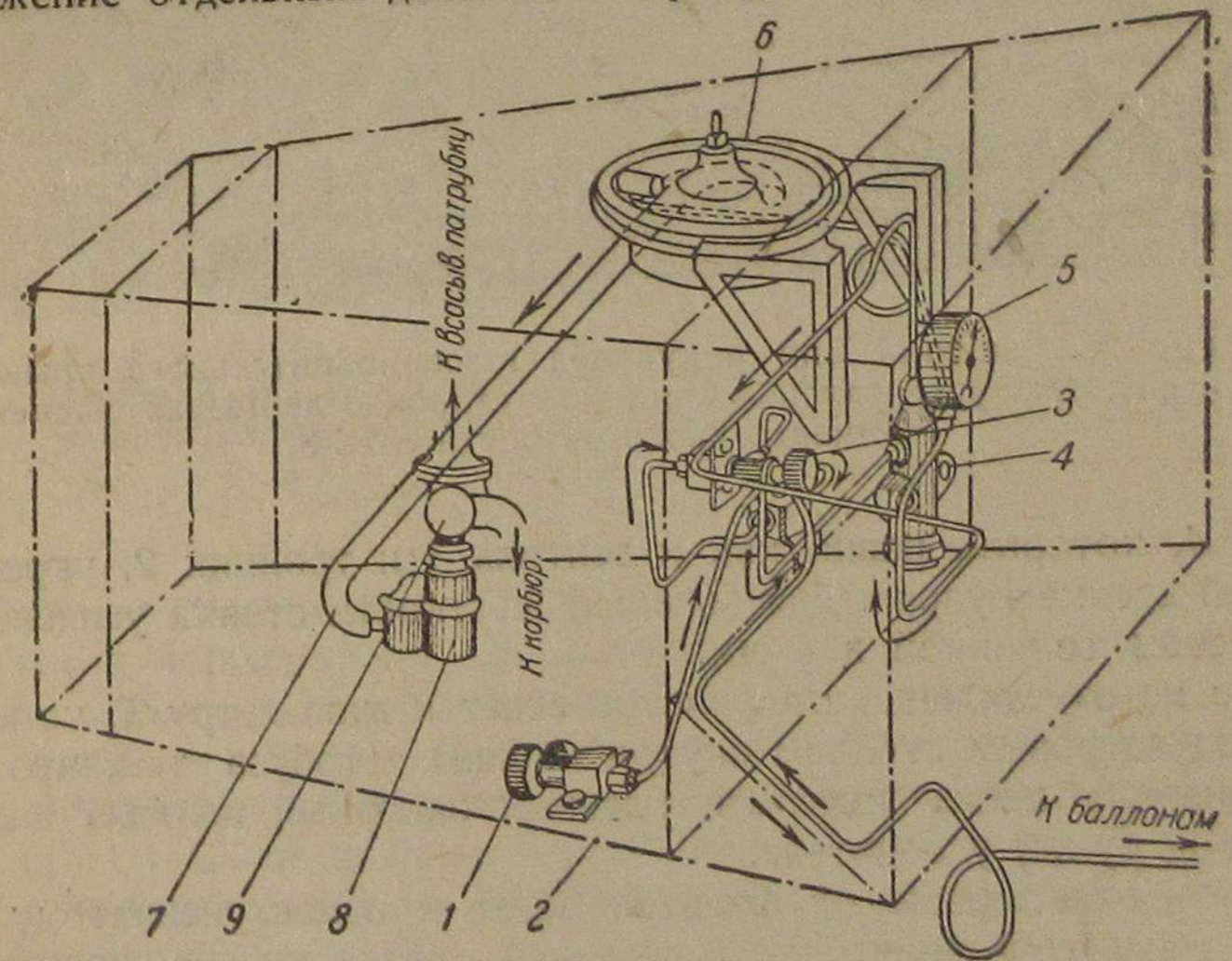


Рис. 23. Схема расположения газовой проводки и аппаратуры газобаллонного автобуса ЗИС-8 под капотом двигателя 1—газонаполнительный кран; 2—тройник; 3—главный запорный вентиль; 4—газовый фильтр; 5—манометр; 6—редуктор; 7—газопровод низкого давления; 8—смеситель; 9—трехходовой кран (при установке смесителя в едином агрегате с карбюратором—отсутствует).

капотом двигателя, ввиду мелкости масштаба фиг. 20, вынесено на отдельный чертеж (фиг. 23).



На кронштейне, прикрепленном к лонжерону рамы, установлен газонаполнительный кран 1. Поступающий извне газ направляется через этот кран к тройнику 2, связанному с магистралью высокого давления, по которой газ направляется к баллонам (при условии, что вентиль 3 в это время закрыт).

После зарядки газом, когда работа двигателя автобуса осуществляется на газе, вентиль 3 открыт и газ из баллонов поступает в

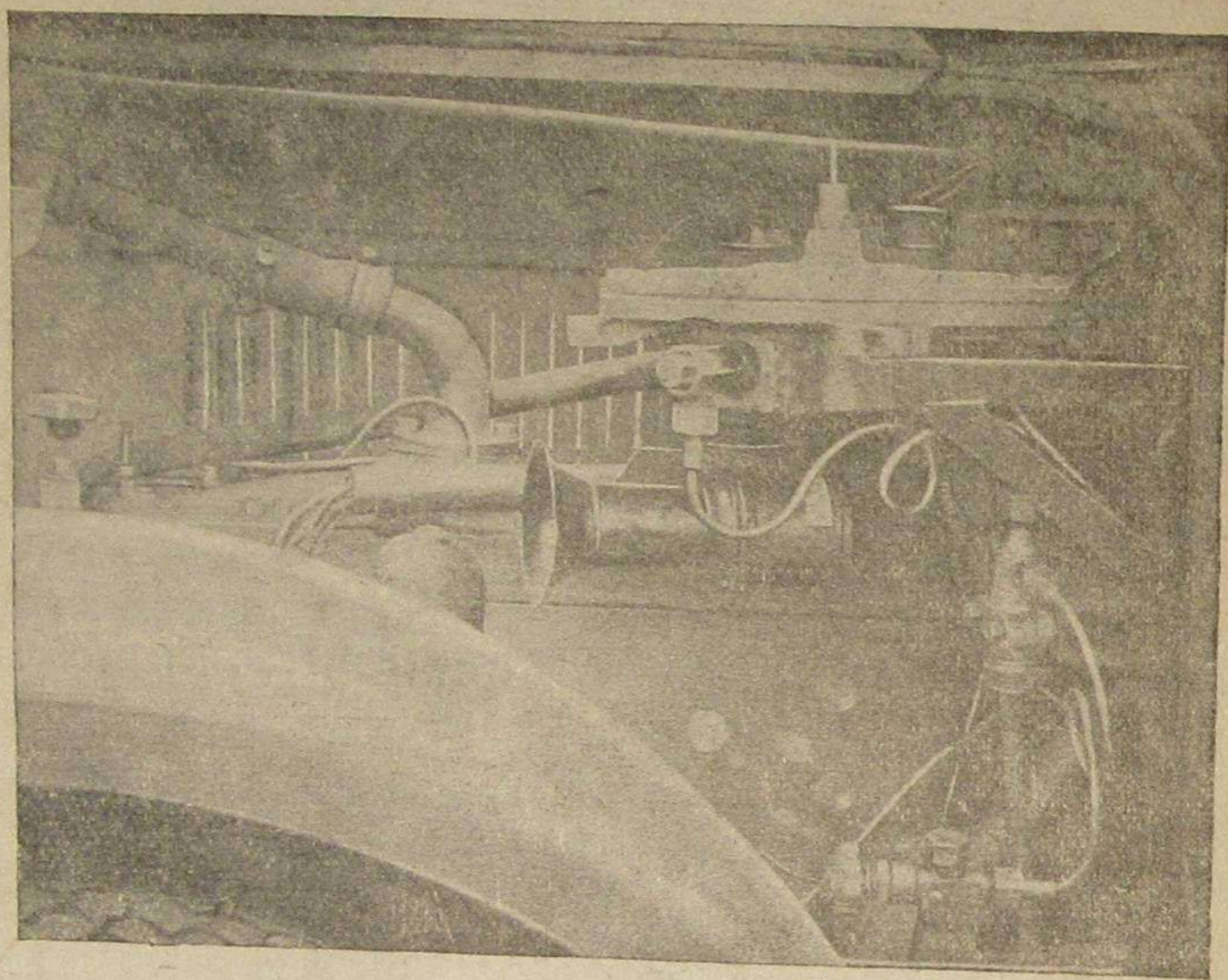


Рис. 24. Внешний вид редуктора газонаполнительного крана и фильтра, установленных с левой стороны двигателя экспериментального автобуса ЗИС-8.

фильтр 4, который, равно как и вентиль 3 и тройник 2, укреплен на передней стенке кузова. Для большей жесткости стенка усилена стальным листом толщиной в 4 мм.

Одно из ответвлений от фильтра ведет к манометру 5, установленному под ветровым стеклом внутри кабины автобуса так, что он хорошо виден с места водителя. Главный запорный вентиль находится также под рукой у водителя.

Второе ответвление от фильтра ведет к одноступенчатому редуктору 6. Редуктор укреплен на передней стенке кузова, под капотом, при помощи кронштейнов. Характер установки редуктора на кронштейнах ясно виден на фиг. 24, где заснята левая сторона двигателя экспериментального газобаллонного автобуса НАТИ. В первой серии советских газобаллонных автобусов ЗИС-8 редуктор смещен несколько вправо для сокращения длины трубопровода низкого давления. Так же отнесены на правую сторону двигателя фильтр и газонаполнительный кран, отчетливо видимые на фиг. 24.

Трубопровод низкого давления 7 соединяет редуктор 6 со смесителем 8. Характер присоединения трубопровода к смесителю показан на фиг. 25 (эта фотография снята с экспериментального автобуса). При соединении смесителя к всасывающему патрубку двигателя на фотографии показано осуществленным последовательно через карбюратор. У автобусов ЗИС-8 вначале предполагалось направлять газоздуш-

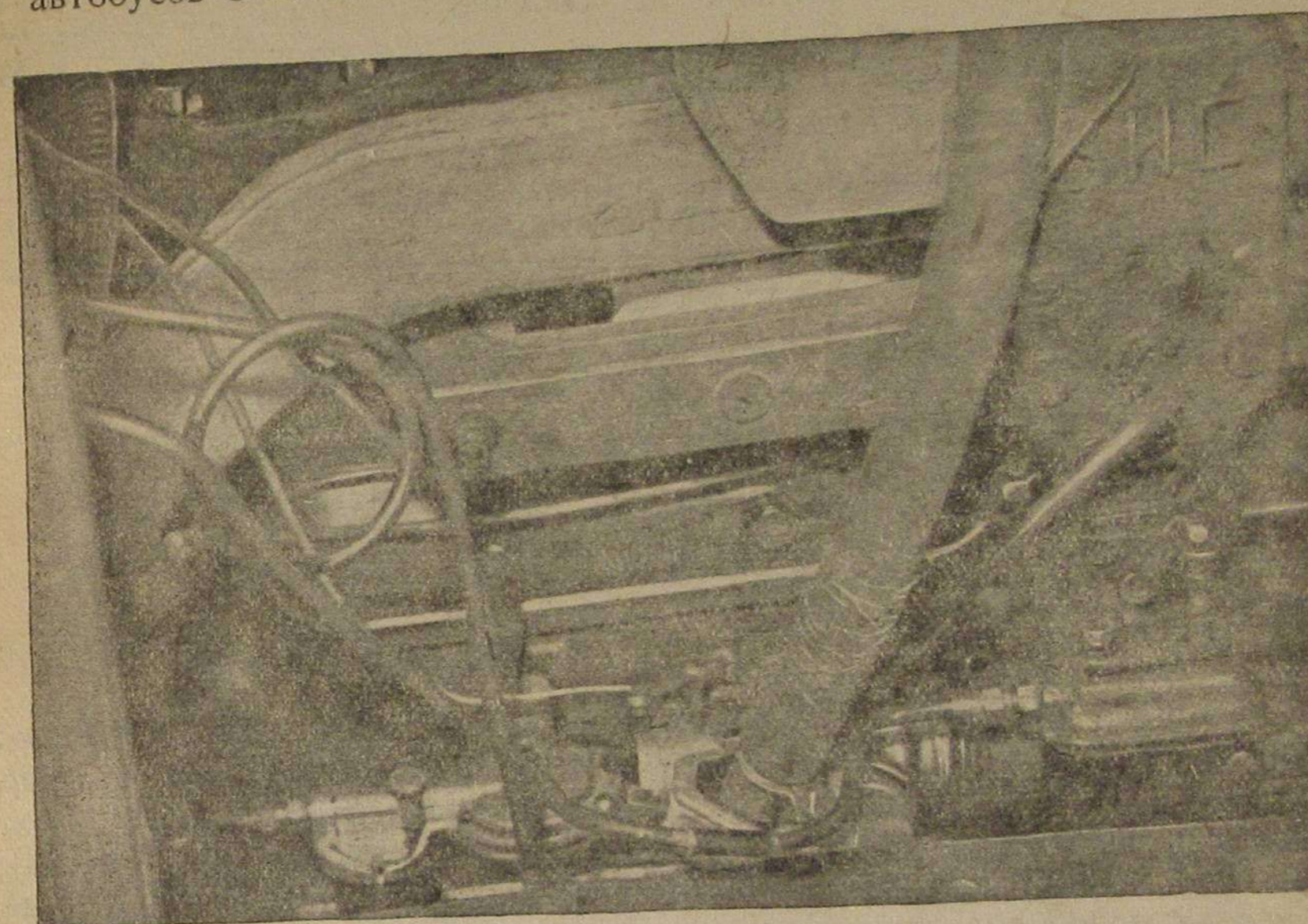


Рис. 25. Внешний вид газоздушного смесителя и шланга низкого давления, установленных с правой стороны двигателя экспериментального автобуса ЗИС-8.

ную смесь от смесителя в трехходовой кран 9, имеющий фланцевые соединения с карбюратором и смесителем. Для управления воздушной заслонкой смесителя и переключения золотника трехходового крана к водителю выводились два дополнительных гибких троса с манетками на щитке управления. Тяги дроссельных заслонок смесителя и карбюратора при этом соединялись параллельно. У выпущенных в опытную эксплуатацию газобаллонных автобусов ЗИС-8 смеситель заблокирован с карбюратором.

Все изменения в кузове стандартного автобуса ЗИС-8 при переделке его для питания светильным газом заключаются: 1) в обрезке боковой обшивки кузова в нижней части и установке взамен нее сменных фальшбортов; 2) в замене бензобака ЗИС-8 другим баком меньшей емкости (35 л); 3) в переносе аккумуляторного ящика внутрь рамы и 4) в переносе инструментального ящика под заднее пассажирское сидение.

Таким образом, работы по переделке стандартных автобусов в газобаллонные не являются сложными и затруднительными.

Вся газовая аппаратура — баллоны, тройники, вентили (общим числом 10), медные трубки (общей длиной около 14 м) и отдельные детали крепления — заводского производства и частично стандартизированы. Производство остальных деталей (колодок, скоб) под силу авторемонтным мастерским даже не особенно большого масштаба; так оборудование газобаллонных автобусов в Москве производилось в мастерских второго автобусного парка Москвы.

Таблица 3

Данные о весе и полезной нагрузке стандартного и газобаллонного автобусов ЗИС-8

Показатели	Стандартный автобус (ОСТ-7612)	Газобаллонный автобус
Вес без нагрузки в кг	4 200	4 585
Вес с нагрузкой в кг	6 100	6 085
Нагрузка (общим числом перевозимых людей)	29	23
Вес на переднюю ось в кг	1 710	1 655
Вес на заднюю ось в кг	4 390	4 430

Совокупность всего устанавливаемого на автобусе дополнительного оборудования дает утяжеление автобуса примерно на 400 кг. С этим утяжелением приходится считаться при эксплуатационных расчетах, учитывая некоторое уменьшение вместимости автобуса при сохранении неизменной величины его общего веса. Сравнительные данные о весе и полезной нагрузке стандартного и газобаллонного автобусов приведены в табл. 3.

14. ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ ЗИС-8

Для суждения о динамических качествах газобаллонных автобусов ЗИС-8 научно-исследовательским институтом городского транспорта были сделаны тяговые расчеты, которым предшествовали практические дорожные испытания опытного автобуса, оборудованного импортной газовой аппаратурой.

Испытания автобуса проводились НАТИ летом как в городских, так и в загородных условиях, с полной полезной загрузкой. В обстановке испытаний сильно отличалась от режима нормальной эксплуатации автобусов: частота остановок не соблюдалась и продолжительность заправки газом составляла около двух часов (ввиду низкой производительности компрессора), что, конечно, совершенно неприемлемо с эксплуатационной точки зрения.

Движение автобуса совершалось попеременно на газе и на бензине. На времени запуска холодного двигателя — род горючего почти

не сказывался. Перевод двигателя на работу с газа на бензин совершался почти моментально; требовалось лишь короткое время для перекрытия газовых и бензиновых кранов и заслонок. Перевод с бензина на газ продолжался несколько дольше; в работе двигателя наблюдались перебои, пока не выработывался бензин в поплавковой камере карбюратора.

На холостом ходе двигатель автобуса работал на газе вполне устойчиво, выдерживая малые обороты (400—500 об/мин). При движении по горизонтальному пути с установившейся скоростью автобус развивал скорость до 53 км/час на газе против 56 км/час на бензине. Средняя техническая скорость на газе в условиях как безостановочного движения, так и комбинированного, но не трудного дорожного профиля, составляла 32 км/час.

Разгон автобуса совершался на газе с несколько меньшим средним ускорением, чем на бензине; при разгоне с места, с переключением всех передач, произведенном на горизонтальном участке, на дистанцию в 0,5 км, автобус набрал скорость в 53,3 км/час, двигаясь на бензине, и 47, км/час, двигаясь на газе.

На дистанции в 300 м (при разгоне с места), автобус набрал скорость 46,8 км/час (13 м/сек.) на бензине и 39,6 км/час (11 м/сек) на газе. Среднее ускорение разгона¹ при этом соответственно составило 0,28 и 0,20 м сек².

Двигатель автобуса неизменно показывал хорошую приемистость при работе на газе. В процессе испытаний не было выявлено сколько-нибудь значительных конструктивных дефектов и лишь необходимость в частой притирке клапана редуктора (примерно каждые 250 км) указала на недостаточную очистку газа перед его поступлением в баллоны.

Теоретический анализ внешней характеристики двигателя автобуса, работающего на газе, подкрепил выводы практических испытаний, показав, что при сохранении неизменной компрессии двигателя — его динамика несколько понижается при переходе с бензина на газ.

¹ Определяемое по формуле $a_{cp} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2L}$

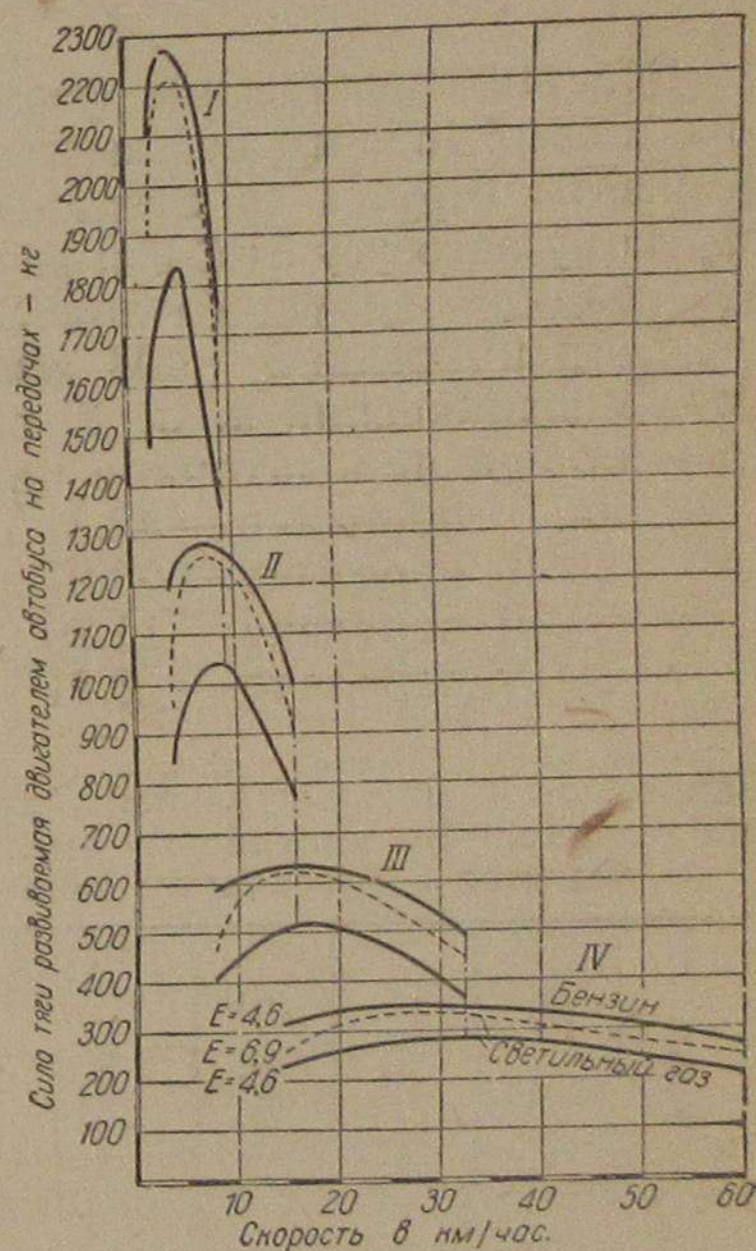


Рис. 26. Диаграмма зависимости $P=f(V)$ для двигателя ЗИС-8 на различных передачах на бензине и светильном газе.

Метод тяговых расчетов акад. Е. А. Чудакова, использованный для сравнения динамики бензинового и газового автобуса, в отдельных деталях варьирован автором настоящего труда.

Внешняя характеристика двигателя (фиг. 1) перестроена в диаграмму функциональной зависимости силы тяги, приложенной на обод ведущего колеса от поступательной скорости автомобиля (фиг. 26).

В процессе перерасчета учитывается взаимозависимость силы тяги и эффективной мощности двигателя, характеризуемая формулой:

$$P = \frac{N_e}{n} \frac{716,2 \cdot \eta}{r_k} \text{ кг}$$

и взаимозависимость между числом оборотов двигателя и скоростью автомобиля:

$$V = 0,094 \frac{0,95 \cdot r_k}{i_0} \text{ км/час.}$$

Обе вышеприведенные формулы служат основанием для составления табл. 4, причем отдельные входящие в ее состав постоянные коэффициенты берутся со следующими значениями, свойственными стандартному автобусу ЗИС-8 и не зависящими от рода горючего:

r_k — радиус ведущего колеса, с учетом коэффициента, деформации покрышки — 408 мм,

η — механический к. п. д. трансмиссии — 0,85,

i_0 — общее передаточное число:

на I передаче — 42,31

„ II передаче — 23,97

„ III передаче — 11,79

„ IV передаче — 6,41

Таблица 4

Зависимость поступательной скорости автобуса ЗИС-8 и силы тяги на обод ведущего колеса от числа оборотов двигателя, работающего на бензине и светильном газе с равной степенью сжатия ($\epsilon=4,6$)

n об/мин.	N _e л. с.	N _e п	N _e 1489,6 п	I передача		II передача		III передача		IV передача	
				V ₁ км/час	P ₁ кг	V ₂ км/час	P ₂ кг	V ₃ км/час	P ₃ кг	V ₄ км/час	P ₄ кг
Б е н з и н											
600	20	0,0333	4,6	2,2	2 100	3,8	1 190	7,8	585	14,4	318
1000	36	0,0360	53,6	3,6	2 270	6,3	1 280	13,0	630	24,0	345
1400	50	0,0357	53,2	5,0	2 250	8,8	1 270	18,2	625	33,6	342
1800	62	0,0345	51,4	6,5	2 150	11,3	1 230	23,4	605	43,2	330
2200	68	0,0310	46,2	7,9	1 950	13,9	1 110	28,6	545	52,8	297
2500	70	0,0286	41,7	9,0	1 760	15,7	1 000	32,5	490	60,0	268
С в е т и л ь н ы й г а з											
600	14	0,0234	34,9	2,2	1 480	3,8	840	7,8	410	14,4	225
1000	28	0,0280	41,7	3,6	1 760	6,3	1 000	13,0	490	24,0	268
1400	41	0,0293	43,6	5,0	1 840	8,8	1 040	18,2	515	33,6	280
1800	48,5	0,0270	40,2	6,5	1 700	11,3	960	23,4	475	43,2	259
2200	53	0,0241	35,9	7,9	1 520	13,9	860	28,6	420	52,8	231
2500	53	0,0212	31,6	9,0	1 340	15,7	760	32,5	370	60,0	204

Для получения величин удельных ускоряющих усилий, развиваемых двигателем автобуса при различной скорости движения, итоговые данные табл. 4 соответствующим образом обрабатываются. С этой целью, к величине силы тяги вводится поправочный коэффициент $1/\varphi$, учитывающий расходование мощности автомобиля на преодоление инерции вращающихся масс двигателя при ускорении движения автобуса. Кроме того, из величины силы тяги вычитаются величины усилий, расходуемых на преодоление воздушных сопротивлений. Разность относится к единице веса автобуса (1 кг).

Коэффициент φ , определяемый по формуле акад. Е. А. Чудакова,

$$\varphi = 1 + 0,06 i_k^2,$$

существенно изменяется, увеличиваясь на низких передачах. Для автобуса ЗИС-8:

$$\varphi_1 = 1 + 0,06 \cdot 6,60^2 = 3,614$$

$$\varphi_2 = 1 + 0,06 \cdot 3,74^2 = 1,839$$

$$\varphi_3 = 1 + 0,06 \cdot 1,84^2 = 1,203$$

$$\varphi_4 = 1 + 0,06 \cdot 1,00^2 = 1,060$$

Воздушное сопротивление движению автобуса ЗИС-8 определяется по формуле

$$W = k F V^2,$$

где:

F — лобовая поверхность автобуса ЗИС-8 = 4,6 м²,

k — коэффициент воздушного сопротивления = 0,005 V².

Вывод величин ускоряющих усилий в кг/кг веса автобуса (при $g=6100$ кг как для бензинового, так и для газового питания) помещен в табл. 5.

Ускоряющие усилия, развиваемые двигателем автобуса, расходуются на преодоление дорожных сопротивлений движению. К таковым относятся сопротивление качению, неизменное в пределах единообразного дорожного покрытия (для асфальта = 0,02), и сопротивление уклона дороги — положительное на подъемах и отрицательное на спусках.

В зависимости от изменения величины уклона меняется и характер разгона автомобиля. Эта взаимозависимость для газобаллонного автобуса ЗИС-8 изображена при помощи диаграмм (фиг. 27 и 28), где в левой части построены кривые ускоряющих усилий: $D_u = f(V)$, а в правой части — кривые разгона: $V = f(L)$. Графический метод интегрирования дифференциального уравнения движения (так называемый способ Дедуи-Липеца) дает возможность построения пучка кривых разгона, применительно к различным значениям величины уклона в пределах $\pm 5\%$.

Масштабы, в которых выполнены левая и правая диаграммы (фиг. 27 и 28), связаны определенным соотношением

$$y = \frac{120 m^2}{k} \text{ мм в 1 км пути,}$$

Таблица 5

Зависимость скорости движения автобуса ЗИС-8 и величин ускоряющих усилий, развиваемых двигателем автобуса на передачах при движении на бензине и светильном газе при неизменной степени сжатия ($\epsilon=4,6$)

Коэф. инерционных потерь	V км/час	P кг	P/φ кг	W кг	$\frac{P}{\varphi} - W$ кг	D_u кг
Б е н з и н						
I передача $\varphi_1=3,614$	3,0	2 230	620	—	620	0,102
	5,0	2 250	630	—	630	0,103
	9,1	1 760	493	2	491	0,081
II передача $\varphi_2=1,839$	9,1	1 270	691	2	689	0,113
	10,0	1 255	683	2	681	0,112
	15,0	1 051	571	4	567	0,093
	16,1	1 000	544	4	540	0,089
III передача $\varphi_3=1,203$	16,1	630	529	4	525	0,086
	20,0	620	521	9	512	0,084
	25,0	590	496	16	480	0,079
	30,0	530	445	21	424	0,070
	32,5	495	416	25	391	0,064
IV передача $\varphi_4=1,060$	32,5	345	328	25	303	0,050
	40,0	335	318	36	282	0,046
	50,0	315	299	58	211	0,040
	60,0	270	256	83	173	0,028
С в е т и л ь н ы й г а з						
I передача $\varphi_1=3,614$	3,0	1 700	469	—	469	0,077
	5,0	1 840	508	—	508	0,083
	9,1	1 350	373	2	371	0,061
II передача $\varphi_2=1,839$	9,1	1 040	566	2	564	0,092
	10,0	1 015	552	2	550	0,090
	15,0	800	435	4	431	0,071
	16,1	700	413	4	409	0,067
III Передача $\varphi_3=1,203$	26,1	515	428	4	424	0,070
	20,0	505	420	9	411	0,07
	25,0	460	383	16	367	0,060
	30,0	405	339	21	318	0,052
	32,5	370	308	25	283	0,046
IV передача $\varphi_4=1,060$	32,5	280	264	25	239	0,039
	40,0	270	255	36	219	0,036
	50,0	240	226	58	174	0,029
	60,0	210	198	83	115	0,019

где:

m — масштаб скоростей: мм в 1 км/час

k — масштаб ускоряющих усилий: мм в 1 кг/т¹.

При таком соотношении масштабов, кривая $V=f(L)$, для неизменного уклона, — строится как обертывающая к серии касательных, образующих с осью L некоторый угол β . Свойство этого угла таково, что в пределах бесконечно малого участка кривой $V=f(L)$ — он

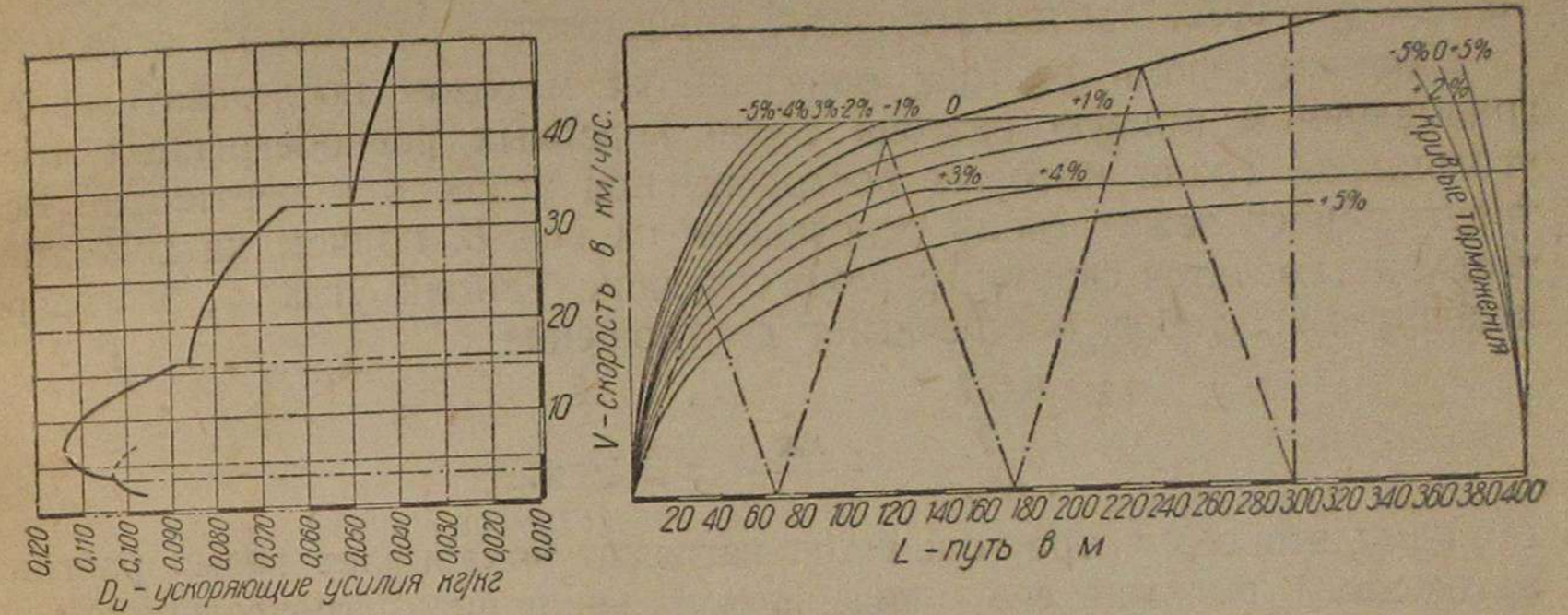


Рис. 27. Диаграмма зависимости $D_u=f(V)$ (слева) и $V=f(L)$ при различных сопротивлениях движению (справа) для двигателя ЗИС-8, работающего на бензине.

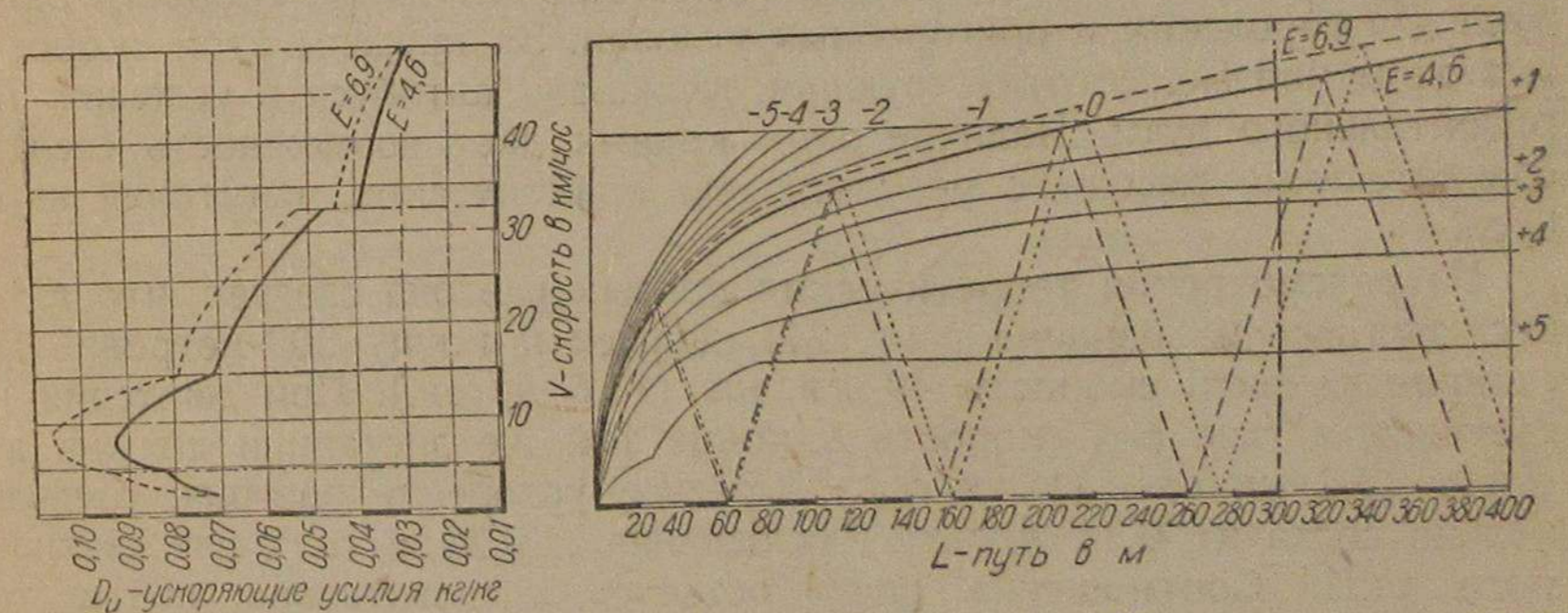


Рис. 28. Диаграмма зависимости $D_u=f(V)$ —слева и $V=f(L)$ при различных сопротивлениях движению (справа) для двигателя ЗИС-8, работающего на светильном газе.

равен углу α , который образуется от пересечения оси V с лучом, соединяющим соответствующий по скорости участок кривой $D_u=f(V)$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\partial V}{\partial t} \cdot \frac{1}{V} g \cdot 3,6^2$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dV}{dL} = \frac{dV}{dt} \cdot \frac{1}{V}$$

¹ Практически при расчетах были использованы масштабы в 1 мм: $m = 0,5$ км/час, $k = 1$ кг/т, $y = 0,00208$ км.

с центром осей координат. Тангенсы углов β и α соответственно равны:

Подбор масштабов, обеспечивающий равенство углов α и β , дает возможность легкой трансформации убывания D_u (в координатах αD_u и V) в возрастание V (в координатах V и L).

Всякое изменение уклона вызывает смещение центра осей координат D_u и V — вдоль оси абсцисс. Для построения кривой разгона в условиях горизонтального пути — центр координат находится в точке $D_u = 0,02$, соответствующей коэффициенту качения на асфальте.

Наконец, время разгона определяется методом последовательного вписывания в кривую разгона серии подобных равнобедренных треугольников, грани которых построены под углом δ к вертикали. Все треугольники лежат своим основанием на оси L , причем каждый треугольник касается своими гранями соседних. Тангенс угла δ , благодаря подбору масштабов, обеспечивает соотношение

$$\frac{0,167}{\frac{2}{0,0167}} \frac{\text{км}}{\text{км/сек}} = 5 \text{ сек.},$$

поэтому вся серия треугольников наглядно показывает время разгона автомобиля, выражая его в виде произведения числа треугольников на интервал в 10 сек.

На диаграммах фиг. 27 и 28 — пучки кривых разгона — доведены только до скорости в 40 км/час, т. е. ограничительной скорости автобуса для городских и пригородных условий. За пределы этой скорости выведены кривые, соответствующие движению автобуса в условиях горизонтального пути. Наличие этих кривых дает возможность сделать сравнительные выводы с результатами практических испытаний автобуса.

Из рассмотрения теоретических кривых разгона следует, что автобус, двигаясь на бензине (фиг. 27), должен к концу 300-метровой дистанции развить скорость 49 км/час (13,6 м/сек.). При движении на светильном газе его скорость в конце той же дистанции должна достигнуть 43,2 км/час. (12 м/сек.). Среднее ускорение разгона, следовательно составит 0,31 м/сек². для бензина и 0,24 м/сек². для светильного газа. Соотношение цифр остается, следовательно, почти таким же, как и выявленное в результате практических испытаний. Абсолютная теоретическая величина скорости и среднего ускорения несколько выше аналогичной практической величины. Однако по своим размерам для бензинового двигателя она очень близка к данным испытаний автомобилей со стандартным двигателем ЗИС-5.

Наличие диаграмм (фиг. 27 и 28) позволяет решить еще один существенный вопрос о том, каковы будут динамические свойства газобаллонного автобуса, на котором, с одной стороны, будет проведено повышение компрессии двигателя, а с другой, полностью восстановлена нормальная полезная нагрузка.

Увеличение степени сжатия двигателя автобуса почти уравнивает мощность двигателя до размеров мощности, которую она развивает

на бензине с неизменной степенью сжатия ($\epsilon = 4,6$). Об этом можно судить по фиг. 26, а также по фиг. 28, где кривая сила тяги, соответствующая работе на газе при степени сжатия $\epsilon = 6,9$, нанесена пунктиром. Вместе с тем, в табл. 3 было указано, что при сохранении неизменного общего веса (6 100 кг), газобаллонный автобус, благодаря размещению на нем баллонов и газовой аппаратуры, теряет в полезной нагрузке до 400 кг. Восстановление полезной нагрузки в прежнем объеме влечет за собой увеличение общего веса автобуса до 6 500 кг; создающийся при этом перегруз не превышает 6,5% общего веса и с точки зрения конструктивной прочности может быть допущен; что же касается величины резервной мощности, то последняя, как оказывается, вполне покрывается повышением компрессии.

В самом деле: на фиг. 28, в левой части, пунктиром нанесена кривая $D_u = f(V)$, показывающая размеры ускоряющих усилий, развиваемых двигателем автобуса при работе на газе с $\epsilon = 6,9$ и $g = 6 500$ кг. В правой части той же диаграммы, также пунктиром, нанесена кривая разгона по горизонтальному пути автобуса с теми же параметрами.

Скорость, которую автобус приобретает к концу 300-метровой дистанции, составляет 45,5 км/час. (12,6 м/сек.). Среднее ускорение — соответственно 0,27 м/сек². Таким образом, восстановление полезной нагрузки газобаллонного автобуса, сопровождаемое повышением компрессии двигателя, не ухудшает динамических свойств автобуса, и даже в некоторой степени улучшает их, делая почти неощутительной разницу в динамике между бензиновым и газобаллонным автобусом. Эти выводы вполне подтвердились на предварительных испытаниях опытного автобуса ЗИС-8, оборудованного советской аппаратурой и имеющего степень сжатия, повышенную примерно до 5,7. На этих испытаниях, производившихся в мае 1939 г., автобус прошел 1000-метровую дистанцию, с хода со средней скоростью 62,5 км/час и ту же дистанцию с места — со средней скоростью 41,88 км/чс.

15. РАСХОД ГОРЮЧЕГО И ЗАПАС ХОДА ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Диаграмма на фиг. 29 представляет собой результат практических замеров расходов бензина и светильного газа двигателем автобусов ЗИС-8 при двух степенях сжатия ($\epsilon = 4,6$ и $6,9$). При этом на диаграмму нанесена функциональная зависимость $q = f(n)$, где за q — принято число калорий, расходуемых на 1 л. с. час при различном числе оборотов двигателя. Соответствующий средним оборотам двигателя показатель расхода газа 3 000 кал/л. с. час¹, может быть иначе представлен через эквивалент 0,7 м³/л. с. час. Для частного случая установившегося движения на средних оборотах, со скоростью в 33,6 км/час — тот же показатель может быть выражен через экви-

¹ При $\epsilon = 4,6$

валент $0,85 \text{ м}^3/\text{км}$. Повышение степени сжатия почти не отражается на полном расходе газа.

Более точный расчет расхода газа автобусом ЗИС-8 в конкретных условиях движения по маршруту приводит к выводу, мало отличающемуся от этой приближенной величины. Этот расчет произведен для одного из московских внутригородских автобусных маршрутов (№ 43), обладающего разнохарактерным дорожным профилем. Большая ширина проезжей части, присущая почти всему протяжению маршрута, позволяет считать выводы о технической скорости и времени пробега газобаллонного автобуса по маршруту — соответствующими действительности.

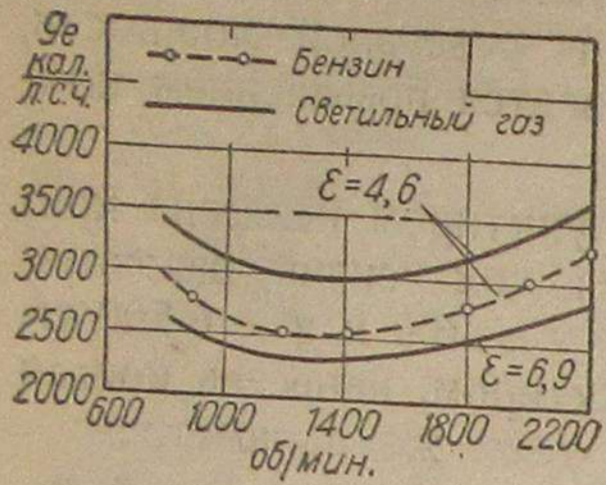


Рис. 29. Диаграмма зависимости $q_e=f(n)$ для автобуса ЗИС-8 на бензине и светильном газе.

Определение времени пробега автобуса по всем 22 перегонам маршрута производится легко и быстро при наличии кривых разгона. Рекомендуется для этой цели использовать «прозрачный» профиль маршрута, вычерченный на кальке. Такой профиль накладывается на пучок кривых разгона, после чего на профиле прочерчивается кривая, соответствующая уклону данного элемента профиля. На фиг. 30 предложена функциональная зависимость $V=f(L)$ для движения на газе и бензине для конечных перегонов маршрута.

Анализ результатов о суммарном времени пробега автобуса по всему маршруту показывает, что благодаря одинаковому времени торможения, а равно благодаря ограничению скорости движения 40 км/час , динамика бензинового и газобаллонного автобуса расходитесь в еще меньшей степени, чем это было отмечено в предыдущей главе.

При движении на светильном газе общее время чистого хода по маршруту № 43 («Комсомольская площадь — Выставка Индустрии социализма — Комсомольская площадь»), протяжением 22 км , составляет $41,1 \text{ мин}$; средняя техническая скорость — $32,1 \text{ км/час}$. На бензине время пробега аналогично — $38,9 \text{ мин}$. и средняя техническая скорость $33,8 \text{ км/час}$. Таким образом, эксплуатация автобуса ЗИС-8 на бензине дает выигрыш в средней технической скорости только в размере 5% (хотя на отдельных перегонах маршрута, например, при движении от Каланчевской улицы к Красным воротам, эта разница доходит до 20%).

Расчет расхода светильного газа, который, как сказано выше, произведен для того же маршрута № 43, базируется на наличии готовых поперегонных кривых $V=f(L)$. Кроме того, кривая функциональной зависимости $q=f(n)$ (см. фиг. 29) перестраивается для этой цели в кривую $Q=f(V)$ (см. фиг. 31), отражающую зависимость удельного расхода газа (в $\text{м}^3/\text{км}$) от скорости движения автобуса (в км/час).

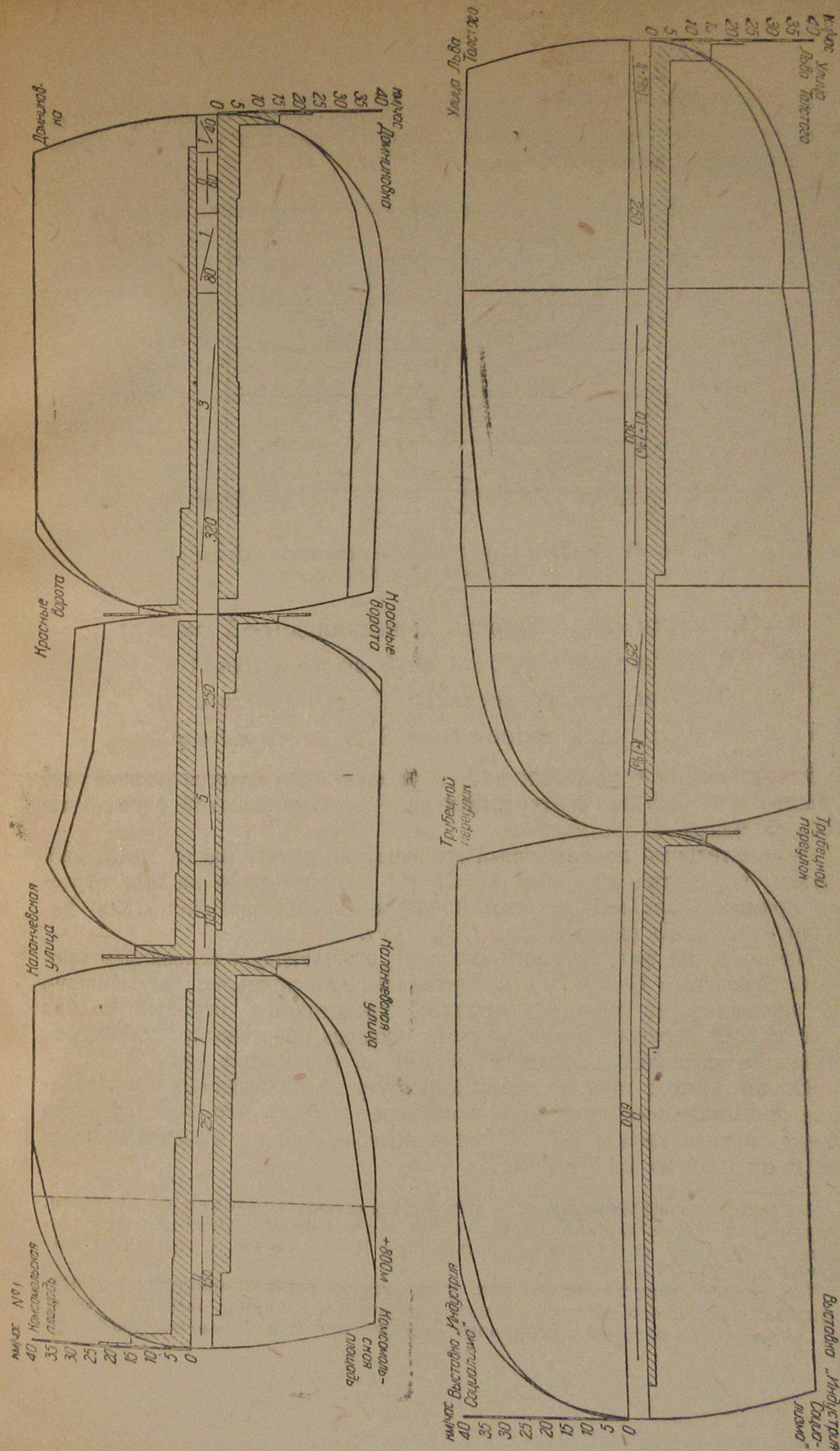


Рис. 30. График изменения скорости движения автобуса ЗИС-8 при следовании по отдельным перегонам маршрута № 43: 1 — внешняя кривая — движение на бензине; 2 — внутренняя кривая — движение на светильном газе.

С диаграммы $Q = f(V)$ снимаются характерные точки, принимаемые в качестве средних расчетных значений расхода газа при движении в пределах данной передачи¹.

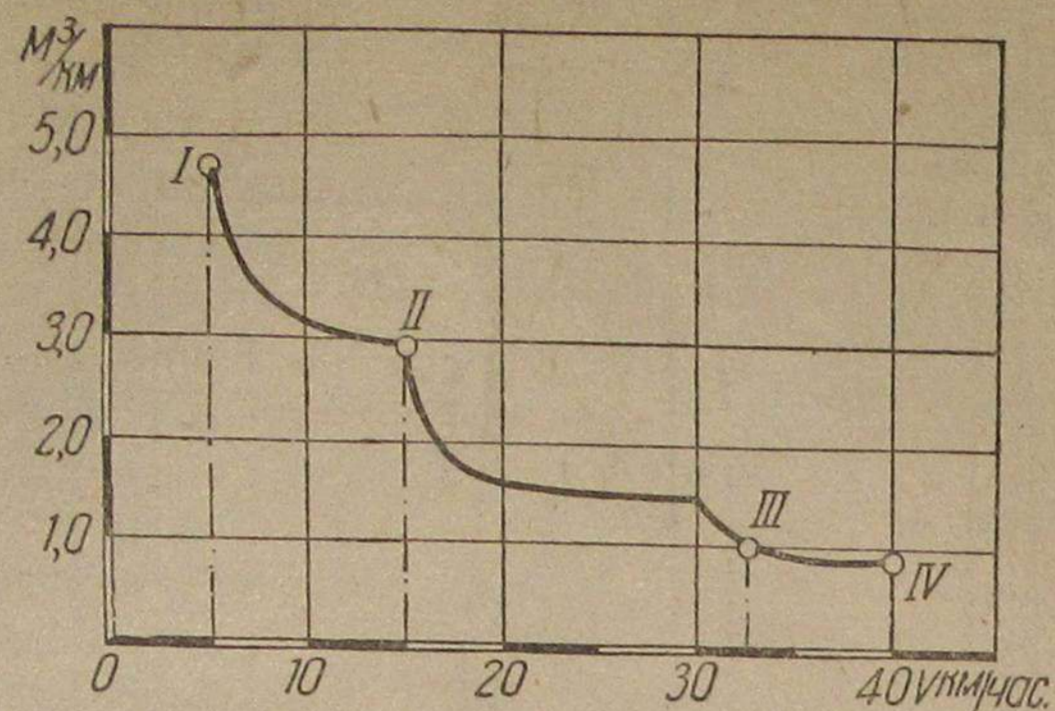


Рис. 31. Диаграмма расхода светильного газа автобусом ЗИС-8 в m^3/km пробега.

I = 4,6 m^3/km (для скорости движения до 5 км/час.)

II = 3,0 m^3/km (для скорости от 5 до 15 км/час.)

III = 1,0 m^3/km (для скорости от 15 до 32,5 км/час.)

IV = 0,9 m^3/km (для скорости от 32,5 до 40 км/час.)

Для движения в условиях выбега условно принимается расход газа в размере 0,4 m^3/km , соответствующий режиму холостой работы мотора на малых оборотах.

Окончательный поперегонный графический расчет расхода газа сводится к обработке диаграмм $V = f(L)$ и проведению на них отрезков прямых (параллельных оси профиля), представляющих собой величину удельного расхода газа $Q = f(V)$.

Площадь (на фиг. 30 заштрихована), ограниченная основанием профиля, отрезками $Q = f(V)$ и вертикальными прямыми, опущенными на основание из концов отрезков, представляет искомый расход газа на всем перегоне, поскольку эта площадь представляет собой произведение удельного расхода в (m^3/km) на расстояние (km)².

Общий расход газа по всему маршруту № 43 выразился в результате произведенных подсчетов в размере 16,9 m^3 , что дает среднюю норму расхода газа в 0,77 m^3/km с колебаниями по отдельным перегонам от 0,55 до 1,12 m^3/km .

¹ Здесь указаны теоретические максимумы скоростей для каждой передачи. Практически переключение перелач будет вестись на несколько меньших скоростях. Например, со второй на третью — при 10—12 км/час, с третьей на четвертую при 20—25 км/час.

² В целях единства измерений и увязки с ранее принятыми масштабами для удельного расхода горючего должен быть принят масштаб 1 мм = 1 m^3/km ; тогда масштаб суммарного расхода горючего 1 мм² = 0,000208 m^3 .

Однако эта норма должна быть несколько увеличена в связи с расходом газа при холостой работе мотора на малых оборотах, который имеет место на остановках и при непредвиденных задержках в пути.

Проф. Клименко, производивший эксплуатационные расчеты для одного из ленинградских автобусных маршрутов, имеющего характеристику весьма сходную с московским маршрутом № 43, пришел к выводу, что на остановках (не считая стоянок на конечных пунктах) автобус расходует примерно до 15% того количества топлива, которое расходуется им в движении¹. Распространяя аналогичный коэффициент расхода горючего на остановки и на данный расчет, получаем, что наибольшая норма газа должна выражаться в размере, примерно равном $0,775 \cdot 1,15 = 0,89 m^3/km$, что мало отличается от предварительного вывода.

Инж. М. Айзерман² предлагает пользоваться приближенным поверочным расчетом расхода газа, основанным на соотношении теплотворной способности газа и бензина. Q_2 — искомый удельный расход газа на 1 км пробега может быть подсчитан по формуле:

$$Q_2 = Q_6 \frac{H_6}{H_2}$$

где:

Q_6 — норма расхода бензина в кг/км

H_6 — теплотворная способность бензина в кал/г

H_2 — " " " газа в кал/ m^3 .

Подставляя уже известные значения H_6 и H_2 (см. главу 3) и величину Q_6 (по фактическим данным московского автобусного хозяйства для маршрутов, функционирующих в условиях, сходных с № 43), получаем:

$$Q_2 = Q_6 \frac{10\ 600}{4\ 100} = Q_6 \cdot 2,6 m^3/km.$$

Величина Q_6 практически колеблется в пределах 0,29—0,33 кг/км; соответственно величина расхода газа предположительно будет изменяться от 0,75 до 0,85 m^3/km .

При установке на автобусе ЗИС-8 шести 50-литровых баллонов с общей емкостью в 60 m^3 газа, общий запас хода автобуса между двумя последовательными заправками, в городских условиях, определится в размере

$$\text{от } \frac{60}{0,85} = 70 \text{ км до } \frac{60}{0,75} = 80 \text{ км.}$$

Величина междузаправочного пробега газобаллонных автобусов весьма существенна для последующих расчетов по организации движения.

¹ Проф. Клименко и инж. Тупицын — „Техническая эксплуатация автомобиля“. 1938 г., стр. 89.

² Журнал „Мотор“, № 5 за 1938 г.

Практически за величиной запаса газа в баллонах, по мере его расходования, надлежит следить по манометру. Исчерпание запаса газа сводит избыточное давление до нуля. Для московского светильного газа показания стрелки манометра в процессе падения давления можно пропорционально относить к наличному запасу газа.

16. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕГУЛЯРНОГО ДВИЖЕНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Как было установлено в предыдущей главе, газобаллонные автобусы подчинены необходимости частого пополнения запаса газа, производимого примерно через каждые 70—80 км пробега. Величина среднесуточного пробега автобусов обычно превышает 200 км. Поэтому суточный режим эксплуатации газобаллонных автобусов должен строиться с расчетом на трех-четырёхкратную заправку горючим. Продолжительность одной заправки при условии, что автобусу не приходится тратить время на ожидание, составляет всего лишь около 10 мин. (см. главу 5).

Однако удаление газонаполнительной станции от маршрута может резко ухудшить условия эксплуатации газобаллонных автобусов в связи с высоким холостым пробегом.

При сооружении первой московской газонаполнительной станции интересы автобусного движения были недостаточно учтены. Ближайшие из числа существующих автобусные маршруты №№ 42, 43, 6, 40, 31 и 39 отстоят от станции на расстоянии 2,5—4 км (см. фиг. 32). Это создает для каждого из этих маршрутов при его переводе на автобусы с газовым питанием чрезмерно высокий процент холостого пробега, доходящий до 10%, как, например, для маршрута № 43, который был взят для производства тяговых расчетов¹.

Коль скоро газонаполнительная станция расположена в стороне от существующих маршрутов, приходится говорить об организации специальных маршрутов, одним из своих концов максимально приближенное до газонаполнительной станции действующих так называемых выносных, т. е. пригородных маршрутов. Наполнение головных участков этих маршрутов всегда будет обеспечено, если не за счет местных, то за счет транзитных пассажиров. В то же время удобству этих последних не наносится ущерба, поскольку район местонахождения газонаполнительной станции соединяется трамвайными маршрутами с другими районами города.

Другим фактором при выборе рациональных маршрутов для движения газобаллонных автобусов являются размеры движения, которое может быть переведено с бензина на газ. Естественно, что этот вопрос упирается в наличие ресурсов сырого газа и пропускную способность газонаполнительной станции (см. главу 6). В московских условиях,

¹ В среднем, для московских автобусных маршрутов процент холостого пробега составляет 4%.

где к моменту ввода в эксплуатацию на полную мощность газонаполнительной станции эти два фактора примерно совпадали (учитывая предстоящую на станции установку второго компрессора), можно было ориентироваться на суточный дебет газонаполнительной станции в размере 5 000 м³ газа. Учитывая, что при норме расхода газа в

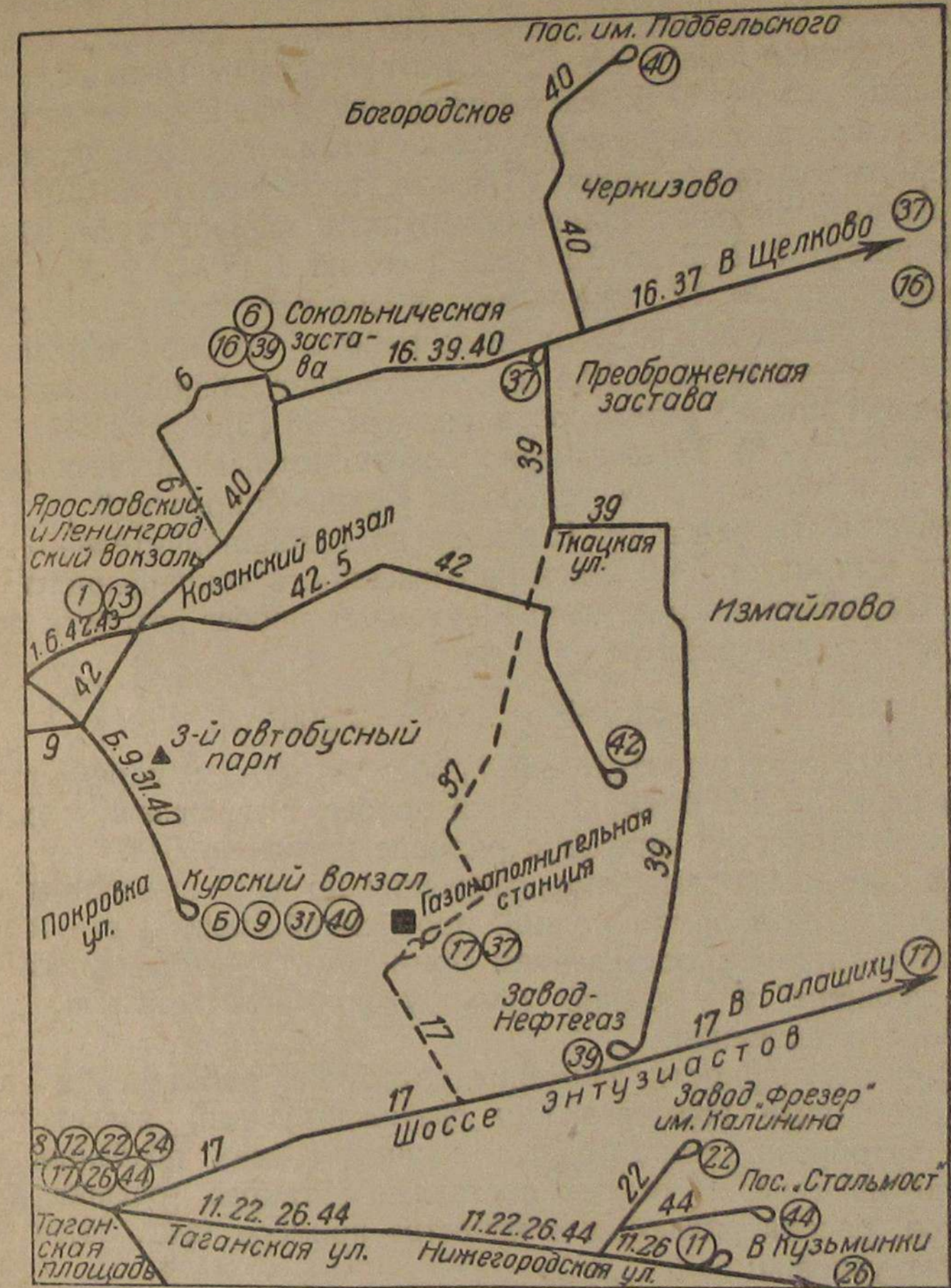


Рис. 32. Схема действующих автобусных маршрутов в восточном и северо-восточном секторах Москвы и маршрутов (нанесены пунктиром), намечаемых в связи с организацией движения газобаллонных автобусов.

0,85 м³/км один кубометр газа эквивалентен 1,175 км пробега автобуса, указанный выше дебет газонаполнительной станции достаточен для общего суточного пробега автобусов на сжатом газе в размере не менее чем $1\ 175 \cdot 5\ 000 = 5\ 900$ км.

В качестве примера выбора маршрутов можно привести следующий. Из числа московских автобусных маршрутов, которые при некотором видоизменении с наибольшим успехом могут быть предложены для организации движения газобаллонных автобусов, следует назвать маршруты №№ 17 и 37 (см. фиг. 32).

Эти маршруты являются выносными: маршрут № 17 соединяет Москву с дачным поселком Балашиха (15 км от Москвы), а маршрут № 37 — с городом Щелково (25 км от Москвы). Перенос конечного пункта маршрута № 17 к местоположению газонаполнительной станции (Красноказарменная улица) сокращает маршрут на 2,1 км против прежнего протяжения 21,8 км, т. е. всего на 10%.

Аналогичный перенос конечного пункта маршрута № 37 удлиняет маршрут с 27,2 до 32,0 км, т. е. на 17,5%.

По маршруту № 17 ежедневно, в соответствии с действующим расписанием совершается 58 полных рейсов, что при протяженности рейса в $(21,8 - 2,1) \cdot 2 = 39,4$ км, составляет общий производительный суточный пробег автобусов в размере $58 \cdot 39,4 = 2,280$ км.

По маршруту № 37 ежедневно совершается 35 полных рейсов до Щелкова и 6 сокращенных рейсов до Пехры-Покровской.

Протяженность рейса от Щелкова до газонаполнительной станции и обратно составляет 64,0 км, а протяженность сокращенного рейса — 41,8 км. Общий производительный суточный пробег автобуса по маршруту выражается в размере

$$34 \cdot 64,5 + 6 \cdot 41,8 = 2500 \text{ км.}$$

Суммарный производительный пробег по обоим маршрутам выражается в размере 4780 км, а общий пробег, с начислением около 4% на холостой пробег до гаража в размере примерно 5000 км.

Таким образом, организация движения по двум названным маршрутам укладывается в рамки полной пропускной способности газонаполнительной станции, с оставлением примерно 15—20% запаса на возможное развитие и усиление маршрутов в соответствии с ростом интенсивности движения.

Залогом регулярности движения автобусов, работающих на таком своеобразном виде горючего как светильный газ, является график оборота автобусов, составленный с учетом всех особенностей эксплуатации на газе. В основу составления такого графика для двух маршрутов, рассматриваемых в качестве примера (фиг. 33), положены следующие условия:

1) характер эксплуатационного режима на маршрутах, установленный до перевода автобусов на газ, должен оставаться неизменным, если в изменениях не встречается особой необходимости; к числу отдельных моментов, определяющих эксплуатационный режим, относятся: а) интенсивность и равномерность движения автобусов по маршрутам, в свою очередь определяемая суточным числом рейсов и временем начала и окончания движения, и б) продолжительность единовременной работы автобусов на линии (в 1 или 2 смены, с перерывом или без перерыва и т. д.);

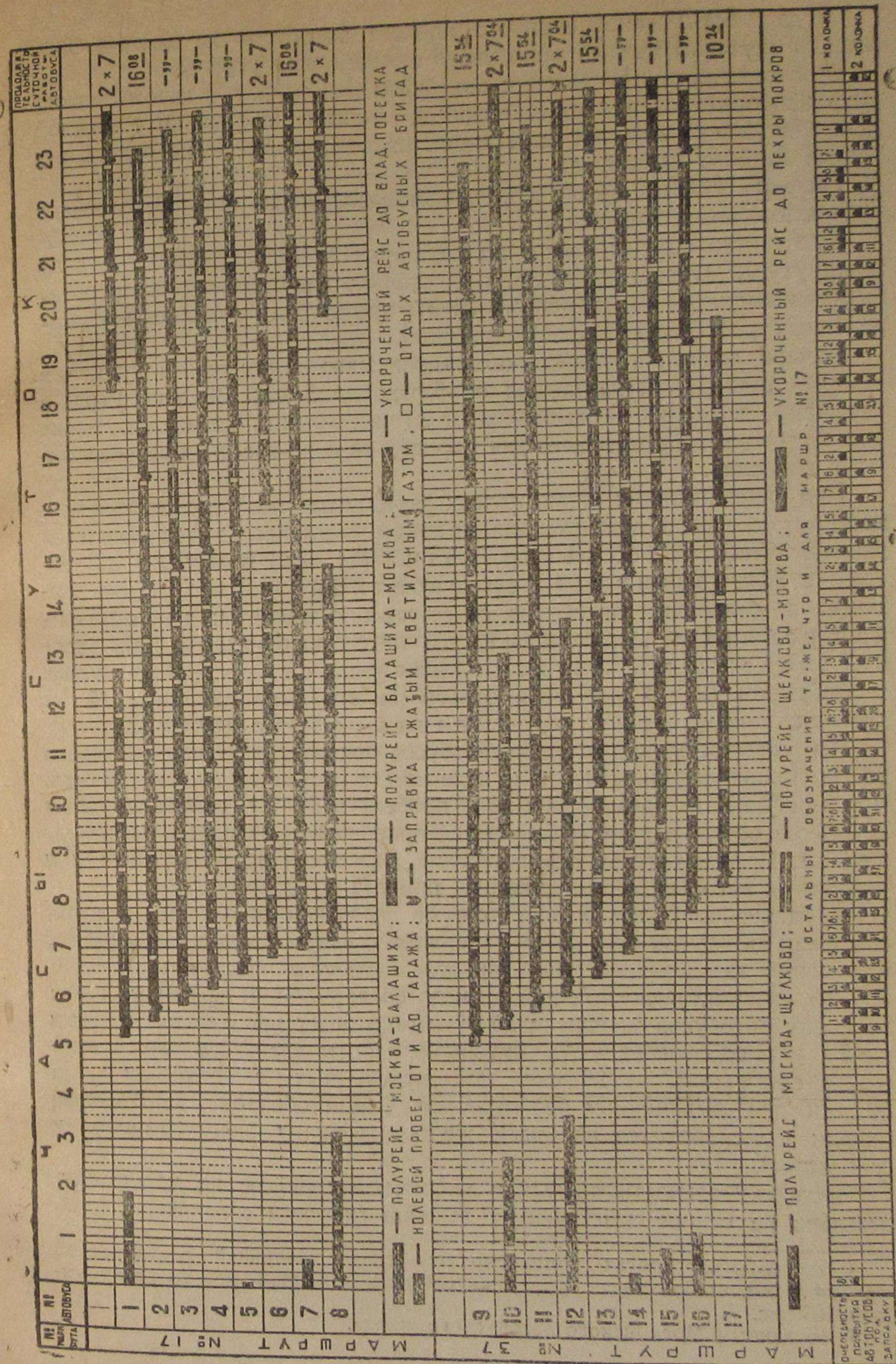


Рис. 33. График оборота газобаллонных автобусов и загрузки газонаполнительной станции.

2) дальность единовременного пробега автобусов не должна превышать величины междузаправочного пробега автобуса;

3) очередность поступления автобусов под заправку газом должна быть запроектирована таким образом, чтобы одновременно у каждой газораздаточной колонки на станции находилось не более одного автобуса данного маршрута.

График оборота автобусов, представленный на фиг. 33, отвечает вышеизложенным требованиям.

Количество полных рейсов по маршруту № 17 составляет 58, а по маршруту № 37 составляет 35, т. е. столько же, сколько и до реорганизации движения. По маршруту № 37, кроме того, сохранены 6 укороченных рейсов до Пехры-Покровской.

Начало движения (считая по отправлению с конечного пункта в Москве) приходится на период от 5 час. до 5 час. 30 мин. утра, а окончание движения — на период от 23 час. 30 мин. до 24 час. 30 мин. Эти же сроки действительны для маршрутов и до введения газобаллонного движения.

При эксплуатации стандартных автобусов по рассматриваемым маршрутам, в автобусном хозяйстве придерживаются двухсменной работы автобусов без переработки (14 час.) и двухсменной работы с 20-процентной переработкой (16,8 час.¹). Для движения газобаллонных автобусов соответственно приняты: двухсменная работа с 15-процентной переработкой (16,1 час) без перерыва и двухсменная работа без переработки с перерывом (2 × 7 час); для одного из автобусов маршрута № 37 запроектирована полуторасменная работа (10,5 час).

Периодичность поступления автобусов под заправку газом выведена из соотношения длины рейса и величины междузаправочного пробега. При величине междузаправочного пробега в 70 км, заправку газом автобусов обоих маршрутов придется производить после каждого рейса. Продолжительность заправки (исключая время на подъезд и развороты автобуса около станции) принята в 10 мин.

В дальнейшем, после достаточного освоения шоферами условий вождения автобусов на сжатом газе, можно смело рассчитывать на то, что норму междузаправочного пробега автобусов удастся поднять до 80—85 км, а на выносных линиях и до более высокой величины. Тогда заправку автобусов маршрута № 17 можно будет производить через рейс и продолжительность суточной работы автобусов этого маршрута сократится на 20 мин. для двухсменных с перерывом и на 40 мин. для двухсменных без перерыва. Таким образом, составленный график ориентируется на более жесткий вариант эксплуатационных требований.

Продолжительность полных и укороченных рейсов по маршрутам, выведена на основе действующих величин скорости сообщения². Ско-

¹ Переработка бригад компенсируется соответствующей регулировкой нарядов с тем, чтобы общая продолжительность месячной работы не превышала 168 час.

² По данным Московского автобусного треста.

рость сообщения по маршруту № 17 составляет 21,8 км/час. Время совершения полурейса по этому маршруту (19,7 км) соответственно определяется в размере 54 мин. Скорость сообщения по маршруту № 37 составляет 21,7 км/час. в пределах прежнего пути следования маршрута («Преображенская застава — Щелково» протяжением 27,2 км). На новом участке, длиной 4,8 км до газонаполнительной станции, скорость принимается применительно к маршрутам, находящимся в аналогичных условиях — 14,5 км/час. Общее время совершения полурейса определяется в размере 95 мин. Время укороченного рейса до Пехры—Покровской (короче полного рейса на 11,1 км) определяется в размере 130 мин. Время укороченного рейса на маршруте № 17, («Газонаполнительная станция — Владимирский поселок»¹ протяжением 7,1 км) определяется в 42 мин.

Время отдыха бригад принимается в 6 мин. после каждого полурейса по маршруту № 17 и в 10 мин. после каждого полурейса по маршруту № 37. Время пробега автобусами расстояния в 2,85 км от газонаполнительной станции до гаража маршрутов №№ 17 и 37 (при Третьем автобусном парке) определяется в размере 12 мин.

Интервалы в выпуске автобусов с конечного пункта колеблются в пределах 10 мин. для маршрута № 17 и 20 мин. для маршрута № 37 — в пиковые часы и в 40 мин. — в наименее напряженные дневные часы.

График оборота газобаллонных автобусов, в том виде, как он представлен на фиг. 33, позволяет составить расписание движения автобусов по установленной табличной форме и, кроме того, дает возможность сделать следующие выводы:

1. Количество потребных машин для обслуживания маршрутов. Для ежедневной работы должно быть выделено: на маршрут № 17 — 8 газобаллонных автобусов и на маршрут № 37 — 9 газобаллонных автобусов (о величине необходимого инвентарного количества автобусов см. ниже, главу 17).

2. Количество раздаточных колонок на газонаполнительной станции. Очередность поступления автобусов под заправку газом особо вынесена на графике оборота автобусов на две последние строчки. Каждая из строчек относится к работе одной из колонок, в связи с чем наглядно видно, что для удовлетворения потребности в заправке газом автобусов обоих маршрутов — необходимо и достаточно двух колонок. В данном примере колонки закреплены за маршрутами, однако строгой необходимости в таком закреплении нет и каждую прибывающую машину сможет обслуживать любая колонка.

Если, в результате увеличения междузаправочного пробега, удастся сократить примерно вдвое число заправок по маршруту № 17, то оба маршрута можно будет обслуживать одной колонкой московской газонаполнительной станции, оставляя вторую в резерве.

¹ Этот укороченный рейс вводится для того, чтобы время работы автобусов, работающих на двухсменном режиме с перерывом, точно соответствовало 7 час.

Полученные на основании графика оборота суммарные данные о продолжительности работы автобусов на линии сведены в табл. 6, а данные о производительном, общем и среднесуточном пробеге — в табл. 7.

Таблица 6

Суточная продолжительность (в часах) работы на линии газобаллонных автобусов на маршрутах №№ 17 и 37

Режим работы	Маршрут № 17			Маршрут № 37			Продолжи- тельность ра- боты по обоим маршрутам
	Количество автобусов	Продолжи- тельность работы 1 автобуса	Продолжи- тельность работы всех автобусов	Количество автобусов	Продолжи- тельность работы 1 автобуса	Продолжи- тельность работы всех автобусов	
2-сменный с пере- рывом	3	14	42,00	2	14,07	28,15	70,15
2-сменный без пе- рерыва	5	16,13	80,65	6	15,90	95,40	176,05
1,5-сменный без перерыва	—	—	—	1	10,40	10,40	10,40
Итого	—	—	122,65	—	—	133,95	256,60
Из общей про- должительности приходится на заправку	—	—	9,65	—	—	6,85	16,50

17. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Сравнительно мало отличаясь в конструктивном отношении от стандартных автобусов, газобаллонные автобусы могут претендовать в основном на те же нормы обслуживания, что и обычные автобусы ЗИС-8. В первую очередь это относится к частоте и регулярности прохождения автобусами всех видов ремонта, что, в свою очередь, будет определять инвентарное число машин, потребных для постановки на маршруты с организуемым движением на светильном газе.

На газобаллонные автобусы может быть полностью распростра-нена агрегатная система ремонта, допускающая смену отдельных агрегатов через установленные межремонтные пробеги, на основании предварительного технического осмотра агрегатов. В частности, для газобаллонных автобусов, вводимых в московском автобусном хозяй-стве, должен быть применен метод обезличенного ремонта агрегатов, установленный б. Транспортным управлением Московского совета,

Таблица 7

Производительный, холостой, общий и среднесуточный пробег газобал-лонных автобусов по маршрутам №№ 17 и 37

Характер про- бега	Маршрут № 17				Маршрут № 37				Пробег по обоим маршру- там км	
	Количество ездок	Дальность ездки км	Пробег—км		Количество ездок	Дальность ездки км	Пробег—км		Произво- дительный	Холостой
			Произво- дительный	Холостой			Произво- дительный	Холостой		
Пробег полным рейсом	58	39,4	2 290	—	35	64,0	2 240	—	4 530	—
Пробег укороченным рейсом	6	14,2	85	—	6	41,8	251	—	336	—
Пробег до гаража и от гаража	16	5,7	—	91	18	5,7	—	103	—	194
Пробег под за- правку газом	58	0,2	—	12	41	0,2	—	8	—	20
Итого	—	—	2 375	103	—	—	2 491	111	4 866	214
Общий суточный пробег	—	—	2 478	—	—	—	2 602	—	5 080	—
Отношение произ- водительного и холостого про- бега к общему	—	—	95,8%	4,2%	—	—	95,8%	4,2%	95,8%	4,2%
Среднесуточный пробег	—	—	310	—	—	—	289	1	299	—

с нижеследующей цикличностью и продолжительностью пребывания в ремонте:

- 1) обслуживание автобуса (ОМ) — ежедневно, в межсменное время;
- 2) профилактика автобуса (ПМ) — через день, в межсменное время;
- 3) первая инспекция автобуса (И1) — через 5 000 км пробега простой 1 сутки;
- 4) вторая инспекция автобуса (И2) — через 40 000 км пробега, простой 13 суток;
- 5) цикловой ремонт автобуса (РМ) — через 80 000 км, простой 21 сутки.

Ремонт, указанный в п. 4 и 5 — для автобусов, побывавших в ре-монтах.

Данные по совокупности нахождения каждого автобуса в ремонте могут быть представлены в виде схемы, в которой каждое тире между индексами, означающими род ремонта, соответствует 5 000 км пробега:

PM—И1—И1—И1—И1—И1—И1—И1—И2—И1—И1—И1—
—И1—И1—И1—И1—PM.

Таким образом, общая продолжительность пребывания автобуса в ремонте за цикл, составляет

$$14 (И1) + (И2) + (PM) = 14 + 13 + 21 = 48.$$

При среднесуточном пробеге газобаллонных автобусов в 299 км (см. табл. 7), для совершения полного цикла — 80 000 км, автобусу понадобится $\frac{80\,000}{299} = 268$ дней фактической работы. Отсюда очевидно, что общее инвентарное число газобаллонных автобусов, должно быть исчислено, исходя из нижеследующего соотношения с числом автобусов, занятых на линии.

$$\frac{N_u}{N_a} = \frac{268 + 48}{268},$$

где:

N_u — инвентарное число газобаллонных автобусов,

N_a — число ходовых автобусов, равное 17 для примера, приведенного в предыдущей главе.

Отношение $\frac{268}{268 + 48} = 0,85$ — представляет собой коэффициент выхода парка.

$$N_u = \frac{N_a}{0,85} = \frac{17}{0,85} = 20 \text{ автобусов.}$$

Средний годовой пробег газобаллонных автобусов выразится в размере

$$299 \cdot 365 \cdot \frac{17}{20} = 92\,500 \text{ км.}$$

Обслуживание и ремонт специальной газовой аппаратуры автобусов в основном должны производиться по вышеуказанным нормативам, разработанным для стандартных автобусов. Такие детали аппаратуры, как редуктор, смеситель, фильтр, вентили и манометр, должны подлежать замене и ремонту в виде единого агрегата с двигателем автобуса. При отношении среднегодового пробега автобусов к цикловому ремонту $\frac{92\,500}{80\,000} = 1,15$, и частоте ремонта двигателя за цикл = 2, общее годовое число ремонтируемых агрегатов составит

$$2 \cdot 1,15 \cdot 20 = 46.$$

Учитывая возможность неравномерного поступления автобусов в ремонт, рекомендуется иметь в парке полный запасный комплект деталей газовой аппаратуры в виде оборотного фонда.

Точные нормы затраты рабочего времени на ремонт газовой аппаратуры еще не разработаны из-за полного отсутствия систематизированных данных. Ориентировочно можно считать, что трудоемкость ремонта деталей газовой аппаратуры (кроме баллонов), составит около 10% от общей трудоемкости всех ремонтов автобуса. При этом условии автобусному парку для ремонта газовой аппаратуры всех переведенных на газ автобусов достаточно будет закрепить за этим видом ремонта одного квалифицированного рабочего, предпочтительно из состава рабочих электро-карбюраторного цеха.

Ремонт баллонов для газа вообще силами парка производиться не должен. Это вытекает из правил Государственной инспекции котлонадзора, в силу которых баллоны обязательно через каждые три года должны поступать в Инспекцию для переосвидетельствования (в том числе гидравлического опробования при давлении, в полтора раза превышающем рабочее).

Обслуживание и профилактика газобаллонных автобусов должны производиться в ночное время — в интервал между прибытием автобусов с линии и утренним отправлением из парка. Как видно из графика на фиг. 33, этот интервал составляет около 9 час. Продолжительность обслуживания и технического ухода за стандартными автобусами ЗИС-8, при поточном методе¹ составляет около 14 мин. Для газобаллонных автобусов следует для предварительных расчетов остановиться на большей величине — примерно 30 мин. Увеличение продолжительности профилактики для газобаллонных автобусов вызывается необходимостью тщательного осмотра газовой аппаратуры, проверки и подтяжки креплений и т. д.

Необходимо особо указать на следующие возможные объекты профилактики газобаллонных автобусов:

- 1) подтяжка сальников вентилей и соединительных гаек у газопроводящих трубок;
- 2) разборка и прочистка газового фильтра;
- 3) притирка опорной поверхности клапана редуктора (общей разборки редуктора не требует) и регулировка редуктора;
- 4) регулировка смесителя.

При составе ходового парка из 17 автобусов, продолжительности обслуживания 1 автобуса в 30 мин. и общей продолжительности обслуживания всех автобусов в 9 час., для организации обслуживания газобаллонных автобусов в парке потребуется выделение одного специального поста, для крепежки и смазки². Если в начальный период эксплуатации получаса для обслуживания автобуса окажется недостаточно, то 4 автобуса, работающие с дневным перерывом (№№ 1, 8, 10, 13), могут быть переведены на дневное обслуживание.

Автобусный парк, в котором целесообразно эксплуатировать газобаллонные автобусы, учитывая его местоположение по отношению

¹ По материалам работы НИИГТ „Организация обслуживания автобусов во 2-м автобусном парке г. Москвы“.

² Уборка и мойка газобаллонных автобусов может быть объединена в общем потоке с обыкновенными автобусами.

к газонаполнительной станции, должен быть соответственно приспособлен к ремонту газовой аппаратуры 20 инвентарных газобаллонных автобусов. В крупных парках, с общим числом в несколько сот паркируемых машин, такое приспособление не должно сколько-нибудь существенно отразиться на структуре и техническом вооружении парка. Стоянка газобаллонных автобусов должна быть устроена обособленно от остальных машин и выделена из резервной площади парка. Общая площадь стоянки должна составлять около 600 м² и месторасположение ее должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы расстояние от стоящих с краю газобаллонных автобусов до ближайшего производственного, складского или жилого помещения составляло не менее 25 м.

В числе прочих мероприятий, которые должны быть проведены автобусным хозяйством при организации движения газобаллонных автобусов, следует указать:

1. *Выделение помещения, оборудованного для хранения ремонтируемых и запасных комплектов газовой аппаратуры.* Для хранения баллонов и прочей газовой аппаратуры желательно выделить специальное помещение. При отсутствии последнего такие детали, как редуктор, смеситель, фильтр и вентили рекомендуется хранить в шкафах или в крайнем случае на открытых стеллажах, наравне с запасными карбюраторами и т. п. Для хранения баллонов, из расчета одновременного их хранения в количестве $3 \times 6 = 18$ шт., следует выделить свободный участок стены, предпочтительно около монтажно-демонтажного цеха, длиной около 6 м. Вдоль стены должна быть устроена рампа, по типу аналогичных рамп для кислородных баллонов, применяемых при газовой сварке, высотой 2,0 м с отдельными секциями для каждого баллона. Перед снятием баллонов с автобуса и помещением в рампу, из них должен быть полностью выпущен остаток светильного газа.

2. *Стэнд для испытания отремонтированных газовых редукторов.* Стэнд должен быть оборудован 1—2 баллонами (периодически подзаряжаемыми для высокого давления, которое необходимо для опробования редукторов), манометром, прибором для измерения вакуума и пр.

3. *Устройство вспомогательных приспособлений для ремонта газовой аппаратуры.* Номенклатура этих приспособлений очень невелика. Как на основное приспособление следует указать на специальные тележки для перевозки баллонов, подобно тележкам, применяющимся при газовой сварке. Возможно, что понадобятся дополнительные доделки к верстаку для зажима ремонтируемых редукторов ввиду их большого диаметра.

Автобусному хозяйству, обзаводящемуся газобаллонными автобусами, необходимо ввести должность сменного техника по газобаллонным автобусам. К обязанностям этого техника относится:

1) представительство автобусного парка при приемке с заводов газовой аппаратуры и баллонов;

2) наблюдение за ходом монтажа и демонтажа газобаллонных автобусов, ремонтом газовой аппаратуры, экспериментальным опробованием аппаратуры;

3) инструктаж водительского состава и кондукторов, приписанных к газобаллонным автобусам;

4) выезд на линию при аварийных повреждениях газобаллонных автобусов;

5) поддержание контакта с работниками газонаполнительной станции по всем вопросам заправки автобусов.

Самый процесс заправки автобусов должен обслуживаться силами работников газонаполнительной станции.

18. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Введение газобаллонных автобусов потребует капиталовложений для сооружения газонаполнительной станции, переоборудования подвижного состава и приспособления паркового автобусного хозяйства. Эксплуатация газобаллонных автобусов вызовет некоторое повышение зависящих от пробега расходов по зарплате, по ремонту и амортизации. С другой стороны, использование светильного газа в качестве топлива даст резкое снижение издержек по статье расходов на горючее и смазку. Полученная по этой статье экономия должна компенсировать увеличение расходов по другим статьям.

Из числа капитальных затрат крупнейшей является затрата на сооружение и оборудование газонаполнительной станции. Исходя из данных стоимости отдельных агрегатов, производства отечественной промышленности — стоимость станции типа, описанного в главе 6, можно определить в 300—500 тыс. руб.

Первая Московская газонаполнительная станция по стоимости превысила 1 млн. руб., что объясняется, главным образом, недопустимо затянувшимися сроками монтажа.

Стоимость переоборудования автобуса под газовое питание складывается из стоимости баллонов, прочей газовой аппаратуры и монтажа. Стоимость баллонов определяется, по расценке Нижнеднепровского завода, в размере 1 500 руб. за комплект.

Стоимость прочей газовой аппаратуры, при изготовлении первой небольшой партии автобусов, составила около 2 500 руб. на машину. Для массового переоборудования автобусов эта цифра чрезмерно велика; вместе со стоимостью монтажа она не должна превышать 1 500 руб.

Таким образом, стоимость газобаллонного автобуса превышает стоимость стандартного автобуса ЗИС-8 (19 500 руб.) примерно на 3 000 руб., т. е. определяется в 22 500 руб.

Расходы по приспособлению крупного автобусного парка для содержания и обслуживания газобаллонных автобусов очень невелики, особенно если в первой стадии количество переводимых на газ автобусов составляет лишь небольшую часть всех содержащихся в парке автобусов.

Картина изменения отдельных элементов эксплуатационных расходов после введения газобаллонных автобусов представляется в следующем виде:

1. **Зарплата эксплуатационного персонала.** Средний заработок автобусных бригад, по фактическим данным Московского автобусного треста, составлял в начале 1939 г. 680 руб./мес. для шоферов и 250 руб./мес. для кондукторов. Соответственная часовая оплата бригады определяется в размере 5 руб. 50 коп.

Зарплату шоферов, работающих на газобаллонных машинах, следует считать по увеличенной ставке, поскольку работа с газом требует повышенного внимания. При организации регулярного движения газобаллонных автобусов рационально ставки водителей этих автобусов повысить минимум на 10%, аналогично тому, как это имеет место в отношении водителей газогенераторных машин. Таким образом, часовая оплата бригад газобаллонных автобусов составит 5 руб. 90 коп. Начисления на зарплату (соцстрах, отпуск, охрана труда и проч.) принимаются неизменными, в размере 17%¹.

2. **Ремонт и амортизация.** Стоимость ремонта и технического обслуживания составляет около 16 000—18 000 руб. на один инвентарный автомобиль в год², при фактическом средне-суточном пробеге около 250 км/сутки. В отношении обычных бензиновых автобусов, при годовом пробеге в 92 500 км (см. предыдущую главу) это даст величину издержек по ремонту на 1 км пробега в размере 0,24 руб.

По газобаллонным автобусам стоимость ремонта несколько изменится, в связи с появлением дополнительных расходов по ремонту газовой аппаратуры и сокращением расходов по ремонту карбюратора, бензонасоса и прочих элементов бензинового хозяйства автобуса. Практически можно ожидать, что расход по ремонту газовой аппаратуры будет полностью компенсирован сокращением расходов по ремонту бензохозяйства. Однако для осторожности на первый период эксплуатации газобаллонных автобусов можно принять, что их ремонт будет обходиться на 5% дороже ремонта стандартных машин. Величина расходов по ремонту, отнесенная к 1 км пробега газобаллонного автобуса, соответственно выразится в размере 0,256 руб.

Амортизационные отчисления определяются в соответствии с величиной амортизационного пробега, который является до некоторой степени условной величиной, коль скоро при ремонте будет применяться агрегатный метод ремонта. При норме амортизационного пробега для автобуса ЗИС-8 в 250 000 км величина амортизационных отчислений определяется в размере 0,08 руб/км — для стандартных автобусов и 0,09 руб/км — для газобаллонных автобусов.

3. **Авторезина.** Величина издержек по восстановлению авторезины практически остается почти неизменной как для бензинового, так и газобаллонного автобуса. При стоимости комплекта резины в 900 руб.

¹ Клименко и Тупицин „Техническая эксплуатация автомобилей“ М. 1938 г.

² Статья инж. Антонова, журнал „Мотор“, № 7, 1938 г.

и норме пробега в 20 000 км, расход на авторезину, отнесенный к 1 км пробега, составляет 0,045 руб/км.

4. **Горючее и смазка.** Расход бензина для стандартных автобусов ЗИС-8, составляет для московских городских условий в среднем 0,3 кг/км¹, что при стоимости бензина в 0,99 руб/кг, выражается в размере 0,297 руб/км. Стоимость смазки составляет около 3% стоимости горючего. Общая величина расходов на горючее и смазку для стандартных автобусов составляет 0,306 руб/км.

Аналогичная норма расхода газа для газобаллонных автобусов составляет 0,75 м³/км¹. Стоимость сырого газа составляет 0,10 руб/м³. Стоимость компримирования газа предположительно должно составлять 0,10 руб/м³. Примерное исчисление этой величины приведено в табл. 8.

Таблица 8

Стоимость одного дня работы газонаполнительной станции и стоимость компримирования (сжатия) 1 м³ засосанного газа

	Элементы расходов	Общая стоимость в руб.
1	Стоимость электроэнергии при установленной мощности моторов 84 квт продолжительности работы компрессоров 14 час, тарифе 0,09 руб./квтч. 84 14.0,09	106
2	Оплата обслуживающего персонала, состоящего из дежурного (часовая ставка 4,0 руб.) и механика (часовая ставка 2 р. 50 коп.), при суточной продолжительности работы станции 20 час. 6,50.20	130
3	Амортизационное отчисление, при стоимости газонаполнительной станции 300 000 руб. и средней годовой норме амортизационных отчислений в размере 15% 300 000. 0,15. 0,00274	124
4	Прочие расходы по станции: водоснабжение, ремонт оборудования, начисления на зарплату, уборка, освещение, отопление и охрана помещения и т. п. примерно на сумму	123
	Итого	483
	Стоимость компримирования 1 м ³ засосанного газа при суточной производительности 5 000 м ³	0,10

¹ На загородных участках выносных автобусных линий та и другая норма должны быть соответственно уменьшены на 10%.

Таким образом, общая стоимость 1 м³ подвергнувшегося сжатию газа составляет 0,20 руб. Отнесенная к 1 км пробега стоимость газа составляет 0,15 руб. Неполное использование пропускной способности станции может вызвать большое удорожание стоимости газа, доходящее до 75% (см. приложение V). Стоимость смазки может быть принята ориентировочно 0,004 руб./км.

5. **Постоянные расходы** (кроме оплаты автобусных бригад). К этой группе относятся расходы по оплате административно-технического и подсобного персонала, расходы по содержанию зданий автобусного парка и линейных помещений, расходы по подготовке кадров и прочие хозяйственные расходы. В крупных автобусных хозяйствах, оперирующих с автобусами типа ЗИС-8, сумма этих расходов составляет 0,17 руб./маш. км.¹

В рассматриваемом нами случае введение в эксплуатацию газобаллонных автобусов последует на базе уже сформированного автобусного парка, где к тому же эти автобусы составят лишь сравнительно небольшую часть всего контингента машин. В этих условиях нет оснований рассчитывать на сколько-нибудь значительное изменение издержек по группе постоянных расходов. При этом предполагается, что общая работа автобусов данного парка остается практически неизменной. Увеличение общей суммы постоянных расходов, вызванное переводом части автобусов на газовое питание, несомненно будет иметь место, но в очень небольших масштабах (поскольку затраты, непосредственно связанные с ремонтом и обслуживанием газовой аппаратуры, уже учтены при рассмотрении переменных расходов).

В основном увеличение постоянных расходов должно коснуться оплаты адм.-технического персонала, так как в штат парка необходимо ввести должность сменного техника по газобаллонным автобусам. Кроме того, вывод газобаллонных автобусов на обособленную площадку, может незначительно увеличить затраты по освещению и содержанию площадки в чистоте, а также по ремонту и амортизации мелкого инвентаря, предназначенного для обслуживания газобаллонных автобусов. Ориентировочно, общая сумма постоянных расходов, которая должна быть предусмотрена администрацией парка при организации движения газобаллонных автобусов составит 1 000—1 500 руб. в месяц. Так как общая величина ежемесячного пробега автобусов на газе выражается в размере $30 \times 5\,080 = 152\,400$ км (см. табл. 7), то можно считать, что увеличение постоянных расходов, приходящихся на 1 маш. км пробега газобаллонных автобусов, выразится в размере:

$$\frac{1\,500}{152\,400} = 0,010 \text{ руб.}$$

Окончательное сравнение себестоимости эксплуатации стандартных и газобаллонных автобусов дано в табл. 9, где подытоживаются все расходы по эксплуатации, отнесенные к одному дню работы автобус-

¹ По плановой калькуляции на 1939 г. для московского автобусного хозяйства.

Данные о себестоимости эксплуатации автобусов маршрута № 17 на бензиновом и газовом питании

Показатели	Бензиновые автобусы								
	Газобаллонные автобусы на маршруте Красноказарм. ул.—Балашиха			На маршруте Красноказарм. ул.—Балашиха			На маршруте Н. Радищевск. ул.—Балашиха		
	эксплоат. показатель	стоимость на единицу ¹⁾ руб.	сумма руб.	эксплоат. показатель	стоимость на единицу ¹⁾ руб.	сумма руб.	эксплоат. показатель	стоимость на единицу ¹⁾ руб.	сумма руб.
Число часов работы автобусов за сутки	122,65	—	—	113	—	—	128,8	—	—
Суточная зарплата автобусных бригад	—	6,90	846	—	6,44	728	—	6,44	829
Суточный пробег всех автобусов на маршруте км	2 478	—	—	2 466	—	—	2 576	—	—
Расходы по ремонту и амортизации в среднем на 1 день работы маршрута	—	0,346	857	—	0,32	791	—	0,132	825
Расходы на авторезину (в среднем на 1 день работы маршрута)	—	0,045	111	—	0,045	111	—	0,045	116
Суточный расход на горючее и смазку	—	0,154	380	—	0,306	765	—	0,306	786
Итого переменных расходов (в среднем на 1 день работы маршрута)	—	—	2 194	—	—	2 385	—	—	2 556
Переменных расходов на 1 маш. км пробега	—	—	0,885	—	—	0,97	—	—	0,99
Постоянных расходов на 1 маш. км пробега	—	—	0,18	—	—	0,17	—	—	0,17
Полная себестоимость 1 маш. км пробега	—	—	1,105	—	—	1,14	—	—	0,16

¹⁾ Зарплата на час работы автобусов, ремонт, амортизация, резина, горючее и смазка—на 1 маш. км.

ного маршрута. Сравнению подвергнут один из рассмотренных маршрутов — № 17, но данные по эксплуатации бензиновых автобусов по этому маршруту (число часов работы автобусов в сутки, общий суточный пробег) взяты в двух вариантах: первый соответствует движению автобусов по измененному маршруту, т. е. тому самому маршруту, по которому намечается организация движения газобаллонных автобусов (эксплуатационные показатели взяты из табл. 6 и 7). Вторым вариант характеризует данные о себестоимости эксплуатации в условиях маршрута № 17 до его реорганизации и изменения направления (эксплуатационные показатели взяты из линейного плана Московского автобусного треста).

Общая себестоимость по маршруту № 17 без его изменения составила, согласно произведенному расчету, 1,16 руб./маш. км.

Незначительное изменение маршрута № 17 и переход на газовое питание, позволяет рассчитывать на получение себестоимости 1 маш. км в размере 1 руб. 6,5 коп. Эта величина на 6,5% меньше себестоимости эксплуатации автобусов на бензине по аналогичному маршруту и на 8% меньше себестоимости эксплуатации бензиновых автобусов по прежнему направлению.

Экономия бензина, которая является гарантированным выразителем народно-хозяйственной эффективности газобаллонных автобусов, при годовом пробеге парка из 20 автобусов около 2 млн. маш. км — выразится в размере примерно 600 т.

19. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Установленная в предыдущей главе экономия от введения газобаллонных автобусов может быть еще значительно выше в районах, где газ является дешевым продуктом местного происхождения. Между тем, как известно, широкое развертывание газификации всех видов топлива предопределено резолюцией XVIII съезда ВКП(б) по докладу тов. В. М. Молотова о третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства. Должна быть превращена в самостоятельную отрасль промышленности подземная газификация угля и увеличена добыча газа за пятилетие в 3,5 раза из нефтяных и чисто газовых месторождений, а также за счет подземной газификации углей. Должно быть развито использование коксовых и доменных газов путем строительства сети магистральных газопроводов, в первую очередь в Донбассе.

Таким образом, создаются все предпосылки к быстрому росту производства и использования газобаллонного автотранспорта и в частности автобусов, которые должны явиться крупным потребителем газа, наряду с другими элементами коммунального хозяйства. По планам Главгаза, в течение третьего пятилетия в СССР должно быть построено 100 газонаполнительных станций и общий парк автомобилей, работающих на газе — доведен до 6 000 машин. Наряду с существующими станциями в Горловке, Мелитополе и Москве, станции в первую очередь будут построены в Макеевке и Сталино, а также на востоке Союза, в Москве, в Харькове и других промышленных центрах.

Количественному развитию газобаллонного автотранспорта неизменно должно сопутствовать улучшение его качественных показателей. Перед конструкторами и производственниками различных отраслей промышленности стоят широкие задачи по улучшению конструктивного оформления газобаллонных автомобилей. К числу этих задач в первую очередь относятся следующие:

1) дальнейшее уменьшение веса и увеличение прочности газовых баллонов при неизменной или увеличенной емкости;

2) усовершенствование конструкций газовых редукторов и смесителей и, в частности, перевод газобаллонных автобусов на двухступенчатое редуцирование;

3) приспособление баллонов и газовой аппаратуры к габаритам и конструкциям новейших типов советских автомобилей, намечаемых к выпуску в третьем пятилетии (ЗИС-15, ЗИС-25 и др.);

4) увеличение мощности автомобильного двигателя, работающего на сжатом газе.

Последняя задача имеет много путей для своего разрешения, в том числе и таких, которые не требуют капитальной реконструкции двигателя. Наиболее эффективным мероприятием в этом направлении является метод повышения коэффициента теплоиспользования и рабочего давления. В главе 14 уже было рассмотрено, в какой мере этот метод, конструктивно заключающийся в установлении повышенной степени сжатия, благоприятно сказывается на повышении динамических качеств газобаллонного автобуса.

Повышение степени сжатия может быть выполнено предпочтительно путем замены головки блока цилиндров. Наличие таких головок с уменьшенным объемом пространства сгорания позволяет быстро осуществлять в эксплуатационных условиях переход к повышенным степеням сжатия.

Повышению степени сжатия сопутствуют два отрицательных момента. Первый из них — высокое давление конца сжатия — требует некоторого увеличения мощности стартера. Второй — опасность возникновения детонации — не столь существенен ввиду антидетонационных свойств газа.

Возможно, что для повышения мощности двигателя на газе пойдут по пути, предложенному Ленинградским индустриальным институтом. При испытаниях в ЛИИ обычный цикл, заключающийся в смешении воздуха с газом по выходе последнего из редуктора с небольшим разрежением, несколько изменен. В цилиндр двигателя засасывается чистый воздух, а светильный газ с давлением, превышающим давление воздуха в цилиндре, вдувается в камеру сгорания во время такта сжатия.

Применение впрыска (вдувания) под давлением около 8 ат дало повышение эффективной мощности двигателя около 7%, сравнительно с размерами мощности развиваемой при всасывании газа. Однако, опыты с впрыском газа еще не вышли из стадии экспериментирования. Кроме того применение метода впрыскивания газа — требует значительных изменений в конструкции стандартного двигателя.

ТАБЛИЦА СОСТАВА И ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СВЕТИЛЬНОГО ГАЗА

Род газового топлива	Составные компоненты (в %)						Теплотворная способность верхняя, кал	
	H ₂	CH ₄	C _m H _p	CO	CO ₂	N ₂		O ₂
СССР								
Естественный газ (Биби-Эйбат)	—	90,7	2,3	—	6,3	0,5	—	9 045
Коксовый газ (Донбасс)	50,0	27,0	1,9	2,6	2,5	14,5	1,5	4 020
Каменноугольный газ (Москва)	46,0	33,0	5,0	9,8	3,0	3,0	0,2	5 000
Смешанный газ (Москва)	27,6	15,9	8,6	20,0	7,3	20,2	0,4	4 300
Генераторный газ (из антрацита)	12,4	1,1	—	28,2	4,5	53,3	0,5	1 274
США								
Естественный газ (Пилсбург)	—	83,4	15,8	—	—	0,8	—	10 000
Каменноугольный газ	49,7	29,9	3,1	6,9	1,7	8,2	0,5	4 800
Водяной карбюраторный газ	40,5	10,2	8,9	34,0	3,0	2,9	0,5	4 760
Нефтяной газ	48,6	26,3	3,8	12,7	4,7	3,6	0,3	4 900
Смешанный газ	36,8	24,9	5,2	17,4	3,4	12,0	0,3	4 850
Коксовый газ	46,5	32,1	4,0	6,3	2,2	8,1	0,8	5 100
Германия								
Каменноугольный газ	53,5	28,7	3,5	8,9	1,1	4,1	—	5 129
Смешанный газ	52,7	17,6	2,1	2,2	2,5	4,1	—	4 192

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕРАТОРНОГО, ВОДЯНОГО И КОКСОВОГО ГАЗОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ

Вид газа	Низшая теплотворная способность, кал/м ³	Количество воздуха, погребное для сгорания, м ³ /м ³	Количество продуктов горения, м ³ /м ³	Начальное теплоемкое содержание продуктов горения, кал/м ³
»	1 100	0,97	1,84	598
»	1 200	1,05	1,90	631
»	1 300	1,13	1,97	660
»	1 400	1,21	2,03	689
»	1 500	1,29	2,10	715
Водяной	2 685	2,35	2,90	928
Коксовый	3 800	3,87	4,60	827
»	4 000	4,09	4,81	832
»	4 200	4,31	5,02	836
»	4 400	4,53	5,24	840
Смешанный	4 100	4,80	—	705

ТАБЛИЦА СРАВНИТЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СТОИМОСТИ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ГАЗА НА МЕСТЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ПРИНЯТОЙ ЗА ЕДИНИЦУ

(по заграничным данным)

Род газа	Теплотворная способность кал/м ³	Стоимость 1 000 кал			
		на заводе	в 40 км от за-вода	в 100 км от за-вода	в 200 км от за-вода
Нефтяной газ	9 000	2,44	2,47	2,54	2,60
Каменноугольный газ (светильный дестилат)	5 500	1,00	1,06	1,14	1,30
Водяной газ	2 900	0,76	0,87	1,05	1,33
Генераторный газ	1 200	0,64	0,91	1,33	2,01

Приложение IV ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПРЕССОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

(выдержки из фирменной инструкции)

1. Для смазки подшипников следует применять самое лучшее минеральное масло; жидкое растительное масло ни в коем случае нельзя употреблять для этой цели.
2. Для смазки цилиндра надо пользоваться самым лучшим специальным компрессорным маслом.
3. Применяемая при охлаждении вода должна иметь температуру не выше 10—15° С при входе и не выше 40° С при выходе.
4. В первые дни работы компрессора, т. е. до полной приработки его движущихся частей и цилиндров, допустима работа только с низким давлением.
5. Смазка цилиндров должна быть установлена в течение первых месяцев работы компрессора на полную подачу масла.
6. Следует избегать запуска компрессора под давлением.
7. Замеченные неполадки в работе подшипников (нагревание, толчки, удары) следует сразу же устранять при помощи подтяжки или отпускания болтов.
8. Надлежит внимательно следить за уровнем масла и за смазкой движущихся частей и цилиндров, проверяя действие смазывающих приборов, и держать в порядке сальники и набивку.
9. Следует проверять время от времени манометр—возвращается ли стрелка его на 0. Постоянно следить за давлением воздуха; по изменению давления, нормально установившегося в промежуточном холодильнике, можно заключить о неисправной работе клапанов; клапаны в таком случае надо вынуть, прочистить и привести в порядок.
10. Время от времени следует проверять качество работы выключающего аппарата и клапана для регулировки давления.
11. После остановки компрессора следует закрыть запорный вентиль в нагнетательном воздухопроводе, если он имеется в наличии, выключить все смазывающие устройства, закрыть воздух для охлаждения, а также просмотреть подшипники и плоскости скольжения; в случае надобности, следует надлежащим образом установить подшипники и прочистить их.
12. Время от времени необходимо прочищать воздушный цилиндр, а также всасывающие и нагнетательные клапаны. Клапаны вынимаются после удаления клапанной крышки и затем прочищаются или заменяются запасными. При установке клапанов на место необходимо осматривать и, в случае надобности, заменить уплотняющие кольца под клапанами.
13. При выемке и установке клапанов на место следует следить, чтобы не повредить уплотнения; такую же осторожность необходимо соблюдать при снятии и установке крышек. Если требуется произвести замену, то следует ставить уплотнение такой же толщины, как было ранее стоявшее уплотнение.
14. В целях лучшей регулировки давления рекомендуется особенно часто прочищать выключающий аппарат и прибор для регулировки давления.
После длительной стоянки машины нередки случаи застревания маленького поршня в гнезде регулирующего вентиля вследствие легкого налета ржавчины, причиняемой водными осадками, или каких либо других засорений. При чистке необходимо прежде всего снять грузодержатель и груз вместе со шпинделем. Поршень в нижней его части должен двигаться совершенно плотно, всасывающим ходом.
- Обработка напильником или шлифовка наждаком категорически исключается. Поршень можно только начисто обмыть керосином, промазать и опять поставить в прочищенное также отверстие цилиндра. После этого шпиндель с грузом и грузодержателем следует поставить на место и проконтролировать, открывает ли автоматически этот груз при установленном наивысшем давлении и закрывает ли опять автоматически при небольшом падении давления порядка 0,5—1 ат.

При открытом регулирующем вентиле воздух, подводимый из воздушного бака к регулирующему устройству, поступает через регулирующий вентиль к выключающему аппарату. Время от времени надо проверять, не забились ли соединения и не выходит ли воздух в каком-нибудь месте соединения.

Выключающий аппарат работает следующим образом: вследствие избыточного давления воздуха на малый регулирующий поршень, начинают действовать как малый поршень, так и захваточные поршни; вследствие этого всасывающие клапаны остаются открытыми и засосанный воздух снова выталкивается во всасывающий патрубок. При уменьшении же воздушного давления регулирующий вентиль автоматически закрывается, избыток давления над малым поршнем исчезает и захваточные поршни приходят, под действием пружин, в первоначальное положение и компрессор снова может засасывать воздух.

Следует почаще проверять, можно ли легко двигать от руки захваточные поршни и открываются ли они снова автоматически под давлением пружин; в нужном случае поршни следует прочистить. При этом надо следить за тем, чтобы поршни ставились на место всухую, т. е. без жировой смазки, так как иначе приносимая через всасывающий воздухопровод пыль смешается с этой смазкой и образует корку, затрудняющую движение поршней. При установке поршней на место надо также следить, чтобы спиральные пружины правильно сидели под поршнями.

15. Каплеуказатели в проводке для смазки цилиндра предназначаются для определения количества поданного масла и их следует открывать только лишь на короткое время.

Приложение V

ТАБЛИЦА ФАКТИЧЕСКОЙ СТОИМОСТИ КОМПРИМИРОВАНИЯ 1 м³ СВЕТИЛЬНОГО ГАЗА

(по данным Московской газонаполнительной станции за июнь 1939 г.)

№№ п/п	Элементы калькуляции стоимости	Сумма в коп.
1	Стоимость засосанного газа (по счетам Мосгаза)	13
2	Стоимость электроэнергии (по счетам Мосэнерго)	8
3	Стоимость воды и смазки	1,5
4	Оплата служебного персонала	6
5	Амортизационные отчисления	5
6	Прочие расходы (телефон, почтовые, раз'ездные и т. п.)	2
Итого		35,5

П Р И М Е Ч А Н И Я:

1. Приведенные данные относятся к начальному периоду деятельности станции, при очень невысоком (около 8%) использовании проектной пропускной способности.
2. В данные о стоимости не включены дополнительные пенализационные отчисления Мосэнерго, вызванные неполным использованием установленной мощности моторов.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОБУСОВ

Специальные качества баллонов для сжатого газа, высокое временное сопротивление и предел текучести применяемого для их изготовления металла — позволяют считать газобаллонные автомобили достаточно безопасными для обслуживающего их персонала и для лиц, пользующихся газобаллонным транспортом. Заграничная техническая литература не упоминает о скольких-нибудь серьезных авариях, имевших место с газобаллонными автомобилями. Наоборот, всестороннее испытание баллонов, подвергавшихся внешним повреждениям, включительно до стрельбы в баллон, сопровождавшейся образованием отверстия в баллоне и не дававшей его разрыва, неизменно давали гарантию безопасности баллонов при возможных происшествиях.

Однако работникам газобаллонного автотранспорта необходимо твердо помнить, что даже без разрыва баллонов высокое давление заключенного в них газа может быть причиной серьезных несчастных случаев при неосторожном обращении с аппаратурой. Осторожность и внимание при работе с газобаллонными автомобилями должно быть усугублено в связи с опасностью взрыва газа и ядовитыми свойствами светильного газа вследствие наличия в его составе смертоносной окиси углерода¹.

Поэтому организации регулярного движения газобаллонных автомобилей или автобусов должно предшествовать обязательное прохождение работниками данного автохозяйства технициума по технике безопасности и изучению ими элементарных правил по обращению с баллонами и газовой аппаратурой. Ниже излагается ряд таких правил позаимствованных из смежных отраслей техники.

1. Вентили баллонов и коллекторов и главный запорный вентиль надлежит открывать плавно и медленно, причем только рукой, не применяя ключей, молотка и тому подобных предметов, могущих вызвать искру и взрыв.
2. При открывании вентилей баллонов и коллекторов необходимо находиться в таком положении, чтобы не получить ранений в случае срыва вентиля.
3. В случае закупоривания выходного отверстия вентилей, которое может быть следствием замерзания содержащейся в газе влаги (в случае большого расхода газа при низкой внешней температуре), ни в коем случае не отогревать вентиль при помощи пламени горелки или паяльной лампы, применять для этой цели исключительно горячую воду.
4. Газонаполнительный кран должен быть плотно закрыт всегда, за исключением случаев заправки баллонов автомобиля, когда шланг газораздаточной колонки присоединяется к штуцеру газонаполнительного крана. Главный запорный вентиль должен быть плотно закрыт во всех случаях продолжительных стоянок автомобиля, включая стоянки на конечных пунктах и заправку автомобиля.
5. Все сальники и уплотнения вентилей должны быть достаточно плотными и не давать ни малейшего пропуска газа. Также особое внимание должно об-

¹ Опасно для жизни содержание окиси углерода с концентрацией свыше 0,07% по отношению к внешнему воздуху. Светильный газ опасен при его концентрации около 2%.

ращаться на прочность и герметичность всех присоединений газопровода. В случае обнаружения утечки (замеченной по запаху газа или по показаниям манометра) газа в какой-либо из секций газопровода, соответствующая секция должна быть немедленно выключена путем закрытия вентилей на обоих ее концах.

6. Крепление баллонов к раме автомобиля неизменно должно проверяться и быть абсолютно надежным; отрыв баллона от рамы, если и не повлечет обязательно повреждения самого баллона, то легко может вызвать повреждения и срыв вентиля.

7. Хранение и ремонт газобаллонных автобусов в закрытых помещениях (боксах, мастерских и т. п.) может иметь место только при условии предварительного спуска газа из баллонов.

8. Снятые на время ремонта автобусов баллоны следует хранить в условиях, исключающих возможность попадания в них жидкостей и масла.

9. При парковании автобусов на открытых площадках в баллонах должно сохраняться небольшое остаточное давление газа порядка 2—3 ат во избежание попадания в них воздуха, образующего с газом взрывчатую смесь. Баллоны, из которых газ полностью спущен, перед нормальным употреблением следует проверить на отсутствие в них воздуха, производя в течение двух—трех раз наполнение баллона газом до давления 10 ат.

10. Ни в коем случае нельзя отыскивать место утечки газа и проверять герметичность резьбовых соединений газопровода с зажженной спичкой, свечей и т. п. Выявлению места утечки способствует мыльная вода, которой следует смазать все резьбовые соединения исследуемой секции газопровода, изолировав ее предварительно (перекрытием вентилей) от остальной магистрали.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Введение	3
2. Городской светильный газ, его состав, производство и распределение	4
3. Свойства светильного газа в качестве горючего для автомобильного двигателя	6
4. Сжатие газа, как метод его аккумуляции	8
5. Процесс сжатия газа и компрессорные установки	9
6. Газонаполнительные станции	13
7. Эволюция газобаллонных автомобилей	17
8. Принципиальные схемы газобаллонных автобусов	22
9. Баллоны	25
10. Редукторы	27
11. Смеситель и фильтр	34
12. Вентили, тройники, трубы и прочие детали газовой аппаратуры	37
13. Конструктивная характеристика газобаллонных автобусов ЗИС-8	39
14. Динамические качества газобаллонных автобусов ЗИС-8	44
15. Расход горючего и запас хода газобаллонных автобусов	51
16. Организация регулярного движения газобаллонных автобусов	56
17. Организация обслуживания газобаллонных автобусов	62
18. Эффективность газобаллонных автобусов	67
19. Перспективы дальнейшего развития газобаллонных автобусов	72
Приложения:	
I. Таблица состава и теплотворной способности различных видов светильного газа	74
II. Характеристика генераторного, водяного и коксового газов при различной теплотворной способности	75
III. Таблица сравнительной стоимости различных технических газов	75
IV. Обслуживание компрессоров высокого давления	76
V. Таблица фактической стоимости компримирования 1м ³ светильного газа	77
VI. Техника безопасности при организации движения газобаллонных автобусов	78

СПИСОК ИЗДАНИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

1. «Альбом чертежей площадок и оборудования для хранения автомобилей без утепленных гаражей». Ц. 18 руб. (распродано).
2. Инж. Г. И. Гордеев и А. Н. Понизовкин — «Снижение расхода бензина на автомобилях М-1, ЗИС-5, ЗИС-8 и ЯГ-4». Ц. 75 коп. (распродано).
3. С. А. Жекулин — Беседы с детьми о правилах уличного движения. Ц. 1 руб. (распродано).
4. «Трансфинплан грузового автохозяйства». Ц. 7 руб. 50 коп. (распродано).
5. «Городской пассажирский транспорт». Ц. 2 руб. 50 коп.
6. Инж. Г. Н. Дегтерев — «Автобусы на сжатом светильном газе» (газобаллонные автобусы). Ц. 3 руб. 50 коп.
7. «Вопросы организации городского движения» (сборник: а) внутригородской грузооборот и грузопотоки, б) система регулирования уличного движения и в) установление длительности и состава цикла автоматических светофоров). Ц. 6 руб. 50 коп.
8. Инж. К. П. Морозов и Г. И. Гордеев — «Экономия бензина на автотранспорте» (пособие для шоферов и работников автохозяйств). Ц. 2 руб. 50 коп. (распродано).

Находятся в производстве

1. Инж. Я. Э. Малаховский — «Номографический расчет автомобиля» Ц. 5 руб.
2. Инж. Иоффе — «Механизация погрузки и разгрузки картофеля». Ц. 3 руб. 50 коп.
3. «Организация движения городского транспорта» (сборник: а) методика комплексного обследования пассажирского транспорта, б) распределение подвижного состава по маршрутам и часам суток, в) методика и техника составления расписаний, г) диспетчерское руководство маршрутизированным транспортом, д) диспетчерское руководство таксомоторным транспортом, е) установление пассажирских маршрутов). Ц. 9 руб. 50 коп.
4. «Вопросы городского электротранспорта» (сборник: а) методика экспериментальных исследований и динамических показателей современных троллейбусов, б) выбор нормы падения напряжения в тяговых сетях трамвая и троллейбуса, в) выбор оптимального сечения контактных проводов и кабелей троллейбуса; г) новые типы электрических соединений для трамвайных путей; д) методика экспериментальных исследований бетонных конструкций трамвайных путей). Ц. 6 руб. 50 коп.
5. «Руководство по оборудованию и эксплуатации площадок для зимнего хранения автомобилей». Ц. 10 руб.

Заказы на вышедшие издания и заявки на издания, находящиеся в производстве, направлять по адресу: Москва, ул. 25 Октября (б. Никольская), д. 10/2, Научно-исследовательский институт городского транспорта, Редакционно-издательский сектор (тел. К 2-49-80).