

НКМП

УКРАИНСКИЙ

УССР

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОРФЯНОЙ ИНСТИТУТ

Инженеры М. В. КАНТОРОВ и И. Д. БУКШПУН

U 438
159

СЖИГАНИЕ И ГАЗИФИКАЦИЯ МНОГОЗОЛЬНЫХ ТОРФОВ

ОНТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ

НКПТ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

НКМП

УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОРФЯНОЙ ИНСТИТУТ

УССР

Инж. М. В. КАНТОРОВ и инж. И. Д. БУКШПУН

К-198 U $\frac{438}{139}$

~~ОПЕ
ХЦ
К25~~

СЖИГАНИЕ И ГАЗИФИКАЦИЯ МНОГОЗОЛЬНЫХ ТОРФОВ

(НА ОПЫТЕ УКРАИНСКИХ ТОРФОВ)

~~203
ХЦ 33~~



ОНТИ
Харьков

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

1935

НКТП
Киев

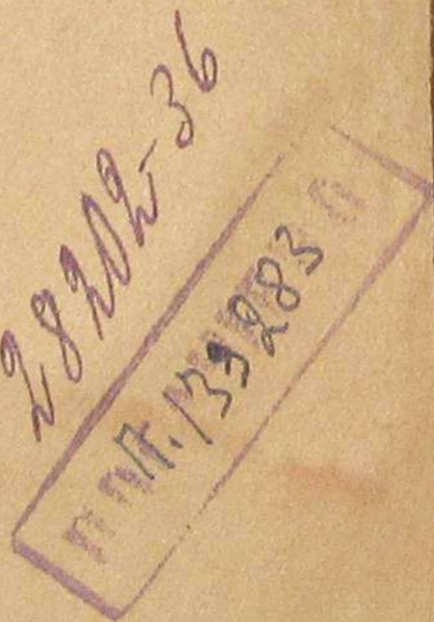
ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

р.	Строка	Напечатано	Следует читать
3		Вместо строк 13 и 14 снизу следует читать: Настоящая работа, выполненная инж. инж. Канторовым М. В. (главы IV, V, VI, VII и X) и Букшпуном И. Д. (главы I, II и III), а также главы VIII и IX совместно обоими авторами при участии Е. Д. Цваля,	
6	9 сверху	обладая	обладающие
9	6 "	меньше в торфе оснований	меньше оснований (там же пропущена ссылка — С. В. Вяхирев, Топливо, т. I)
56	5 снизу	При влажности торфа близкой к 40%	При влажности близкой к 40%
79	24 сверху	дает полное отсутствие	дает почти полное отсутствие
81	табл. XXI	№ 7 ... и предварительной подсушкой	... и предварительной подсушкой (по разомкнутому циклу)
139	2 сверху	Киевского гортплана	Киевского горплана
149	10 снизу	значительности	значимости
173	19 сверху	трубопровода	за трубопроводом
178	19 снизу	ее переработка	переработка его
178	12 "	ее	его

Канторов и Букшпун — 507

ОНТИ
ХарьковГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ
1935НКТП
Киев

Ответственный редактор *А. П. Хмельницкий*
Техоформление *Л. Канцелярская*



Типография Государственного научно-технического издательства Украины.
Киев, ул. Воровского, № 42.

ОТ УКРИНСТОРФА

На XVII съезде партии, в резолюции по докладам тт. Молотова и Куйбышева, было отмечено как задание на вторую пятилетку: «по торфяной промышленности определить добычу торфа механизированными способами свыше 75% общей добычи»; «продолжать линию на более широкое использование для электроснабжения местных видов топлива—торфа и сланцев»; «развернуть газификацию торфа и сланцев».

Украинский научно-исследовательский торфяной институт, занимающийся разработкой вопросов по механизации и реконструкции торфодобычи, облагораживанию торфа, а в настоящее время и по сжиганию, применительно к особенностям украинских торфов и условиям Украины, уделял в своих работах значительное внимание и термической переработке торфа. За пять лет существования института сектор химии и технологии торфа провел целый ряд работ по изучению украинских торфов, как объектов газификации, исследованию процессов газификации, побочных торфяных дегтей и др., в частности по эффективному использованию многозольных торфов, занимающих на Украине значительное место в общей массе ее торфяных запасов.

Настоящая работа, выполненная инженерами М. В. Канторовым (главы IV, V, VI, VII и X) и И. Д. Букшпуном (главы II и III), синтезирует экспериментальный материал по сжиганию и газификации торфа, в частности ряд экспериментальных работ по термической переработке торфа, проведенных в институте за последние годы под руководством инж. М. В. Канторова.

Как видно из работы, проблема газификации украинских торфов, в том числе и многозольных, технически разрешима.

Однако практическое осуществление газификации многозольных торфов и вопроса газоснабжения г. Киева на базе богатейших торфяников требует проведения еще ряда исследовательских и технологических работ для получения окончательных эксплуатационных показателей.

Директор Украинского научно-исследовательского
института торфа инж. *И. С. Гзовский*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Возможно широкое использование местных топлив — одна из важнейших задач современного энергоснабжения промышленности и коммунального хозяйства, отмеченная в постановлении XVII съезда ВКП(б).

Использование топлив должно быть рациональным и наиболее эффективным и не может быть замкнуто в узкие рамки непосредственного сжигания топлива в промышленных топках.

Технология и экономика нашей эпохи настойчиво указывают на комплексное использование топлива, как на правильный и целесообразный путь.

Приднепровье Украины особенно выделяется богатством местных видов топлива, среди которых первое место занимает торф. На необозримых площадях украинских торфяников залегают колоссальные пласты торфов, весьма своеобразных по своему составу.

Авторы этой книги задалась целью осветить, по возможности всесторонне, те пути, по которым должно идти использование украинского торфа. С этой точки зрения появление в печати их книги нельзя не признать вполне своевременным и целесообразным.

В числе характерных особенностей украинского торфа (в его разновидностях) прежде всего надо отметить значительное содержание золы. Существующие топки для торфа не совсем разрешают задачи выгодного сжигания многозольных торфов. Авторы подвергают подробному разбору условия сжигания многозольных торфов и приходят к выводу, что наиболее продуктивным путем освоения многозольных торфов является газификация.

Не подлежит сомнению, что современные механизированные газогенераторы — более надежное устройство для освоения многозольного торфа, чем существующие торфяные топки. Газификация с улавливанием смолистого погона доказывает преимущества этого способа перед непосредственным сжиганием торфа в топках.

Центральная часть работы посвящена вопросам газификации торфа, освещению современного состояния этого дела и рассмотрению технических возможностей использования в этом направлении украинских многозольных торфов.

Как пример крупного объекта газификации описаны торфяные массивы Трубеж, Трубайло, Недра, используемые для снабжения газом Киева. Подробный технологический расчет установки для производства двойного газа указывает на целесообразность газификации по рекомендуемому способу с дальнейшей подачей газа в Киев.

Однако вопрос о практическом освоении намечаемых в этой книге путей требует предварительного проведения исследовательских научно-лабораторных и опытно-технологических работ с украинскими многозольными торфами, а также испытаний их в большом масштабе в существующих опытных и заводских установках в целях всестороннего изучения торфяной базы.

Только при этих условиях можно за короткий срок поставить на реальную почву вопрос о газификации многозольных торфов Украины с целью производства двойного и высококалорийного газа.

Широкое развертывание промышленного строительства на Правобережьи, в Полесьи и в самом Киеве выдвигает энергетическую задачу, связанную с торфом, на первое место.

Вследствие этого настоящая книга найдет, надо надеяться, большой круг читателей среди хозяйственников и инженерно-технических работников и привлечет внимание к вопросам газификации торфа и к оживлению исследовательской работы в этой области.

Академик В. Г. Шапошников

Киев, 30 ноября 1934 г.

ВВЕДЕНИЕ

Между запасами торфяной массы на территории Украины и их практическим использованием существует огромный разрыв. Достаточно указать, что из всего торфяного фонда Украины (по всем категориям запасов), исчисляемого в 2900 млн. т, торфяной фонд разрабатываемых массивов составляет только около 35 млн. т или 1,2%.

Торфяные хозяйства организованы на небольшом количестве мелких массивов. Существующие потребители торфа распылены и незначительны.

Крупнейшие украинские торфяники до сих пор не освоены. Между тем, учитывая специфичность украинского торфяного фонда, можно утверждать, что *радикальное* решение задачи решительного сдвига в области торфяной промышленности и торфопотребления лежит именно в освоении крупнейших торфяных массивов. Последнее, разумеется, в свою очередь предполагает наличие крупных централизованных потребителей. Опыт последних лет достаточно убедительно свидетельствует об отсутствии на Украине таких крупных потребителей торфа, которые могли бы явиться потребителями постоянными систематическими, а также на весьма ограниченное внедрение торфа в мелкие промышленные и коммунальные котельные.

Наиболее серьезной причиной *мизерного* развития наших основных торфяных баз, в частности тяготеющих к столь мощному потребителю, каким может явиться Киев, является резко пониженное качество торфа этих массивов — их повышенная влажность и, главным образом, высокое содержание золы.

Пониженное и неустойчивое качество торфа наряду с непомерной высокой стоимостью тонны торфа франко потребитель приводило кроме того, что особенно важно, к несоответствию его качества существующим топочным устройствам; последние не справлялись с влажностью и зольностью выше кондиционной. Если влажность является функцией подготовки болота, технологического процесса добычи, способов сушки и хранения и, следовательно, находится в зависимости от организации торфяного хозяйства и принципов его эксплуатации, то зольность торфа зависит от методов организации хозяйства и выпуска товарного торфа потребителю в значительно меньшей степени. Как известно, использование методов обогащения топлива, применяемых к ископаемым углям (освобождение от минеральных примесей), по отношению к торфу не применимо.

Чтобы освоить крупнейшие торфяные массивы на Украине, нужно найти технически осуществимые и экономически рентабельные пути освоения *высокозольных* торфов.

Анализируя различные пути освоения украинского торфа, как топлива, и определяя их пределы, мы сочли необходимым показать приложение идеи газификации высокозольных торфов на конкретном примере газификации Киева от системы болот Трубеж—Трубайло и др.

Решение центральных правительственных и партийных организаций о превращении Киева в столицу УССР обязывает советскую техническую общественность решить задачу организации рационального энергетического хозяйства Киева с особой тщательностью.

Бурно развивающееся народное хозяйство новой столицы Украины во всех областях предъявляет резко увеличенные требования к производству энергии во всех ее видах.

Механическое решение вопросов развития энергетической системы Киева и его района на базе дальнепривозных донецких топлив, может быть, и оказалось бы более простым, но несомненно ограниченным решением с точки зрения интересов всего народного хозяйства страны. С другой стороны, интересы хозяйственного и культурного роста Киева настоятельно требуют также энергии *повышенного качества*. Высокое качество газа, как топлива, общеизвестно. Технологические свойства и характеристика торфяного газа подробно рассмотрены ниже.

Задача использования высокозольных торфяных массивов Украины есть задача синтетическая и охватывает, по сути дела, три крупнейшие народнохозяйственные проблемы:

- 1) разрешение задачи практического применения крупнейшего резерва местных производительных сил путем использования запасов местных торфяных энергетических ресурсов для дефицитных в топливном отношении районов Украины;
- 2) внедрение в промышленность, быт и коммунальное хозяйство газообразного торфяного топлива и
- 3) организацию дальнего газотранспорта, что разрешает задачу разгрузки железнодорожного транспорта от завозов в крупные потребляющие центры (в том числе Киев) сотен тысяч тонн в год дальнепривозных топлив.

Котельное хозяйство
(в процентах ко

Показатели	До 50		50—100	
	Количество котлов	Поверхность нагрева	Количество котлов	Поверхность нагрева
По всем отраслям	8,9	1,6	10,9	4,9
В том числе Киев	30,3	7,8	29,6	16,8

Газификация торфа, давая теплоценный продукт высокого качества — смешанный или двойной водяной газ, не должна, однако, ни в коем случае умалить значения максимально возможного внедрения торфа в его натуральном виде (кусковой или фрезерный торф). Известно, что общие термические преимущества на стороне последнего метода применения.

Котельные установки, являющиеся основными потребителями топлива в торфяной части Украины (главным образом, Киевская, Винницкая и Черниговская области), представляют собой мелкие распыленные установки, для которых сооружение газогенераторных станций может оказаться слишком дорогим.

Для характеристики котельного хозяйства в торфяной части Украины приводим таблицу А.

Приведенная таблица иллюстрирует достаточно [ярко размерность потребляющих тепло промышленных объектов.

Для распыленных мелких установок необходимо изыскивать методы сжигания многозольных торфов в шахтных, наклонно переталкивающих, цепных топках, камерных топках с жидким шлакоудалением и др. (в зависимости от местных условий), всемерно совершенствуя их в направлении освоения торфа с высоким содержанием золы и пониженной температурой ее плавления с наименьшим ущербом для топочного процесса и режима установки в целом.

Не пренебрегая ни в коей мере вопросами максимального расширения пределов внедрения торфа в его натуральном виде, следует все же отчетливо представлять, что решающая масса торфов Украины сосредоточена именно в крупных *высокозольных* торфяниках, могущих явиться объектами крупного централизованного использования.

Для реализации этой идеи необходимо находить пути *радикального* решения задачи. Таким радикальным решением является *газификация высокозольных торфов*.

Чрезвычайно ценной для этого предпосылкой является возможность получения из торфа двойного и высококалорийного газа и транспортирования его на большие расстояния.

Таблица А

торфяной части Украины
всему котельному фонду)

100—200		200—300		300—400		От 400 и выше		%
Количество котлов	Поверхность нагрева	Количество котлов	Поверхность нагрева	Количество котлов	Поверхность нагрева	Количество котлов	Поверхность нагрева	
53,6	53,8	24,6	35,1	1,8	3,0	0,4	1,6	100
25,6	26,7	3,2	6,1	16,5	16,4	4,8	25,2	100

Нельзя не отметить большой и плодотворной работы, проводимой в этой области ленинградцами. В известной мере результатом, подводящим итоги проделанной работы по получению из торфа двойного газа, является проводимый в настоящее время монтаж опытной заводской установки на Ижорском заводе.

Упомянутая установка должна будет определить типовую конструкцию газогенератора, рациональные схему и режим.

Необходимо, чтобы ижорская установка была использована не только для газификации относительно малозольных верховых торфов центрального промышленного района, но и охватила бы торфа других районов Союза, в частности многозольные украинские. Это повысило бы ценность и народнохозяйственную значимость этой установки.

Имеющиеся предварительные данные газификации торфа в двойной газ по Ленинградскому филиалу инсторфа и отдельные исследования, проведенные Укринсторфом по газификации украинских торфов, позволяют предполагать, что получение двойного и высококалорийного газа из украинских многозольных торфов есть путь достаточно надежный.

Конечно, освоение украинских торфов в сравнении с торфами центрального промышленного района будет несколько более сложным (большая зольность и крошимость в виду их низинного характера, легкоплавкость золы, отсутствие собственных природных баз для обогащения газа и др.). Это обстоятельство требует немедленного разворота научно-исследовательской работы в этом направлении.

Весьма вероятно, что для наших условий будут более целесообразны газогенераторы доменного типа (без шихты на одном торфе) с применением обогащенного воздуха. В этом случае мы имели бы значительно более мощные генераторы и широкую возможность большего выхода шлаков, как сырья для строительных материалов.

На основании указанных положений и построено развитие отдельных разделов настоящей работы. Первая часть посвящена рассмотрению возможностей освоения многозольных украинских торфов. Помимо качественных и количественных характеристик многозольных торфяных массивов и выявления их места в общих торфяных ресурсах, дан подробный анализ имеющихся топочных устройств и современных путей техники сжигания топлива под углом зрения возможности освоения многозольных торфов в их натуральном виде, а также и пределов этой освоенности.

Подробно рассмотрена роль золы, как конгломерата многочисленных элементов.

Дальнейшее изложение идет по линии освещения газификации топлива, современного состояния техники газификации торфа, газоочистки и использования побочных продуктов, а также технических возможностей газификации многозольных торфов.

Вторая часть работы целиком посвящена рассмотрению направлений газификации украинских торфов, главным образом перспективам газификации Киева на его торфяной базе; в соответствии с этим рассмотрены газоемкость и торфяные ресурсы для широкой газификации Киева и дан расчет установки двойного водяного газа на болоте с передачей газа на большие расстояния.

ГЛАВА I

МЕСТО МНОГОЗОЛЬНЫХ МАССИВОВ В ТОРФЯНОМ ФОНДЕ УКРАИНЫ

За исключением северозападной части Украины (бывш. Коростенский, частично Волынский и Черниговский округа) украинские торфяники носят низинный, пойменный характер.

Это обстоятельство обуславливает повышенную зольность, зависящую не только от характера торфообразователей (как известно, торфообразователи низинных торфов имеют более высокую зольность по сравнению с таковыми верховых и переходных торфов), но и от их пойменности. Расположение украинских торфяников в долинах рек объясняет содержание в них большого количества минеральных примесей, ила, песку, глины и т. п., вследствие чего зольность их на много выше зольности низинных болот других районов Союза.

В таблице I сопоставлены средние величины зольности торфов по отдельным районам Союза.

Таблица I

Средняя зольность торфов по основным районам СССР¹

(в процентах)

Районы	Верховые болота	Низинные болота	
	Средняя по району	Средняя по району	Пределы колебаний
Центрально-промышленный	3,5	8,6	1,2—43,2
Северозападный	3,7	6,0	2,6—19,7
Северовосточный	3,5	7,4	4,9—14,6
Западный	3,1	7,2	3,1—25,9
Уральский	3,5	7,7	3,3—33,5
Средневожский	3,3	14,0	5,1—29,1
ЦЧО	4,7	13,5	6,5—30,7
Украина	—	22,5	4,0—59,5

Из приведенной таблицы видно, что Украина является районом наиболее зольных торфов. В то время как для торфов РСФСР средняя

¹ Труды Ц. Инсторфа, вып. I, 1928; средняя зольность по Украине подсчитана нами с учетом последних исследований.

Классификация торфов по зольности по областям Украины

Области	Зольность (абс. сухая м.)				
	5—8%	8—12%	12—16%	16—20%	Выше 20%
Киевская и Черниговская	3,3	13,2	17,2	36,1	30,1
Винницкая	—	11,6	4,3	27,1	57,0
Харьковская	—	0,7	0,9	1,2	97,2

Как видим, среди торфяных областей Украины наибольший удельный вес многозольных торфов имеем в пределах Харьковской области (97,2% всех исследованных запасов).

Киевская и Черниговская области по сравнению с Харьковской и Винницкой имеют лучшие показатели: торфяные массивы с зольностью выше 20% составляют здесь только 30%.

Поскольку в данной работе торфяные ресурсы рассматриваются под углом зрения их крупного энергетического использования, то, разумеется, особый интерес вызывает качественная характеристика крупнейших украинских массивов, могущих быть объектом крупного энергостроительства. К крупнейшим торфяным массивам Украины мы относим те массивы, мощность которых выше 50 млн. м³ сырца.

Таких мощных массивов на Украине насчитывается 25 с общим запасом массы сырца в 2 865 400 тыс. м³, что ко всему исследованному торфяному фонду (около 7 000 000 тыс. м³), составляет 44%.

Эти крупнейшие украинские массивы следующие:¹

1) Рудня-Радовельская, 2) Вита-Стугнянское, 3) Здвиж, 4) Ирдынь, 5) Ирпень, 6) Тясьмин, 7) Великое, 8) Выдра, 9) Трубеж, 10) Трубайло, 11) Недра, 12) Супой, 13) Центральный Замглай, 14) Остер, 15) Дочь, 16) Езучь, 17) Реть, 18) Волк, 19) Згар, 20) Перевод, 21) Сула, 22) Хорол, 23) Сырая Оржица, 24) Ромен, 25) Удай.

В таблице IV. на стор. 14 приводим количественную и качественную характеристику указанных торфяных массивов и размещение их по областям.

В дополнение к таблице IV приводим данные об удельном весе рассмотренных крупных массивов в отдельных областях (см. таблицу V).

Таким образом, на основе данных, приведенных в таблицах I—V, можно сделать следующие заключения:

1. Основная масса крупнейших массивов Украины расположена в пределах Киевской области (больше 50% запасов всех крупных торфяников).

2. Удельный вес крупных массивов в общих торфяных запасах Киевской области составляет свыше 55%.

3. Кроме некоторых торфяников, расположенных, главным образом, в районе Полесья (Центральный Замглай, Рудня-Радовельская, Выдра), а также как исключение массив Ирдынь, все крупные бо-

¹ И. Д. Букшпун, Торфяные ресурсы как база для электрификации. 1932 г. Изд. Укр. энергет. комитета.

зольность составляет 3,1—4,7%, а для низинных болот колеблется в пределах 6—14%, средняя зольность украинских торфов составляет 22,5%.

Однако, приведенные данные о средней зольности украинских торфов еще не дают полного представления о характере торфов Украины, и с этой стороны чрезвычайно важной является классификация всего торфяного фонда по зольности.

К сожалению, материалы качественного исследования украинских торфяных болот очень скудны. По 50% обследованных массивов вообще отсутствуют какие бы то ни было данные о золе и, таким образом, не представляется возможным дать исчерпывающую классификацию всего обследованного торфяного фонда Украины по зольности.

Но для общей оценки качества украинских торфов вполне достаточна и в достаточной мере показательна приводимая ниже классификация по зольности торфяных массивов, для которых в настоящее время имеются данные качественных анализов (как уже указывалось выше; это примерно половина всего исследованного торфяного фонда).

Таблица II

Классификация торфяных ресурсов Украины по зольности¹

Группы зольности абсолютно сухой массы	% торфяного фонда
5—8	2,1
8—12	10,0
12—16	11,6
16—20	25,1
Выше 20	51,2

Таким образом, как видно из приведенной таблицы, 50% исследованных на золу торфяных массивов обладает зольностью выше 20%.

Если к тому же учесть, что в первую очередь исследовались на золу те массивы, в которых предполагалась пониженная зольность, то несомненно, что в 50% неисследованных болот следует ожидать наличия, главным образом, многозольных массивов и, таким образом, в действительности удельный вес этих многозольных массивов в торфяном фонде Украины должен быть еще более высоким.

По отдельным районам, однако, многозольные массивы распределяются не в равной мере. Наряду с районами преобладания торфов относительно небольшой зольности, наблюдаем районы, в которых многозольные торфяные болота являются подавляющими.

Для иллюстрации в таблице III приводим классификацию украинских торфов по зольности в областном разрезе.

¹ По торфяным массивам, для которых имеются данные анализов зольности и которые составляют 49% всего торфяного фонда.

Таблица IV
Характеристика и размещение крупнейших болот Украины
 (мощность и зольность)

Болота	Площадь пром. за- лежи (га)	Запасы сырца (тыс. м³)	Средняя зольность (абс. су- хая м.) (%)
А. Киевская область			
1. Рудня-Радовельская	6 000	90 500	16,3
2. Вита-Стугнянское	3 260	65 000	20—30*
3. Великое	4 884	60 500	20
4. Выдра	3 546	53 800	15—18*
5. Ирпень	9 000	130 000	30
6. Тясьмин	14 223	226 450	30—50*
7. Трубеж	6 609	139 200	40
8. Трубайло	4 306	112 800	42,9
9. Ирдынь	4 992	134 200	15,41
10. Недра	3 930	82 450	17—26*
11. Супой	7 325	137 300	24
12. Здвиг	9 000	112 500	20—26*
Итого по Киевской обл.	—	1 344 700	—
Б. Черниговская обл.			
13. Центральный Замглай	5 488	147 000	9,43
14. Остер	12 368	123 700	28,0
15. Дочь	3 276	65 500	41,6
16. Езучь	5 023	87 900	37,27
17. Реть	4 865	76 400	20
Итого по Черниговской обл.	—	500 500	—
В. Винницкая обл.			
18. Волк	4 300	88 400	19,5
19. Згар	1 337	55 800	27,15
Итого по Винницкой обл.	—	144 200	—
Г. Харьковская обл.			
20. Сырая-Оржица	8 097	202 400	36,6
21. Перевод	5 144	102 500	40,2
22. Сула	11 325	155 500	40,0
23. Хорол	4 900	55 600	40,0
24. Ромен	7 364	110 000	25
25. Удай	12 000	250 000	Выше 20%
Итого по Харьковской обл.	—	876 000	—
Всего по Украине	—	2 865 400	—

* По отдельным участкам.

Таблица V
Соотношение общих торфяных ресурсов областей и запасов крупных болот

Области	Общие запасы (тыс. м³)	Запасы сырца в болотах мощ- ностью выше 50 млн. м³ (тыс. м³)	% к запасам области
Киевская	2 449 000	1 344 700	55,5
Черниговская	1 689 000	500 500	32,5
Винницкая	759 000	144 200	19,0
Харьковская	2 071 000	876 000	44,0
Итого	6 968 000	2 865 400	41,0

лота характеризуются значительной зольностью, достигающей 40% и выше (в переводе на абсолютно сухую массу).

В целом все рассмотренные выше 25 крупнейших украинских торфяных массивов классифицируются по зольности следующим образом:

Таблица VI
Классификация по зольности 25 крупнейших украинских массивов

Группы зольности	Запасы сырца (тыс. м³)	% к итогу
До 20%	459 400	16,0
Выше 20%	2 406 000	84,0
В том числе 40% и выше	945 750	33,0
Всего запасов на 25 торфомассивах	2 865 400	—

Таким образом, среди крупнейших украинских торфяных массивов подавляющими являются многозольные, содержащие золы выше 20%; они составляют, как видно из таблицы VI, 84% всех запасов торфа, содержащихся в этих крупных болотах.

При этом на долю торфяных болот с содержанием золы 40 и выше процентов падает 33%.

К массивам с зольностью 40% и выше принадлежат следующие крупнейшие украинские торфяники:

- а) Трубеж, Трубайло и Тясьмин в Киевской области,
- б) Дочь и отдельные участки б. Езучь в Черниговской области и
- в) Перевод, Сула и Хорол в Харьковской области.

Выводы

На основании вышеприведенного анализа приходим к следующей качественной оценке украинского торфяного фонда:

1. Украинские торфа в подавляющей массе принадлежат к типу низинных пойменных болот и в сравнении с торфами других районов Союза характеризуются повышенной зольностью.

2. Из всех исследованных на золу торфяных запасов (составляющих половину торфяного фонда Украины) 51,2% являются многозольными, обладая зольностью выше 20% в переводе на абсолютно сухую массу.

3. В виду того, что в первую очередь определялась зольность торфяников, известных как лучшие, есть все основания предполагать, что в неисследованной на золу части торфяного фонда скрыты, главным образом, многозольные массивы, и, таким образом, действительный удельный вес многозольных массивов должен быть еще выше.

4. Многозольные массивы расположены во всех областях, кроме Черниговской, но удельный вес их в отдельных областях неодинаковый.

Наиболее многозольными торфами обладает Харьковская область, в которой удельный вес торфов с содержанием золы выше 20% составляет 97%.

5. 25 крупнейших украинских массивов с мощностью выше 50 млн. м³ каждый, составляющих 41% всего торфяного фонда Украины, в основной своей массе являются многозольными.

Торфяники с содержанием золы до 20% в переводе на абсолютно сухую массу среди них составляют всего 16%, 84% составляют торфяники с зольностью выше 20%, причем в том числе на долю торфяных болот с зольностью 40% и выше приходится 33%.

6. Этими исключительно многозольными массивами (содержащими золы 40% и выше) являются 8 следующих болот: Трубеж, Трубайло, Тясьмин, Дочь, частично Езучь, Перевод, Сула и Хорол, и в них заключено почти 1 млрд. м³ сырца, что составляет 14% от всего исследованного фонда Украины.

ГЛАВА II

ЗОЛА И ЕЕ РОЛЬ ПРИ СЖИГАНИИ ТОРФА

1. Состав золы и ее плавкость

Исключительно важное значение при сжигании многозольных топлив, в частности торфа, помимо количественного содержания золы, имеет также состав золы, так как им в конечном итоге, как будет показано ниже, определяется ряд весьма существенных явлений, происходящих в топке в процессе сжигания.

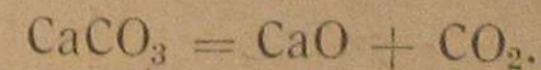
В своем составе минеральные примеси торфа содержат многообразные составные части в зависимости от характера торфообразователей и условий образования торфяного массива.

Под влиянием высокой температуры топочного пространства эти отдельные составные части претерпевают некоторые изменения и состав золы, получающийся в процессе сжигания, более или менее отличается от состава исходных минеральных примесей.

Эти изменения сводятся в общем к следующему:

1. Кремнезем при соответствующем количественном соотношении с известью, магнезией и щелочами образует сложные силикаты; эти последние частью расплавляются и образуют шлаки.

2. Карбонаты кальция распадаются с образованием углекислоты по уравнению:



3. Сульфаты редуцируются в сернистые металлы, а фосфаты — в фосфористые металлы.

4. Одни окислы железа переходят в другие.

5. Отдельные составные части золы улетучиваются.

Ниже приводим кислые и основные окислы, которые входят в состав золы торфа:

Кислые окислы

Кремнекислота SiO_2
Серный ангидрид SO_3
Углекислота CO_2
Фосфорная кислота P_2O_5
Хлор Cl_2

Основания

Окислы железа FeO , Fe_2O_3 , $\frac{1}{3}\text{Fe}_3\text{O}_4$
Глинозем Al_2O_3
Известь CaO
Магнезия MgO
Щелочи K_2O , $\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{O}$

При сжигании торфа, как и всякого топлива, имеет чрезвычайно большое значение не только шлакование, но и предшествующие ему процессы, при которых шлаки еще не совсем жидки, а вязки и тягучи.

Они связывают нерасплавленные еще минеральные части и несгоревший углерод и создают чрезвычайно повышенное сопротивление движению воздуха.

Плавкость минеральной составной части часто оценивается отношением:

$$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$$

Чем больше это отношение, так называемый индекс плавления (по Prost'у и Teime), тем выше температура плавления золы.

Таблица VII

Зависимость между составом золы и температурой ее плавления (по О. Зиммербаху)

Составные части золы	Легкоплавкая зола. Температура плавления около 1160°C (%)	Среднеплавкая зола. Температура плавления около 1350°C (%)	Тугоплавкая зола. Температура плавления 1350—1500°C (%)	Практически не плавящаяся зола. Температура плавления выше 1500°C (%)
SiO ₂	48,60	47,20	43,95	49,46
Al ₂ O ₃	23,43	21,58	32,05	32,28
Fe ₂ O ₃	14,68	6,96	8,45	5,50
CaO	3,08	6,52	6,00	2,76
MgO	2,88	4,66	2,07	0,78
SO ₃	0,96	3,33	1,45	1,50
P ₂ O ₅	1,85	0,50	1,60	1,42
Щелочи	4,52	3,20	3,14	3,83
и др.	—	0,97	1,29	1,47

Молекулярные соотношения

	Легкоплавкая зола	Среднеплавкая зола	Тугоплавкая зола	Практически не плавящаяся зола
SiO ₂	64,3	61,6	58,2	65,8
Al ₂ O ₃	18,3	22,7	25,0	26,0
Fe ₂ O ₃	7,3	3,4	4,1	2,8
CaO	4,4	9,1	8,6	3,9
MgO	5,7	3,2	4,1	1,5
$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$	4,75	5,37	4,95	11,20
$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{основания}}$	1,05	1,45	1,49	3,17
1. Незначительное отношение Al ₂ O ₃ : SiO ₂	1. Среднее отношение Al ₂ O ₃ : SiO ₂	1. Высокое отношение Al ₂ O ₃ : SiO ₂	1. Высокое отношение Al ₂ O ₃ : SiO ₂	
2. Незначительное отношение Al ₂ O ₃ к основаниям	2. Среднее отношение Al ₂ O ₃ к основаниям	2. Среднее отношение Al ₂ O ₃ к основаниям	2. Высокое отношение Al ₂ O ₃ к основаниям	
3. Высокое содержание Fe	3. Среднее содержание Fe	3. Среднее содержание Fe	3. Незначительное содержание Fe	

Плавкость минеральных примесей зависит также от отношения содержания глинозема к содержанию кремнезема и остальных оснований.

Минеральные примеси тем более легкоплавки, чем меньше отношение содержания глинозема к содержанию кремнекислоты и чем меньше в торфе оснований.

Далее плавкость растет быстрее с уменьшением содержания глинозема, чем с возрастанием содержания других оснований.

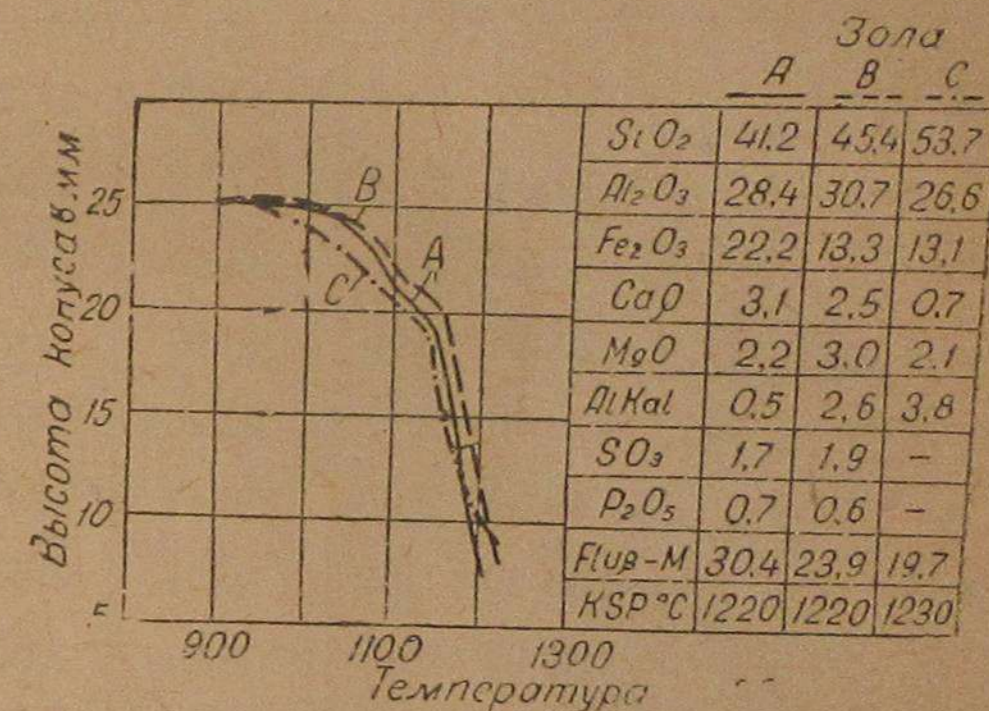
На стр. 18 приводим таблицу систематизирующую результаты работ О. Зиммербаху о зависимости между составом золы и ее температурой плавления.

Таким образом, плавкость золы зависит как от химического состава ее, так и от соотношения отдельных составляющих.

Reerink и Baum,¹ сопоставляя три различных вида золы в виде кривых плавления (см. фиг. 1), получили при различном происхождении проб и химическом составе углей и зол весьма похожие кривые, имеющие изгибы почти в одних и тех же точках, а именно при 950—1000° и 1130—1140° С после размягчения.

Приведенный пример показывает насколько важен, при предварительном учете влияния золы, именно фактор соотношения отдельных составляющих в золе.

Данные о плавкости наших украинских торфов (см. таблицу VIII) показывают, что они близко подходят к группе легкоплавких, и частично среднеплавких.



Фиг. 1. Сопоставление кривых плавления.

Таблица VIII
Температура плавления золы некоторых массивов УССР (средневзвешенные величины)

Название болот	Температура плавления (°C)
1. Броница	1180
2. Моства	1200
3. Горностайпольское	1000—1050
4. Буча	1150—1250
5. Бучанка	1300
6. Ирдынь	1300
7. Сядрино	1200—1250
8. Недра	1200
9. Мнево	1200—1250
10. Чернышево	1000—1200
11. Кодра (Буян)	1180

¹ «Die Wärme», 1930, стр. 758.

В таблице IX приведены средневзвешенные составы золы некоторых украинских торфяников (пробы отобраны на эксплуатационных участках — по площади и глубине).

Таблица IX

Наименование торфяников	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃ + +Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	SO ₃	K ₂ O+ +Na ₂ O	Индекс плавления
Буча уч. 1-й . . .	34,70	1,47	20,21	1,07	26,21	10,57	0,82	1,5
» » 2-й . . .	19,94	2,24	27,12	0,96	32,04	9,16	3,18	1,1
Шостка	25,25	0,78	35,45	2,91	26,82	5,65	2,72	1,7
»	34,16	0,99	23,99	1,08	42,05	5,36	1,84	1,1
Моства	23,10	2,17	22,26	1,61	32,19	6,71	3,09	1,1
»	19,33	2,03	16,17	1,70	45,69	4,81	2,34	0,65
Мнево	56,20	1,53	12,57	1,53	20,06	4,16	1,68	2,4
»	39,07	1,1	34,81	2,69	15,70	4,26	1,50	2,9
Кодра	30,83	2,47	21,82	3,48	27,00	7,34	2,70	1,4
Замглай	33,10	0,95	18,59	3,64	28,03	4,75	2,74	1,35

Индексы плавления, показанные в таблице, выведенные по Prost'u и Teume, вполне подтверждают доказанный многочисленными опытами и наблюдениями на практике легкоплавкий характер золы преобладающей массы украинских торфяников.

2. Влияние качества золы на поверхность нагрева

Вредное влияние золы, особенно связанное с ее свойствами плавления, нельзя рассматривать безотносительно к системе топочного устройства и соотношений площади решетки и объема топочного пространства, ибо в то время, как на колосниковой решетке проявляются только общие свойства золы, в топочном пространстве при образовании отложений сказываются химические свойства отдельных составных частей. Обычно лишь та составная часть золы, которая плавится при наиболее низкой температуре, предопределяет опасность вредного влияния золы, даже если эта составная часть присутствует в небольшом количестве.

Рассмотрим влияние золы на поверхность нагрева. Процесс зашлаковывания поверхности нагрева происходит обычно следующим образом.

Первоначально зола встречает чистую хорошо охлаждаемую поверхность нагрева и в значительной своей части гранулируется. Все же легкоплавящиеся составные части, а в особенности щелочные соли, частично покрывают поверхность.

С возрастанием этих начальных отложений происходит уже некоторое, на первых порах незначительное, ухудшение теплопередачи. Под влиянием ухудшенной теплопередачи при одновременном действии тепловых процессов, происходящих в топочном пространстве, гранулирование постепенно ухудшается, и, таким образом, в процессе отложения золовых заплывов поверхности начинают участвовать составные части золы, имеющие уже высшую температуру плавления.

Отложения, покрывающие поверхность нагрева, начинают действовать, как клеящая масса.

Если общая точка плавления всего слоя, покрывшего поверхность нагрева, будет лежать ниже температуры газов, омывающих рассматриваемый участок поверхности нагрева, то как последняя ступень в процессе образования шлакового запыла происходит шлакование слоя отложения.

Необходимо отметить, что взаимодействие отдельных составляющих золы элементов при определенных температурах, равно как и реакция золы с окружающей средой (атмосфера порения, стенки камеры, поверхность нагрева котла и т. д.), нуждается еще в углубленном исследовании.

В теорию топочной техники, особенно в части, касающейся обезвреживания процесса эксплуатации топки, еще недостаточно проникла химия, между тем именно химико-физические процессы в топке определяют степень вредности шлака, выносливость колосников и стенок топки, а, следовательно, и ход нормальной эксплуатации топки и котла.

3. Принципы очистки поверхности нагрева

Покрывание золой и запыление золотого слоя, осаждающегося на поверхности нагрева, вызывают необходимость систематической очистки.

Проблема очистки поверхности нагрева осложняется повышением зольности топлива и понижением температуры плавления.

Чрезвычайно многообразные методы очистки поверхности нагрева можно разделить на две группы: 1) очистка поверхности нагрева после остановки котла и 2) систематическая очистка в процессе его работы. Многообразие методов очистки и конструкций очистителей объясняется различной конфигурацией поверхности нагрева котла, пароперегревателя и т. д., а также, что весьма важно, характером отложений.

Схематически наиболее грубый метод очистки поверхности нагрева от шлаковых отложений состоит обычно в том, что шлаковые запылы сбиваются примитивными ручными инструментами через специальные отверстия в обмуровке.

Метод этот чрезвычайно труден и вреден, ибо как правило, длительное применение такого способа очистки приводит к порче кипятильных трубок и стенок топки и к тому же безуспешная очистка в этом случае обычно не достигается.

Наиболее часто практикуемые способы очистки заключаются в систематическом «сдувании» отложений при помощи дутья сжатым воздухом (в наиболее совершенных установках), а наиболее распространено дутье острым паром.

Типичным для стационарных методов дутья является система сопел, заделанных в обмуровку. Однако, практика этого метода дутья свидетельствует о его непрактичности. В зонах высоких температур (особенно соответствующих расположению первого ряда труб) перед пароперегревателями сопловые устройства, несмотря на защиту их огнеупорным материалом и тщательно выполненные охлаждающие приспособления, вскоре сильно деформируются, обгорают и приходят в полную негодность.

В зонах же пониженных температур, после пароперегревателя, во втором и третьем газоходах котла сопловые устройства себя вполне оправдывают.

Для зон, где господствуют высокие температуры, наиболее практичным оказалось «обдувание» поверхности нагрева сжатым воздухом.

Чрезвычайно удачным проявил себя в Германии метод очистки излучающих поверхностей (поверхность охлаждения стен камер горения и первых рядов кипяточных труб) при помощи сопел, подвергающихся термическому воздействию *только* во время работы. В остальное время сопла надежно защищены от воздействия высоких температур.

Обычно эти сопла работают насыщенным паром и действуют на расстоянии 6 м.

При выборе способа дутья и «дутьевой среды» (острый или насыщенный пар, сжатый воздух) решающее значение должен иметь характер отложений — твердость, склонность к цементированию и т. д.

Успех всякого дутьевого устройства в значительной мере зависит также от *режима* дутья, т. е. от *степени равномерности* и *своевременности* удаления отложений, так как после превышения известной толщины твердость отложений очень скоро увеличивается и сопротивляемость действию дутья резко повышается.

Для котельных установок, использующих *высокозольные* топлива, очистка поверхности нагрева *эффективными* и *дешевыми* средствами является пока еще проблемой, настоятельно требующей своего практического разрешения.

4. Зависимость зашлакования от топочного процесса, ухода за поверхностью нагрева и ее конструкции

Как показывает практика работы на высокозольных топливах, спекание и шлакование золы приводит часто к образованию мостиков между трубками и, таким образом, способствует сужению свободных сечений для дымовых газов.

Процесс шлакования поверхности нагрева зависит от следующих физических и химических факторов:

1) точки размягчения и точки плавления как отдельных составных частей золы, так и всей золы в целом;

2) вязкости и спекаемости ее;

3) коэффициента теплопроводности;

4) температуры горения топлива в топке и ряда других условий топочного режима.

Шлакование, как видно из изложенного выше, обусловлено тем, что температура дымовых газов при соприкосновении их с поверхностью нагрева, покрытой слоем золы отложений, будет выше точки плавления какой-либо составляющей золы части, температура плавления которой будет наиболее низкой.

Нагрузка топки будет играть здесь разумее не малую роль, ибо с возрастанием нагрузки возрастает скорость движения газа и интенсифицируется падение шлаковых частиц на поверхность нагрева.

Однако, не только термические и аэродинамические, но и химические свойства самого пламени определяют степень шлакования. Из практики металлургической и керамической промышленности известно окисляющее и редуцирующее влияние пламени на металл.

Род металла (медь или железо), вообще говоря, не имеет большого значения, так как теплопроводность в нормально работающей системе всегда достаточна для того, чтобы металлическая поверхность оставалась холодной и, следовательно, химически достаточно инертной к золе.

Чистота поверхности нагрева имеет решающее значение для скорости образования отложений.

Особенно важно расположение поверхности нагрева относительно газового потока.

Практика эксплуатации показывает, что зашлаковывание поверхности нагрева происходит в тем меньшей степени, чем меньше обращена к газовому потоку поверхность соприкосновения и чем острее угол падения.

Поэтому в котлах с вертикальными трубками возникает меньше затруднений в эксплуатации при работе на многозольных топливах, чем в котлах горизонтально-водотрубных.

При работе на многозольных топливах необходимо стремиться к таким формам поверхности нагрева, при которых сопротивление прохождению газов было бы наименьшим.

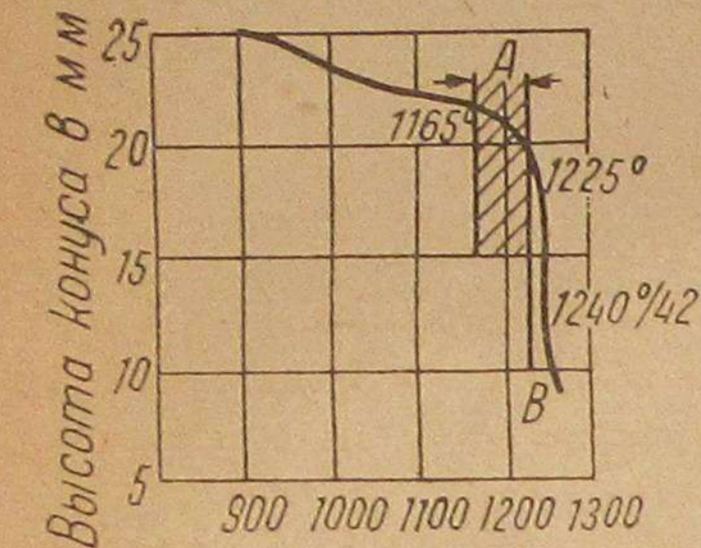
Весьма интересными представляются наблюдения Münzinger'a над влиянием конструкции котла на образование отложений при сжигании угольной пыли. Münzinger установил,¹ что при сжигании одной и той же горючей пыли (одного и того же состава) в почти одинаковых топочных пространствах первый ряд труб котла с наклонными трубами (горизонтально-водотрубного) гораздо скорее покрывается слоем шлаковых отложений, чем у котла с вертикальными трубами.

Münzinger показал на одном из примеров, что при почти одинаковой температуре топочного пространства температура газов при входе в первый газоход вертикально-водотрубного котла была меньшей, чем у горизонтально-водотрубного котла.

¹ А. Е. G. Mitteilungen, 1930.

Как показывает приведенная схема (фиг. 2), в то время, как при температуре до 1165° С (точка А) происходит лишь незначительное размягчение золы, она почти совершенно плавится при температуре 1240° С (точка В).

Естественно, что частицы золы, попадающие на поверхность нагрева горизонтально-водотрубного котла при температуре 1240° С, гораздо скорее вызовут образование отложений, чем в вертикально-водотрубном котле при температуре 1165° С.



Фиг. 2. Схема плавления золы по опыту.

А—вертикальный водогрейный котел;
В—горизонтальный водогрейный котел.

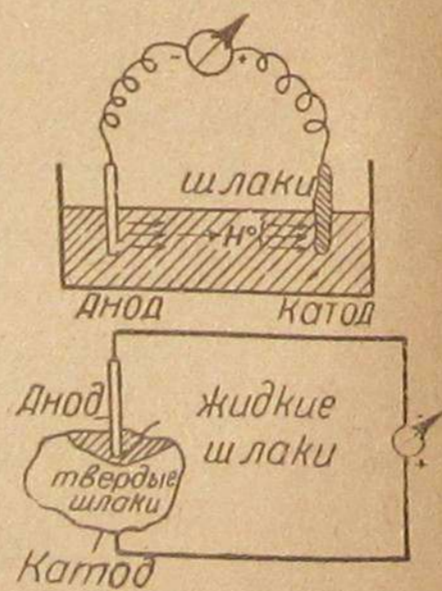
Интересно также отметить, что живая сила падающих частиц золы, как это выяснил Münzinger в вертикально-водотрубном котле, составляет приблизительно 1/3 от живой силы частиц в горизонтально-водотрубном котле, вследствие различной скорости газов.

5. Взаимодействие золы и решетки

Действие золы на посторонние материалы не ограничивается, как известно, только взаимодействием с поверхностью нагрева котла. Весьма серьезным фактором при работе с высокозольными топливами является влияние золы на огнеупорный материал топочного устройства и колосников.

Исследования электрохимической коррозии, произведенные Reerink'ом и Baum'ом,¹ показали, что материалы колосников и шлак находятся в определенном электрохимическом взаимодействии. Шлак по отношению к материалу колосника является катодом, т. е. материал колосников переходит в раствор.

В процессе коррозии колосников под влиянием шлаковых образований следует различать несколько параллельно действующих факторов. При сжигании топлива, дающего шлак при пониженных температурах плавления золы, на решетке образуются очень плотные шлаковые лепешки, заплывающие колосники и нарушающие этим их нормальное охлаждение. Под влиянием высоких температур слоя колосники поверхностно очень скоро обгорают и возникающий слой окиси реагирует, приводя к образованию силикатов. Возникает плотное соединение между колосниками и шлаком. Если сбивать шлак ударами, то слой окиси остается обычно на сбитом шлаке и, таким образом, возникают новые поверхности воздействия для обгорания.



Фиг. 3. Схема взаимодействия шлаков и колосников.

6. Взаимодействие золы и стенок топки

Соответственно с задачей настоящей работы в этом разделе нами будет рассмотрено поведение огнеупорных стен топок в их взаимодействии с золой. Влияние золы сказывается как на механической, так и на химической устойчивости огнеупорной кладки.

Под химической устойчивостью надо понимать степень сопротивляемости кладки разъедающему влиянию топочных газов и золы. Недостаток химической устойчивости является главнейшей причиной разрушения топочной обмуровки.

Этот процесс разрушения представляется примерно в следующем виде.

Летучая зола и шлак, уносимые потоком газов, попадают прежде всего на раскаленные стенки топки, подготовленные, таким образом, к активному с ними взаимодействию. Реакции, происходящие между материалом огнеупора и указанными взвешенными частицами, приводят часто к образованию новых химических соединений из веществ, входящих в состав как кирпича, так и шлака.

Разумеется, что температура и свойства газовой среды оказывают также свое влияние на рассмотренные реакции.

По исследованиям Bureau of Standards наблюдавшиеся случаи износа футеровки топок (для различных видов топлив) распределялись в среднем следующим образом:

Разъедание	45%
Растрескивание (недостаточная термическая прочность)	33%
Механический износ шуровочным инструментом.	15%

Для значительной массы наших торфов с легкоплавкой золой следует ожидать еще большего увеличения удельного веса разъедания.

Более подробный анализ разъедания огнеупора в топке вследствие взаимодействия его со шлаками указывает на два совершенно отличных процесса.

Первый процесс характеризуется диффузионными явлениями и реакциями в твердом состоянии, а вторая группа (вследствие влияния капиллярности и химического выщелачивания) уже перемещением, разрушением вещества (Stofftransport).

Последняя группа реакций играет преобладающую роль в камерных топках. Отсюда следует необходимость в этих случаях принимать специальные меры.

Для предотвращения влияния капиллярного действия необходимо стремиться к предельной плотности структуры кирпича с закрытыми порами. Повышенная пористость кирпича способствует более быстрым темпам явлений химического взаимодействия и последующих растворов. Опытный материал показывает, что обычные опасения насчет соответствия для каждого отдельного случая кислого или основного характера огнеупора при рассмотренных нами условиях

¹ Reerink u. Baum, D. W. 1930, стр. 768.

преувеличены, ибо решающего значения это обстоятельство (кислый или основной характер кирпича) не имеет. Растворение и вымывание поверхности топочной обмуровки жидким шлаком проходит тем интенсивнее, чем жиже шлак, т. е. чем ниже лежит температура его размягчения.

Жидкие вещества постепенно растворяют и размывают связывающие вещества огнеупорного кирпича и тогда зерна его, хотя бы и весьма тугоплавкие, выпадают и уносятся жидким шлаком.

При активном химическом взаимодействии золы с огнеупором d-r Steinhoff рекомендует, как меру для уменьшения влияния химического выщелачивания, создание в непосредственном соприкосновении со здоровым материалом стен защитного силикатного слоя, действующего в известной степени как буферный химический слой.

Шлаки, без дальнейшего добавления вещества, вместе с материалом огнеупора стремятся к постоянному молекулярному соотношению — если они насыщены, то дальнейшее растворение исключается.

Индифферентный буферный слой на стенках топочной камеры уменьшает *разницу концентраций*. Вследствие этого процесс выщелачивания резко замедляется.

К сожалению, изучение процессов взаимодействия золы, шлаков и огнеупора в топочной камере не отличается сколько-нибудь удовлетворительной полнотой, которая позволила бы на основании известного состава золы топлива, подлежащего сжиганию, и определенного состава огнеупора (простыми и недорогими средствами) предусматривать на активных стенках топочной камеры устройство надежного и обоснованного точным расчетом защитного слоя.

В этих случаях приходится подходить к решению задачи опытным путем.

При практическом решении задачи освоения торфов с легкоплавкой золой как единственно надежный путь приходится настоятельно рекомендовать подвергать предварительно кирпич и золу торфа, для сжигания которого спроектирована топка, лабораторному исследованию для выяснения их взаимного друг на друга воздействия при определенных температурах.

Для точного определения характера взаимодействия золы и шамота представляет интерес метод Векс'а. Исследуемая зола насыпается в маленькие тигли из огнеупорных материалов и затем доводится до плавления. Если материал тигля — материал стен топки подвергается заметному воздействию золы, его считают непригодным. Если же, наоборот, снимаемая с тигля после опыта зола имеет острые края, то огнеупорный материал пригоден.

На фиг. 4 показаны два тигля. В одном стенки сильно разъедены и шлаки перевалились за края тигля, в другом незаметно никаких признаков активного взаимодействия золы и материала тигля. Шлаки можно снять без остатка и без механических повреждений тигля.

В наиболее сильной степени разъедание топочной обмуровки следует ожидать при сжигании высокозольных и легкоплавких торфов

в камерных топках в виде пыли, ибо здесь на лицо более высокие температуры, меньшие избытки воздуха и действие значительно больших масс золы, чем в колосниковых топках.

Курт Баум, производивший многочисленные исследования над поведением золы и шлаков в топке, рекомендует, чтобы избежать облипания водогрейных труб и стенок топки жидким шлаком, образования «ласточкиных гнезд» и других нежелательных явлений при сжигании топлива с легкоплавкой золой, охлаждать капли расплавленной золы холодным воздухом, превращая их в стекловидные шарики до тех пор, пока они находятся еще во взвешенном состоянии.

Реализация способа охлаждения взвешенных частиц, предлагаемого К. Баум, возможна, очевидно, двумя путями:

1. Усилением теплоизлучения факела, что можно достигнуть развитием в топке экранных поверхностей и
2. Подводом в соответствующих местах камеры вторичного, холодного воздуха.

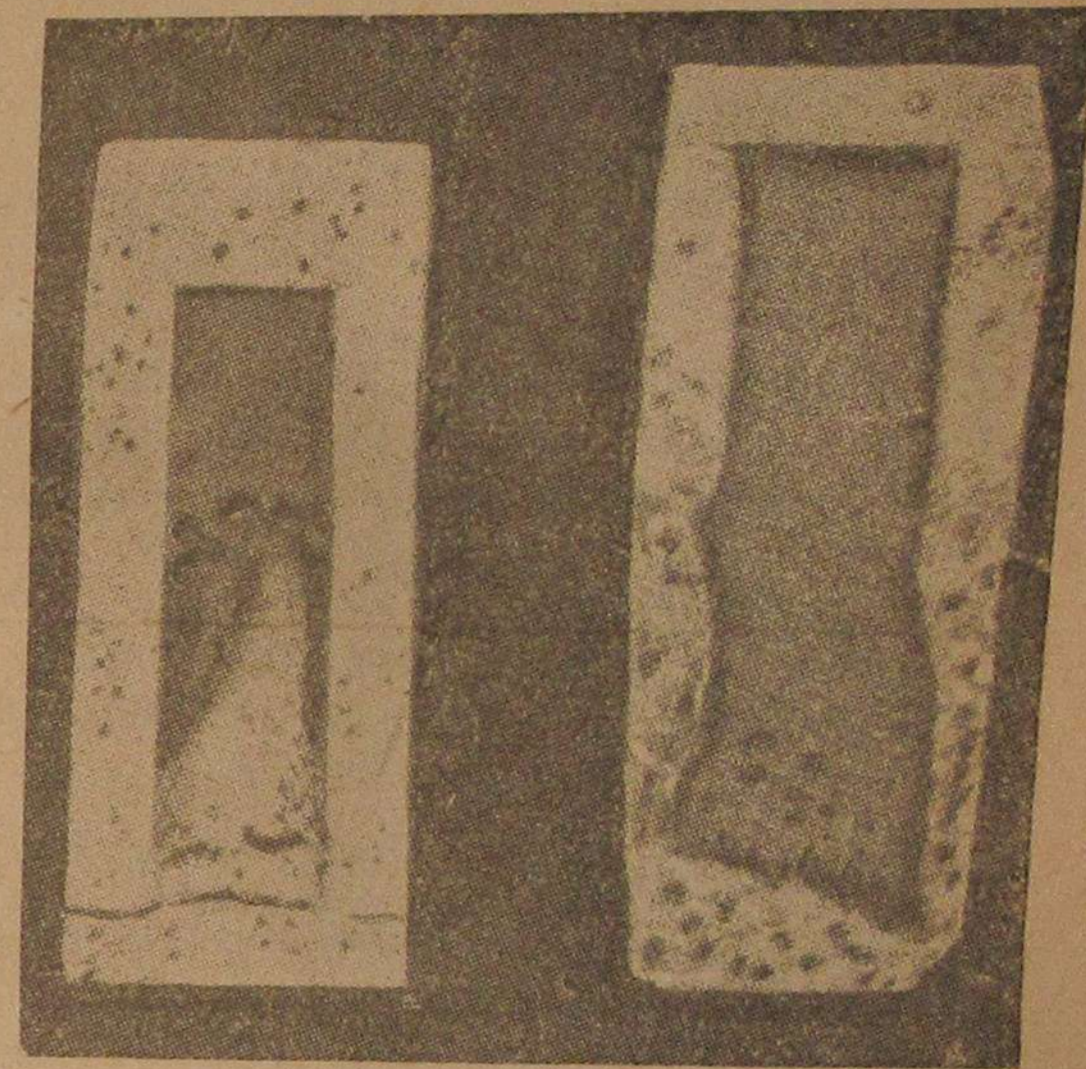
Экраны, особенно для топочных устройств, несущих высокие нагрузки (влекущие за собой активизацию разъедания обмуровки), являются общепризнанным радикальным средством, предохраняющим стенки топочной камеры.

Необходимо лишь отметить, что в применении к фрезерным топкам, в которых должен сжигаться торф с резко повышенной влажностью, экраны не могут быть рекомендованы для всех случаев.

Выборы систем и размеров экрана для торфяных топок, осваивающих торф в *чистом* виде (не подсушенного предварительно), необходимо производить чрезвычайно тщательно, сообразуя качество торфа как по влажности, так и по зольности с *режимом* топки, ее конфигурацией и составом огнеупора.

7. Зола и связанные с нею потери

Оценивая влияние золы на величину потерь в топочном процессе, остановимся подробнее на потере связанной с механическим недо-



Фиг. 4. Взаимодействия огнеупорных тиглей со шлаками.

жогом топлива, наиболее характерной потере по влиянию на нее содержания золы в топливе.

Если обозначим через:

U — содержание горючего в шлаках,

R — количество остатков,

Q_p^p — низшую теплотворную способность торфа, то потеря от механического недожога составит:

$$q_{\text{ост}} = R \cdot U \cdot \frac{8100 \cdot 100}{Q_p^p}$$

Из приведенного выражения видно, что «потери на золу» возрастают с повышением содержания горючего в остатках и пропорциональны содержанию золы. Таким образом, возрастающее содержание золы не только обесценивает торф, уменьшая его рабочую теплотворную способность, но и является фактором, прогрессивно увеличивающим потери при его сжигании.

Нижеприводимая таблица подтверждает это положение.

Таблица X
Зависимость потерь на механический недожог от содержания золы и горючего в шлаках

Содержание золы в %	10	20	30	40	50
Горючее в шлаках в %	Потери в % от теплотворной способности ($q_{\text{ост}}$)				
10	1,27	2,9	5,1	8,6	14,1
20	2,85	6,5	11,5	19,3	31,6
30	4,40	11,2	19,7	33,2	54,1

Данные, приведенные в таблице X, дают очевидное основание сделать следующий вывод.

При низком содержании золы качество выгорания оказывает небольшое влияние на коэффициент полезного действия, а для многозольного торфа работа топki должна быть построена так (и это обязательно необходимо предусмотреть при проектировании), чтобы во избежание крупных потерь была обеспечена возможность с наибольшей полнотой выжечь шлаки.

Что касается тепловых потерь от физического нагрева золы, то ими вследствие их весьма незначительной величины можно на практике пренебрегать.

Как показали испытания работы различных топок с колосниковыми решетками, проведенные Розиным¹ при многозольном топливе, главная масса золы (80 — 90% всего количества) остается на колосниковой решетке, а унос достигает всего 10 — 20%, в случае мало-зольного топлива унос золы в трубу относительно увеличивается.

Естественно, что сравнение потерь справедливо лишь при равных условиях форсировки, — с повышением форсировки соотношения меняются.

¹ Rosin, Rammler u. Doerfel, «Braunkohle», 1933, Н. 14.

Таким образом, мы можем констатировать, что в случае высокозольного торфа решающие потери, связанные с золой, в колосниковых топках заключаются в остатках на решетке. Влияние повышения содержания золы на характер изменения учитываемых тепловых потерь при сжигании топлива дает фиг. 5, иллюстрирующая результаты опытов с многозольными германскими бурными углями.

8. Зола и производительность топki и котла

Нижеприводимые диаграммы иллюстрируют весьма наглядно влияние золы на решающий фактор в эксплуатации котельной установки — ее производительность.

Отсутствие специальных подробных исследований о влиянии золы в торфе на производительность вынуждает нас обращаться к практике сжигания зольных бурных углей в Германии, в слое, на решетках. При составе золы рассматриваемых бурных углей совпадающем или приближающемся к составу украинского торфа, можно ожидать вполне идентичного влияния золы и ее поведения в принципиально родственной по конструкции торфяной топке.

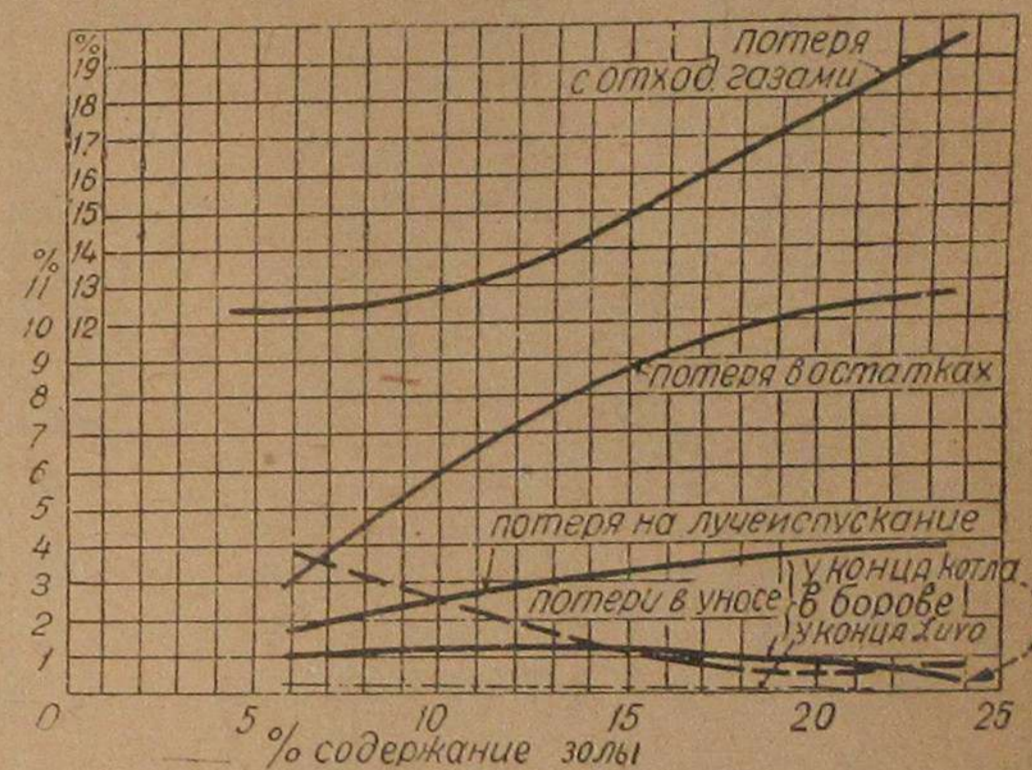
Фиг. 6 показывает, как повышающемуся содержанию золы соответствует понижающаяся тепловая нагрузка решетки, соответственно влияющая на паропроизводительность, а также на уменьшение коэффициента полезного действия котла.

Приводимый график показывает, что при падении коэффициента полезного действия от 78 до 65% паропроизводительность испытанного котла падает от 72 до 36 т/час (испытания производились под руководством Rosin'a и Rammler'a) или от 85 до 42 кг/м²/час, т. е. на каждый процент увеличения золы производительность падала на 2,75%.

Опыты, произведенные на других решетках, давали 2,2 — 2,9% на 1% золы. В среднем можно считать, что каждому проценту увеличения золы в топливе соответствует 2,6% уменьшения производительности котла.

Правда, то обстоятельство, что даже при содержании золы в буром угле (на рабочую массу) в 24% все же достигаются паропроизводительности порядка 36 т/час в одном агрегате, свидетельствует о громадных сдвигах в освоении высокозольных топлив.

Однако, факт резкого снижения паропроизводительности установки из-за повышенного содержания золы в топливе совершенно несовместим с тем общепризнанным принципом, согласно которому наи-

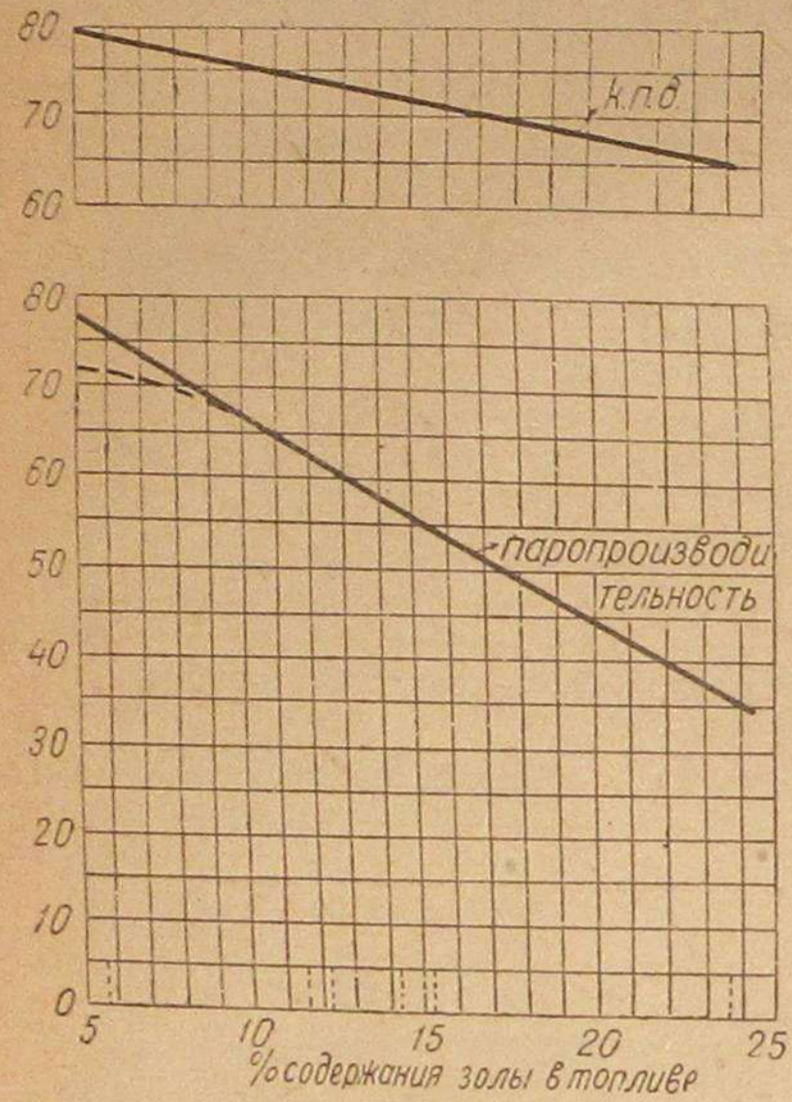


Фиг. 5. Влияние золы на величину потери.

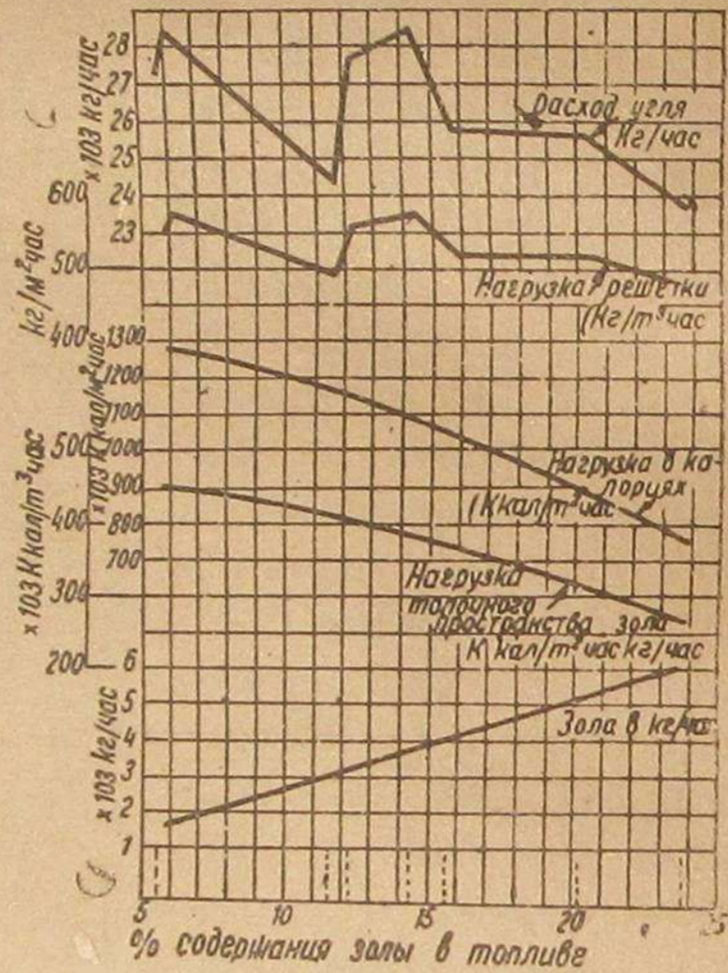
более действенным средством удешевления] стоимости тонны пара должно являться всемерное повышение удельной производительности агрегата и широкие возможности для максимальной его форсировки.

В частности вызываемая повышенным содержанием золы учащенная чистка топок нарушает однородность и равномерность производственного режима современных котельных установок.

Рассматривая влияние золы на отдельные детали топочного процесса, в частности на воспламеняе-



Фиг. 6. Влияние золы на паропроизводительность и к. п. д. котельной установки.



Фиг. 7. Зависимость нагрузки решетки от содержания золы.

мость топлива (имеющего для торфа и бурого угля особое значение), надо отметить, что резкого влияния повышенного содержания золы на эту часть процесса, как показывают опыты Rosin'a, не наблюдается.

Зависимость весовых нагрузок решетки от содержания золы, как показывает фиг. 7, незначительна. При резком колебании в содержании золы (от 8 до 24%) нагрузки решетки колебались от 475 до 550 кг/м²/час.

Зато *тепловые* нагрузки закономерно падают с возрастанием содержания золы; так, например, тепловая нагрузка решетки падает от 1,3 млн. кал до 750 тыс. кал на м²/час и нагрузка топочного пространства от 450 тыс. до 260 тыс. кал /м³/час.

Интересно отметить, что при расходе бурого угля от 24 до 28 т/час введенное количество золы в рассмотренном примере в зависимости от зольности топлива колебалось от 1,5 до 6 т/час.

Из опытов на установках, работавших на высокзолном топливе в СССР, известный интерес представляют опыты по сжиганию *сланцев* на Саратовской электрической станции. Опыты были проделаны котельной лабораторией ВТИ.¹

¹ См. статью инж. Ойвина и Заха в Известиях ВТИ, № 3, 1934 г.

Агрегат, на котором производились опыты, состоит из трехбаранного котла системы Five Lille поверхностью нагрева $H_k = 600 \text{ м}^2$.

Элементарный состав типичного сланца и его основные тепло-технические характеристики приведены в таблице XI.

Таблица XI

Наименование	Обозначения	Размерность	Рабочее топливо	Горючая масса
1. Углерод	C	%	23,58	63,63
2. Водород	H	%	2,23	6,38
3. Кислород	O	%	4,80	13,86
4. Азот	N	%	0,38	1,05
5. Сера сульфатная	S _a	%	0,20	—
6. Сера колчеданная	S _к	%	1,35	3,87
7. Сера органическая	S _{ор}	%	2,52	7,21
8. Влага	W	%	,71	—
9. Зола	A	%	1,67	—
10. Минеральная масса	—	%	,43	—
11. Выход летучих	—	%	,02	66,20
12. Теплотворная способность высшая	Q _в ^p	кал/кг	84	7218
13. Теплотворная способность низшая	Q _н ^p	кал/кг	21	—

Температура плавления золы рассматриваемого сланца Савельевского рудника также неблагоприятна и приближается к средним характеристикам отдельных высокзолных украинских торфяников.

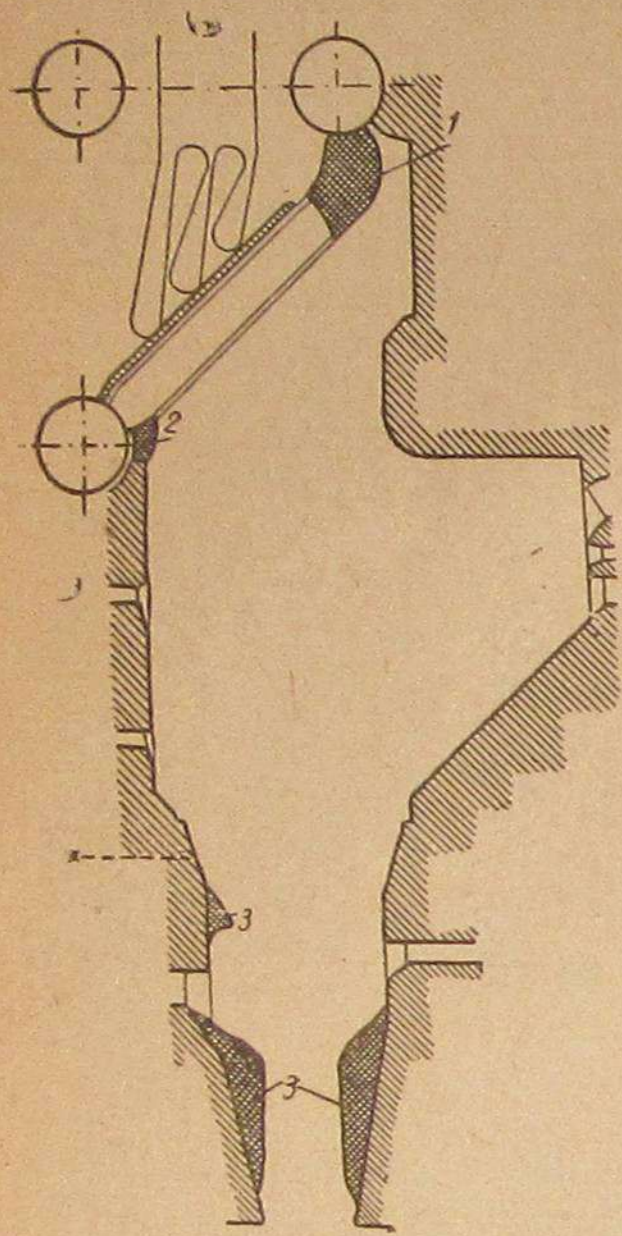
Таблица XII

Характеристика	Размерность	Опыт № 2	Опыт № 3	Опыт № 6	Опыт № 7
Начало деформации	°С	1105	1090	1095	1130
Начало размягчения	°С	1145	1135	1145	1205
Жидкоплавкое состояние	°С	1160	1164	1160	1210

Определения проведены в полувосстановительной газовой среде. Схема котла и топки, подвергшихся исследованию, с указанием мест наиболее интенсивного зашлаковывания показаны на фиг. 8. Основное явление, которое не давало возможности получить устойчиво сколько-нибудь высокой паропроизводительности котла, заключалось в шлаковании верхней части первого пучка кипятельных труб котла. В результате котел постепенно выходил из строя.

Характер возрастания сопротивления первого газохода виден из фиг. 9, дающей запись прибора, показывающего разность разрежений между боровом за котлом и топкой.

Выбивание газов начиналось уже при показаниях прибора в 30—35 мм водяного столба и при сопротивлении 40 мм и выше приходилось прекращать работу.



Фиг. 8. Схема зашлаковывания котла и топки на сланцах.

1—губчатый, довольно рыхлый шлак, образующий сталактиты с очень короткими и тупыми иглами; 2—рыхлый шлак в небольшом количестве; 3—стекловидный, слегка пористый, довольно хрупкий шлак.

Одной из кардинальных мер повышения паропроизводительности и устойчивой работы агрегата инж. Ойвин и Зах справедливо считают экранирование топки и перевод агрегата на жидкое шлакоудаление.

9. Значение золы как отбросного продукта и влияние на экономику

Некоторого освещения требует вопрос о значении золы как отбросного продукта с соответствующим влиянием на экономические показатели установки.

Помимо отягчающего влияния многозольности торфа на стоимость установки и ее эксплуатацию, значительные затруднения возникают при удалении золы с территории установки.

Экспериментальные данные, приводимые Rosin'ым и Rammler'ом в их статье «Zur verbrennung aschenreicher Braunkohle»,

показывают, что при увеличении содержания золы от 5 до 24% вес удаляемых остатков увеличивается в 8 раз (при одинаковых условиях форсирования).

Опыт Германии по освоению высокозольных бурых углей убеждает в том, что шлаки могут быть широко и успешно использованы для различных строительных и других целей.

В частности большое развитие получила переработка шлаков в так называемые шлаковые камни, из которых строятся крупные гражданские сооружения, заводские поселки и пр.

Шлаки и зола в огромных количествах могут найти себе применение для постройки дорог, бетонных полов, спортивных площадок.

Хорошо выжженную твердую золу, без примеси коксовых частиц, можно применять вместо дорогого гравия.

Хорошо выжженную твердую золу, без примеси коксовых частиц, можно применять вместо дорогого гравия.



Фиг. 9. Характер возрастания сопротивлений.

Проходит шлака через зольник	25%
Уловлено летучей золы циклонами	50%
Унесено летучей золы в трубу	25%

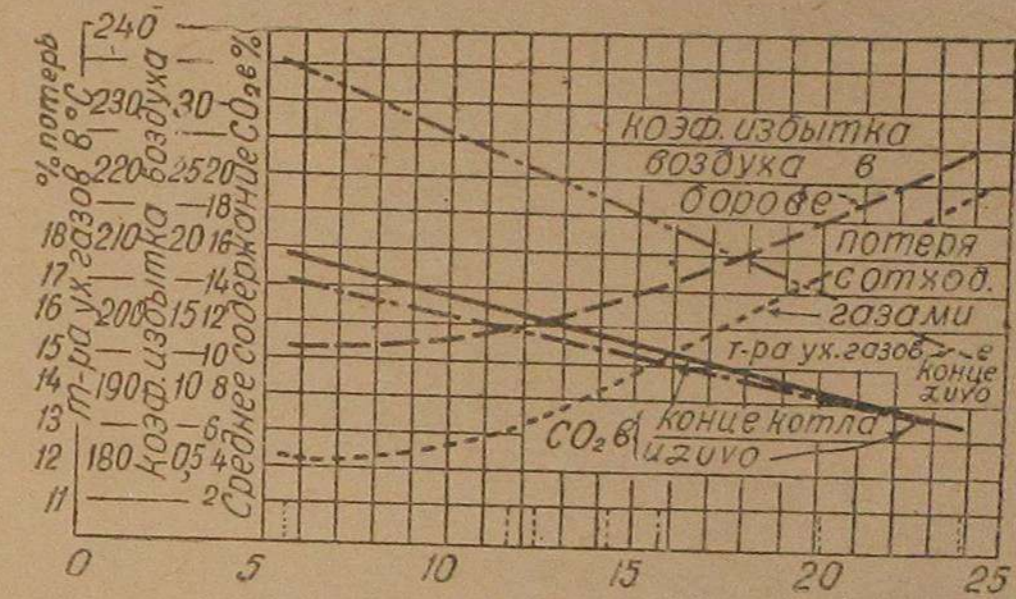
показывают, что при увеличении содержания золы от 5 до 24% вес удаляемых остатков увеличивается в 8 раз (при одинаковых условиях форсирования).

Опыт Германии по освоению высокозольных бурых углей убеждает в том, что шлаки могут быть широко и успешно использованы для различных строительных и других целей.

В частности большое развитие получила переработка шлаков в так называемые шлаковые камни, из которых строятся крупные гражданские сооружения, заводские поселки и пр.

Шлаки и зола в огромных количествах могут найти себе применение для постройки дорог, бетонных полов, спортивных площадок.

Хорошо выжженную твердую золу, без примеси коксовых частиц, можно применять вместо дорогого гравия.



Фиг. 10. Влияние содержания золы на теплотехнические характеристики.

Условиями для получения высококачественной золы, которую в дальнейшем можно рационально применить, является отделение летучего кокса и хорошее выгорание. Остатки горючего в шлаках являются серьезным препятствием при каждом из перечисленных видов их применения.

Для значительной части украинского торфа, отличающегося весьма высоким содержанием золы, как при сжигании торфа в топках паровых котлов, так и при его газификации в газогенераторах получение высококачественной золы должно оказать самодовлеющее влияние на весь ход топочного процесса.

При малозольных торфах потери, связанные с недожогом, обычно невелики и не имеют решающего влияния на коэффициент полезного действия установки.

В случае малозольных торфов следует стремиться к высокому содержанию CO_2 , не придавая особенно большого значения максимальному выжигу.

Иную картину мы получаем в случае многозольных топлив. Если возьмем многозольный торф (30% зольности) с содержанием горючего в золе 30%, то при улучшенном выжиге и понижении процента горючего до 20 коэффициент полезного действия увеличится на 8,2%.

Дальнейшее уменьшение содержания горючего в золе до 10% повысит коэффициент полезного действия котла еще на 6,4% (см. таблицу X).

Однако, в эксплуатации чрезвычайно трудно соблюсти хороший выжиг с высоким содержанием CO_2 .

Повышенный избыток воздуха, обуславливающий хороший выжиг горючего в шлаках, обуславливает в свою очередь понижение температуры топочного пространства и пониженное содержание CO_2 .

В эксплуатации в каждом отдельном случае необходимо найти оптимальные пределы, сочетающие указанные два противоречивых фактора.

ГЛАВА III

СЖИГАНИЕ УКРАИНСКОГО ТОРФА В СУЩЕСТВУЮЩИХ ТОПОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Рассмотрим применение украинского торфа, как топлива в эксплуатации в существующих топочных конструкциях.

Следует оговориться, что несмотря на значительное распространение торфяных топок на Украине за последние годы в районах, тяготеющих к разрабатываемым торфяным залежам, систематизированного материала испытаний не имеется.

Имеются лишь отрывочные испытания, которые одновременно с материалами по испытаниям отдельных торфяных топок Центрального промышленного района, работающих на торфе, по составу своему приближающемуся к украинскому многозольному торфу и по наблюдениям, проводимым нами в практике эксплуатации топок, работающих на многозольном торфе, дают возможность сделать ряд предварительных обобщающих выводов.

1. Шахтные топки

[Наиболее широко распространены на Украине шахтные топки как с наклонными, так и со ступенчатыми колосниками.

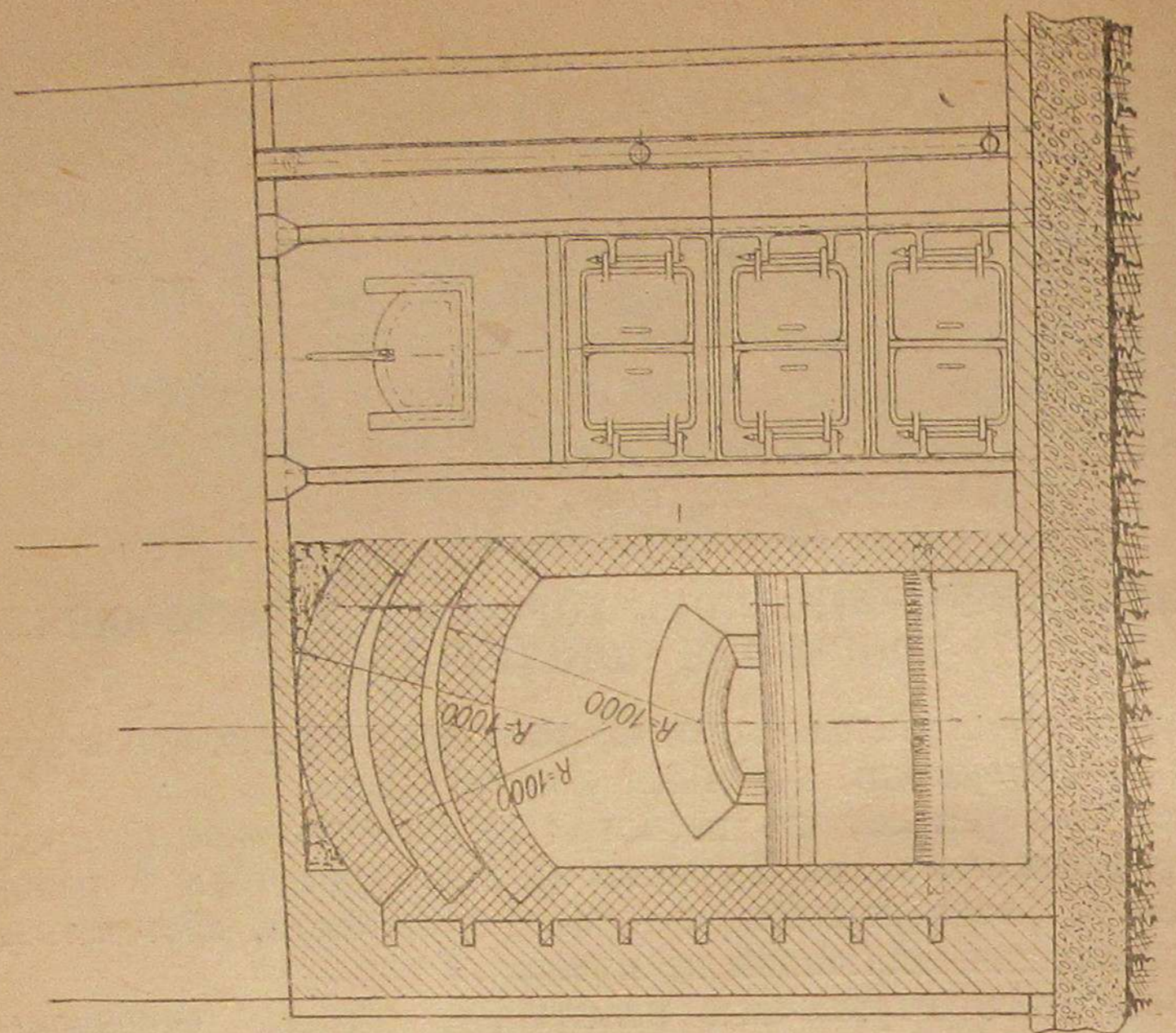
Принципиальное отличие шахтных торфяных топок от обычных простых колосниковых топок заключается в том, что основным составным элементом конструкции их является шахта; торф в последней до попадания на колосниковую решетку дозируется и подвергается подсушке. Шахта при правильной компоновке с активной частью топки служит вспомогательной инстанцией, несколько облагораживающей торф до его поступления на топочную колосниковую решетку.

Шахта, вмещающая в себе достаточно большой запас торфа, создает известную автоматичность в загрузке топливом решетки, на которую торф попадает из шахты под влиянием собственного веса.

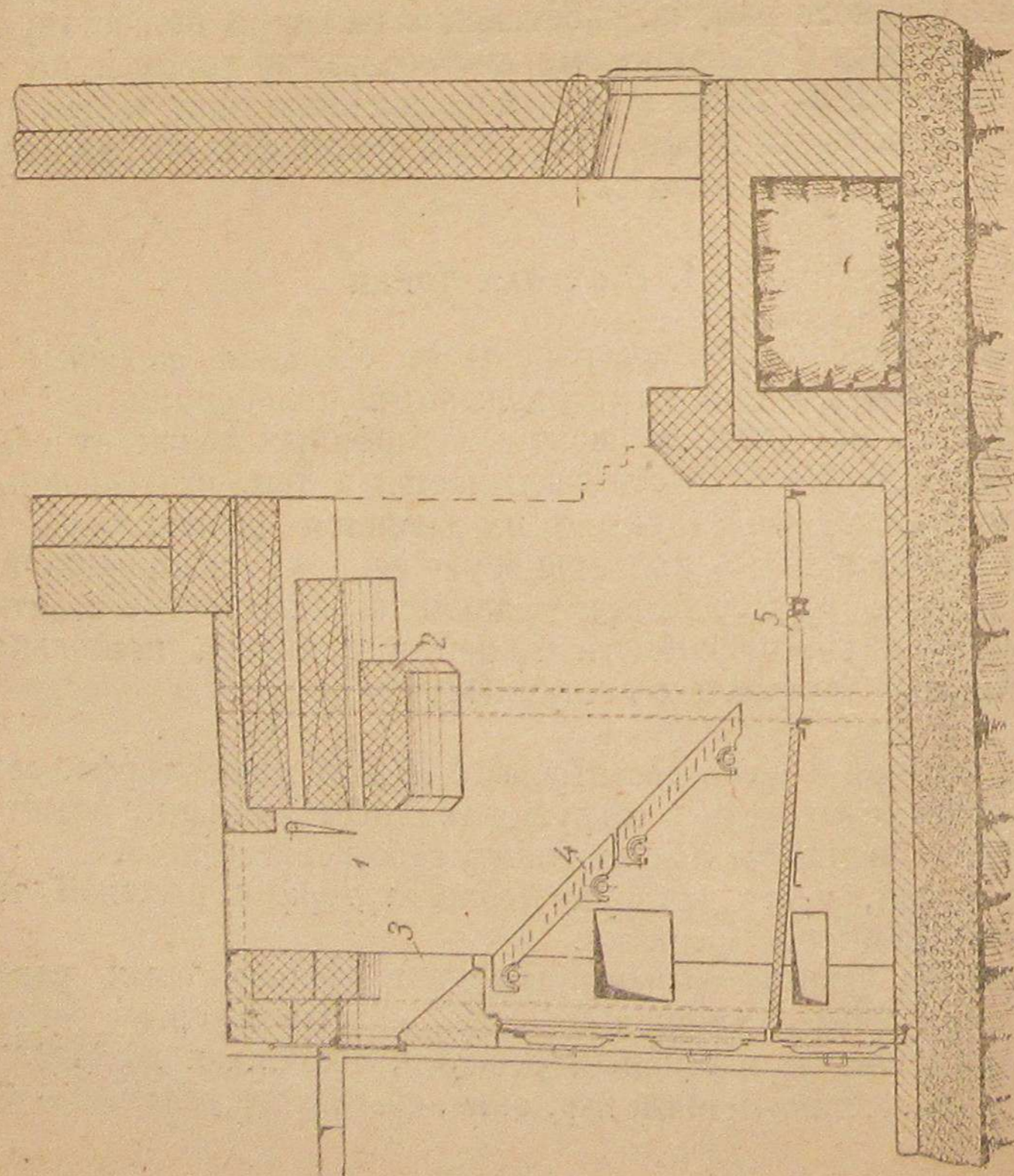
Второй фазой, через которую проходит торф в шахтной топке, является колосниковая решетка.

На Украине распространены два вида колосниковых решеток, имеющие серьезные принципиальные конструктивные отличия:

1) так называемая наклонная решетка, состоящая из отдельных чугунных плит, установленных наклонно, обычно под углом 40—45°, и

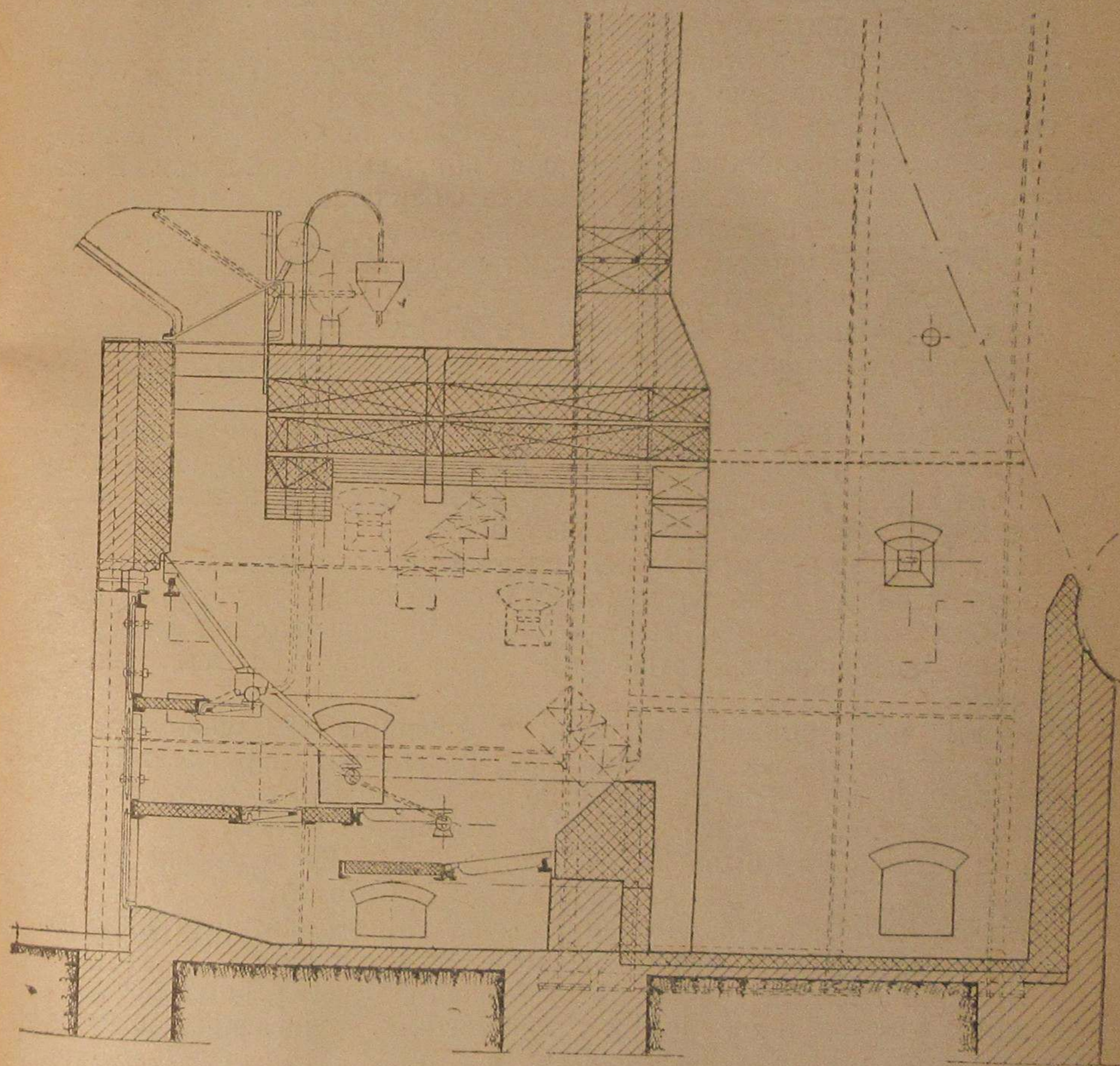


Фиг. 11. Шахтноступенчатая торфяная топка.



2) ступенчатая решетка, представляющая собой систему горизонтальных плит (собственно ступеней), уложенных в гнездах боковых чугунных балок, установленных наклонно.

На Украине наибольшее распространение получил именно последний вид шахтных топков.



Фиг. 12. Шахтная торфяная топка с наклонной решеткой и двумя дополнительными колосниками—системы Т. И.

На фиг. 11 и 12 показаны типовые конструкции шахтных торфяных топков с простыми наклонными колосниками и ступенчатыми колосниками.

Торф через бункер попадает в шахту 1, отделенную от топочного пространства системой сводов, из которых нижний 2 является сводом отсекающим.

Шуровка производится обычно с фронтальной стороны топки через отверстие 3.

Подготовленное до некоторой степени топливо попадает на ступенчатую решетку 4 или наклонную (см. фиг. 12).

Ниже основных колосников размещены горизонтальные, дожигательные колосники 5.

Задачей этих колосников является выжиг шлаков. Роль их в топках для сжигания многозольных торфов очень велика.

На Украине широко распространены дожигательные колосники, расположенные в два этажа (см. фиг. 12). В этих случаях процесс очистки решетки от шлаков происходит следующим образом.

Освободившийся от догорающего углерода шлак на нижних горизонтальных колосниках выгребают вон. Освободившееся место заполняется смесью раскаленного кокса со шлаками, которую сгребают с верхних горизонтальных колосников.

Недогоревший углерод продолжают выжигать на нижних колосниках, затем шлак выгребается.

Между нижними и верхними горизонтальными колосниками оставляется достаточное отверстие для прохода очистительных инструментов.

В шахтных топках, мало зависимо от систем рассмотренных решеток, свежий торф представляет неразрывно связанную систему со слоем горящего торфа, т. е. создается известная автоматичность на всех участках цепи шахта-решетка.

Однако это имеет место лишь для торфа с пониженным балластом.

Значительная часть украинских высокозольных торфов, шлакующихся при низких температурах, в практике их сжигания не дает возможности установить желательную автоматичность процесса.

Частые «подрезывания» шлаков, неизбежные при шлакующихся торфах, искусственная шуровка слоя, разумеется, нарушают непрерывное движение торфа от шахты до дожигательных решеток и соответственно работы отдельных участков топочной системы.

Как указано уже было выше, наибольшее распространение имеют ступенчатые топки (с металлическими ступенями).

Вообще ступенчатые колосники обычно широко распространяются там, где имеют дело с мелким низкосортным топливом.

Эти топки вполне оправдали себя многолетней работой на лесопильных заводах и на других предприятиях, сжигающих отбросы производства в виде корья, отдушины и т. п.

Известно, что основным типом топки для сжигания многозольных бурых углей, шлама в Германии явилась именно топка со ступенчатыми колосниками (с различной степенью механизации).

Украинский торф обладает не только повышенной зольностью, но также и повышенной крошимостью. В топку он попадает в значительной степени измельченным (процент крошки в нем доходит до 30—50%). Этим и следует объяснить распространение у нас именно шахтноступенчатых топок.

Как показано выше, при выяснении общих свойств золы, с увеличением зольности значительно возрастают потери топлива. С другой стороны, попадание в топку торфа с легкоплавкой золой не только

ухудшает коэффициент полезного действия установки, но и зачастую делает невозможным ее нормальную эксплуатацию.

Создание в топке условий, благоприятствующих сжиганию высокозольных торфов, нельзя, однако, рассматривать независимо от других свойств торфа, в частности его значительной влажности.

Основным требованием, предъявляемым к топочной решетке, является максимальная ее теплопроизводительность. Естественно, что с увеличением начальной влажности торфа (при одних и тех же конструктивных условиях) полезная теплопроизводительность решетки понижается.

Наоборот, тот или иной метод интенсификации подсушки торфа на его пути в шахте приводит к лучшему использованию решетки. Введение под решетку горячего дутья значительно улучшает процессы горения в топке вследствие более энергичных реакций, вызываемых высокой температурой внешнего реагента — кислорода воздуха.

Опыты Шатуры и Нигрэса показали, что действительно эффективное ускорение подсушки достигается прежде всего путем ввода весьма горячего воздуха.

Несмотря на очевидные преимущества горячего дутья, практическое его применение к украинским торфам давало отрицательные результаты.

Часто, оценивая влияние золы на ход процесса в топке при сжигании украинского торфа, исходят из соображений и явлений, наблюдаемых при работе на каменном угле или штыбах.

Между тем решетка, работающая на многозольном торфе, находится в резко отличных условиях от решетки, работающей на донецком топливе.

Количество минеральных примесей, попадающих в горячий слой, если считать на удельную площадь решетки, в украинских торфах в 4—6 раз больше, чем в ходовом донецком топливе.

Если к тому же учесть пониженную температуру плавкости золы, характерную для значительной массы украинских торфов, то становится ясным, насколько рискованным является внедрение горячего воздуха в топки для высокозольного торфа.

Конструктивные мероприятия, направленные к облегчению работы шахтных топок на многозольном и шлакующемся торфе, обычно сводятся к следующему:

1. Вводится водяное охлаждение колосников (системы «Прометей», «Вильтон» для горизонтальных решеток, пустотелые плиты и балки для ступенчатых решеток и др.).

2. Нижние горизонтальные колосники делаются опрокидывающимися, чем ускоряется и облегчается процесс очистки топки от шлаков.

Указанные выше мероприятия осуществлены лишь на немногих работающих торфяных топках.

В большинстве случаев применяемые как конструктивные, так и эксплуатационные мероприятия, направленные к бесперебойной работе топки на высокозольном торфе, дают малый эффект и не решают радикально задачи.

Наблюдаемые на отдельных предприятиях замена водяного экономайзера воздушным или установка последнего впереди водяного экономайзера экономически себя не оправдывают.

Кривая экономии от этого мероприятия не идет параллельно температуре воздуха, а, наоборот, сильно понижается.

Естественно поэтому, что коэффициент полезного действия ряда испытанных котельных агрегатов, работающих по вышеуказанной схеме на многозольном шлакующемся торфе, бывает хуже, чем без горячего дутья.

Таким образом, для украинского торфа, содержащего большой процент золы в массе рабочего топлива, возникает противоречие, до сих пор радикально не разрешенное, а именно: в то время как торф, являясь низкосортным топливом с большой примесью влаги, требует для активизации процессов горения введения горячего дутья, наличие в этом же торфе значительной примеси золы, у большинства украинских торфов легкоплавкой, не позволяет вводить горячее дутье, так как последнее чрезвычайно осложняет, а в отдельных случаях делает невозможным длительную эксплуатацию решетки.

Для шахтных торфяных топок пределом зольности, при которой топка работает без явного нарушения заданной ей производительности, при нормальной влажности торфа, механической структуре, температуре плавления золы и др., надо считать около 20% на рабочую массу. В таблице XIIa приводим сводную ведомость теплотехнического испытания шахтноступенчатой торфяной топки на заводе «Коммунар», работающей на торфе с повышенной зольностью.

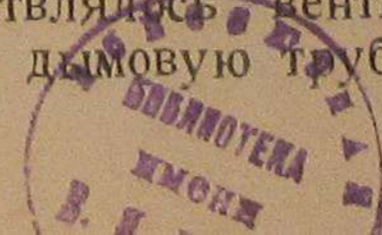
Таблица XIIa

Сводная таблица испытания шахтноступенчатой торфяной топки на сахзаводе «Коммунар», котел. сист. «Ферберн» поверхностью нагрева $H_k = 20 \text{ м}^2$

Наименование показателей	Размерность	Обозначение	Данные
1. Дата испытания	—	30.X.1932 г.	—
2. Продолжительность испытания	час	—	7,75
3. Топливо	—	кусовой торф	—
4. Состав рабочего топлива:			
Углерод	%	C_p	24,08
Водород	%	H_p	2,73
Кислород+азот	%	$(O+N)_p$	18,64
Влага	%	W_p	37,80
Зола	%	A_p	16,35
5. Зольность абсолютно сухого топлива	%	A_c	26,94
6. Теплотворная способность	кал/кг	Q_p^H	1820
7. Живое сечение решетки:			
а) верхнего наклонного участка	%	—	62
б) нижнего наклонного участка	%	—	35
8. Площадь зеркала горения	м^2	—	3,78
9. Объем топочного пространства (без жаровой трубы)	м^3	—	4,13

Наименование показателей	Размерность	Обозначение	Данные
Работа топки			
10. Средний часовой расход топлива	кг/час	B	1100
11. Напряжение зеркала горения (видимое)	кг/час/м ²	B/R	291
12. Тепловое напряжение зеркала горения (видимое)	кал/час/м ²	$\frac{B \cdot Q_p^H}{R}$	530 000
13. Тепловое напряжение топочного пространства (видимое без жаровой трубы)	кал/м ³ , час	$\frac{B \cdot Q_p^H}{V_m}$	485 000
14. Средний часовой расход воды	кг/час	D	2310
15. Среднее напряжение поверхности нагрева котла (видимое)	кг/час/м ²	$\frac{D}{H_k}$	11,05
16. Испарительность рабочего топлива	кг/кг	D/B	2,1
17. Температура питательной воды	°C	$t_{n. в.}$	117
18. Среднее давление пара в топке	ата	P	8
Газы			
19. Средний состав газов	%	CO_2	11,1
20. Окись углерода	%	$(CO_2 + O_2)$	19,9
21. Температура уходящих газов	°C	—	0,687
22. Температура воздуха, поступающего в топку	°C	T_{yx}	220
23. Коэффициент избытка воздуха	—	T_e	15
24. Средний подпор в зольнике	мм	α	1,46
25. Среднее разрежение в топке	»	—	9,5
26. Количество шлаков в % к сожженному топливу	%	S_m	3,9
27. Содержание углерода в абсолютно сухих шлаках	%	$Ш_p$	13,37
		C	17,5
Тепловой баланс			
28. Использовано тепла в котле	кал/кг %	q_1	1147/63,05
29. Потери с уходящими газами	»	—	302/16,58
30. Потери от химической неполноты горения	»	—	79,5/4,33
31. Потери от механической неполноты горения	»	—	189,5/10,41
32. Потери от лучеиспускания	»	—	102,2/5,61

Зола сжигаемого торфа на заводе «Коммунар» тугоплавкая. Дутье под колосники осуществляется вентилятором «Сирокко». Котел работал на кирпичную дымовую трубу.



Относительно благоприятные показатели работы рассматриваемой шахтноступенчатой топки (к. п. д. 63,05%), несмотря на повышенную зольность (27% в переводе на абсолютно сухую массу), объясняются, с одной стороны, высокими температурами плавления золы сжигаемого торфа и, с другой стороны, тщательно продуманным проектом (теплотехнический сектор Киевского института промышленности). Последнее в частности определило сравнительно удовлетворительный выжиг шлаков.

Углы наклона колосников были выбраны следующие:

- a) верхние наклонные колосники — 54°,
- b) нижние наклонные колосники — 39°,
- c) верхние горизонтальные колосники — 0°,
- d) нижние горизонтальные колосники — 0°.

Высота свободного зазора:

- a) между нижними наклонными колосниками и верхними горизонтальными — 145 мм,
- b) между нижними и верхними горизонтальными колосниками — 200 мм.

Запас торфа в шахте по времени определялся на

$$\frac{\gamma \cdot V_m \cdot 60}{B} = 18,3 \text{ мин.}$$

Запас торфа в загрузочной воронке по времени

$$\frac{\gamma \cdot V_e \cdot 60}{B} = 21 \text{ мин.}$$

Таким образом, общий запас торфа в шахте и бункере составлял 39,3 мин. Наклон стенок шахты $1/16$. Толщина слоя торфа регулировалась вертикальным шибером.

2. Шахтноцепные топки

Шахтноцепные топки для сжигания торфа широко распространены в Центрально-промышленном районе, где широкому внедрению этих топок благоприятствует как качество торфов, так и высокая мощность котельных агрегатов.

На Украине эти топки также применяются, однако, в весьма незначительном числе, преимущественно на сахарных заводах. Эксплуатация этих топок на малозольном торфе с высокой температурой плавления золы выявила значительные их преимущества, которые сводятся в основном к следующему:

- 1) механизация процессов горения слоя и шлакоудаления;
- 2) удачное решение задачи регулирования работы топki;
- 3) достижимость продолжительной форсировки поверхности нагрева котла, доходящей до 45—55 кг/м². час;
- 4) полная надежность работы топki и относительно высокий срок амортизации решетки;
- 5) относительно высокий коэффициент полезного действия.

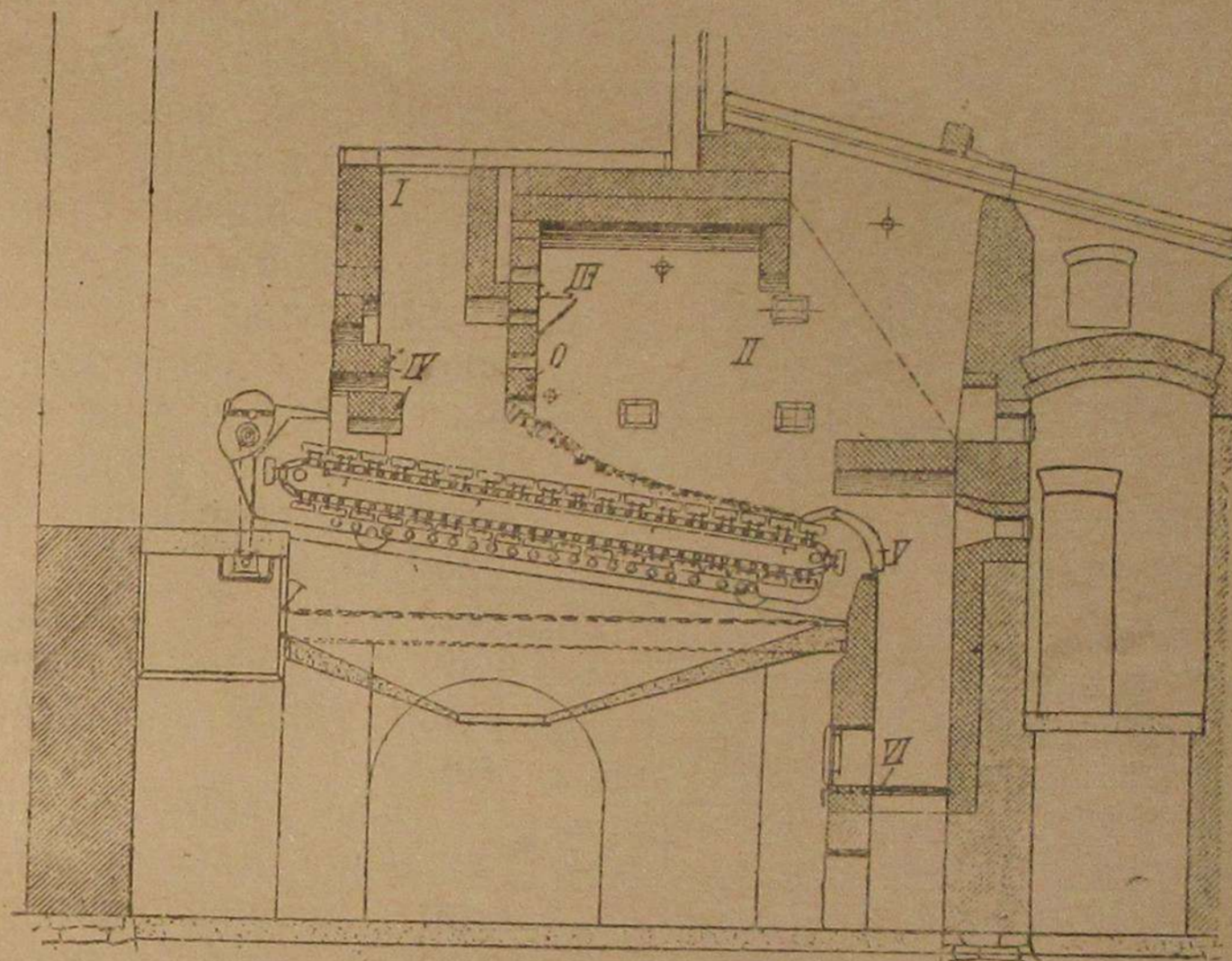
Шахтноцепная топка для сжигания торфа была впервые предложена проф. Т. Ф. Макарьевым в следующем виде (фиг. 13).

Топка состоит из двух основных частей: передней шахты I и задней топочной камеры II.

Обе части топki разделены системой вертикальных сводиков III; нижний сводик O называется обычно «отсекающим», так как регулирует, «отсекает» толщину слоя торфа.

В фронтальной части шахты также имеется несколько сводиков IV.

Роль шахты в подсушке свежезаброшенного торфа достаточно подробно выяснена в разделе «Шахтные топки».



Фиг. 13. Торфяная топка системы Т. Ф. Макарьева.

Подсушке торфа в шахте топki Макарьева значительно способствует воздух, поступающий между сводами IV (количество воздуха регулируется в зависимости от влажности поступающего в шахту торфа).

Благодаря ступенчатому расположению сводов IV торф задерживается у выступов и образует там «очаги» горения.

Развивающиеся очаги горения в шахте значительно облегчают процесс воспламенения торфа.

Шлаки удаляются специальным приспособлением — «шлакоснимателем» V. Оторванные от колосников шлаки поступают на дожигающую колосниковую решетку VI, где происходит окончательный выжиг горючего.

Условия применения горячего воздуха для сжигания украинских высокозольных торфов указаны в разделе «Шахтные топки».

Осложнения, вызываемые подогретым до высокой температуры воздухом, в случае сжигания торфов с пониженной температурой плавкости в цепных решетках усугубляется еще тем, что температура воздуха приближается к температуре колосников, уложенных в цепи.

Высокие температуры воздуха приводят к чрезмерному расширению решетки, короблению отдельных деталей цепи и быстрому ее износу.

Рассматривая характер горения торфа в шахтноцепной топке системы проф. Макарьева, получаем такую последовательность процессов.

В шахте и начале решетки топливо подсушивается и подготавливается к горению. Следующая фаза, где происходит активное горение углерода (этот процесс сопровождается большим выделением тепла),

является основной фазой тепловыделения в топке. Завершающей фазой является выжиг шлаков. Наряду с рассмотренными процессами, происходящими в слое торфа, значительная часть теплоотворной способности торфа выделяется в виде большого количества горючих, летучих веществ, сгорающих в топочной камере.

На фиг. 14 приводим наглядную схему процесса горения торфа в шахтноцепной топке.¹

Выше нами уже отмечалось значение максимального выжига шлаков как с точки зрения борьбы с потерями от механического недожога торфа, так и с точки зрения качества золы, подлежащей

дальнейшей полезной утилизации.

В цепных решетках, где процесс удаления шлаков механизирован и производится автоматически, отдельные детали топочной конструкции, подчиненные идее выжига шлаков, должны быть тщательно продуманы. Вполне справедливым является следующее заключение А. М. Гурвича. Если и можно подсушить топливо за счет тепла, развивающегося при сжигании части торфа на ступеньках шахты, то тепловые источники для поддержания при высокой температуре шлакового участка топливного слоя отсутствуют — тепловыделение от выгорания остатков углерода явно недостаточно для этой цели.

Если бы шлаковый участок топливного слоя не был подвержен лучеиспусканию пламенного факела, то под влиянием охлаждающего действия воздуха, проходящего через слой, и поверхностей нагрева котла, расположенных в топке, происходило бы быстрое охла-

ждение шлака, которое препятствовало бы выжигу остатков углерода.

Формулированное положение усугублялось бы двумя обстоятельствами:

1. Шлаки выжигаются в очень тонком слое, а иногда даже и без слоя, покрывая лишь отдельные места решетки.

2. Шлаковый участок решетки работает без пламени.

Первое обстоятельство вынуждает для обеспечения успешного горения в отдельных местах решетки, покрытых шлаком, подводить через всю зону выжига такое количество воздуха, которое во много раз превышает необходимое для горения.

Второе обстоятельство лишает шлаковый слой тепловой защиты пламенным факелом и делает охлаждающее действие поверхностей нагрева весьма заметным.

Следовательно, успешный выжиг шлака может протекать только тогда, когда есть большое количество лишнего воздуха при высокой температуре шлакового слоя, совершенно незащищенного от теплообмена с поверхностями нагрева, иными словами, при искусственном нагреве шлака.

Этот подогрев и должен осуществляться лучеиспусканием пламени, развивающегося над активными частями топливного слоя.

Изложенные выше соображения А. М. Гурвича в приложении к украинским торфам требуют двойного подхода. Если для высокозольных торфов с высокой температурой плавления искусственное создание высоких температур в шлаковом слое желательно, так как это несомненно способствует улучшенному выжигу углерода, то для торфов с низкой температурой плавления золы приходится считаться уже с инт ресами работы решетки в целом, ибо заплавление колосников может дезорганизовать весь процесс эксплуатации агрегата. В этом случае, т. е. при сжигании торфов с легкоплавкой золой, необходимо чрезвычайно осторожно учитывать все конструктивные факторы, влияющие на повышение температуры наиболее уязвимого для заплавления участка решетки, а в отдельных случаях даже учесть специальные меры для внутреннего охлаждения шлаков, предпочитая несколько повышенные потери от механического недожога нарушению работы всей установки.

Особый интерес представляет опыт работы шахтноцепных топок на украинском высокозольном торфе.

Эти топки нашли преимущественное применение на сахарных заводах Украины, тяготеющих к торфяным массивам.

На отдельных предприятиях шахтноцепные топки работали только 2—3 года и затем были сняты. Основными причинами этого являлись, с одной стороны, более благоприятная конъюнктура с донецким топливом и неэкономичная, а в отдельных случаях чрезвычайно осложняющая эксплуатацию завода работа на высокозольных торфах.

Ряд сахарных заводов (Андрушевский, Калининский и др.) до сих пор работают на шахтноцепных решетках.

¹ А. М. Гурвич, Сжигание кускового торфа, стр. 32.

Топка системы проф. Макарьева установлена под котлом системы Менье поверхностью нагрева 300 м².

Цепная решетка расположена на уровне пола котельной, ниже которого имеется предзольниковое пространство высотой 2100 мм.

Расстояние между осями колосниковой цепи — 4300 мм, ширина цепи — 2100 мм. Активная площадь решетки 5,46 м². Высота шахты — 2700 мм. Высота топочного пространства — 2000 мм.

Весьма напряженные условия работы рассматриваемой установки Коровинецкого сахзавода зависели преимущественно от качества торфа — его зольности.

Средняя за производство зольность в торфе 26,5% в переводе на рабочее топливо (при влажности 25%).

Приводим таблицу результатов испытаний.

Таблица XIII

Таблица результатов испытаний по Коровинецкому сахзаводу¹

Наименование показателей	Средняя за производство	Испытание №1	Испытание №2
Продолжительность испытаний в часах	—	4	3
Топливо			
Состав рабочего топлива:			
углерод (%)	28,6	28,6	28,1
водород (%)	2,8	2,75	2,7
кислород + азот (%)	17,1	17,1	16,76
влаги (%)	25,0	20,98	28,54
зола (%)	26,5	30,57	23,9
сера (%)	0,055	0,055	0,055
Низшая рабочая теплотворная способность, кал/кг	2485	2500	2400
Характеристика работы котла			
Содержание углекислоты (CO ₂) у шибера, (%)	6,03	6,96	6,70
Содержание углекислоты + кислорода (CO ₂ + O ₂) у шибера, (%)	19,85	20,40	20,50
Содержание окиси углерода (CO) у шибера, (%)	1,24	0,38	0,24
Избыток воздуха у шибера, (%)	2,70	2,71	2,87
Температура уходящих газов у шибера, (°C)	256	274	268
Температура воздуха, поступающего под колосники, (°C)	24	21	27

¹ Труды УНИЦ, 1928.

Наименование показателей	Средняя за производство	Испытание №1	Испытание №2
Тяга			
Разрежение в топке, мм. вод. ст.	1,0	1,0	1,0
Разрежение у шибера, мм. вод. ст.	15,6	14,0	13,0
Дифференциальная тяга, мм. вод. ст.	14,6	13,0	12,0
Работа котла и колосниковой решетки			
Часовой расход топлива, кг	2080	2037	2137
Часовой расход воды (по обратному балансу), кг	2950	5250	4866
Температура питательной воды до экономайзера, кг	95	98	90
Температура питательной воды за экономайзером, кг	130	131	119
Среднее давление пара по манометру, ат	5,5	5,5	5,2
Полное теплосодержание пара, кал	661,1	661,1	660,6
Теплосодержание пара за вычетом питательной воды, кал	566,1	563,1	570,6
Напряжение поверхности нагрева, кг м ² /час	16,5	17,5	16,2
Напряжение колосниковой решетки, кг м ² /час	381	373	391
Напряжение колосниковой решетки в кал. на м ² час	947 000	932 500	938 400
Испарительность торфа			
Испарительность торфа видимая, кг	2,38	2,58	2,28
Испарительность по нормальному пару, кг	2,11	2,28	2,04
Зола и шлаки			
Зола и шлаки (%)	27,0	27,7	28,1
Горючего в золе и шлаке (%)	10,2	12,0	16,4

Баланс тепла

	кал	%	кал	%	кал	%
Использовано тепла в котле	1268	51,1	1369	54,8	1236	51,5
Использовано тепла в экономайзере	86	3,4	85	3,4	67	2,8
Потеряно тепла с отходящими газами	459	18,5	500	20,0	485	20,2
Потеряно тепла от химической неполноты горения	249	10,0	76	3,0	47	2,0
Потеряно тепла от механической неполноты горения	224	9,0	270	10,8	373	15,5
Потеряно от лучеиспускания	199	8,0	200	8,0	192	8,0
Коэффициент полезного действия всей установки	—	54,5	—	58,2	—	54,3

Таблица результатов испытаний по Носовско-Касарскому сахарному заводу
(испытание котла системы Шухова с шахтноцепной топкой системы Макарьева для торфа)

Характеризуя в общем процесс сжигания торфа на цепных решетках Коровинецкого сахарного завода, необходимо прежде всего отметить, чрезвычайную *неровность* всего процесса сжигания торфа.

Это обстоятельство достаточно ясно иллюстрируется величиной избытка воздуха α , CO_2 и др. факторов, характеризующих процесс.

Диаграмма фиг. 15 наглядно отражает ненормальную работу. Как видно из диаграммы, по линии суммарных потерь ($Q_2 + Q_3$) нельзя определить минимума, который лежит значительно левее от исходного коэффициента α по диаграмме (коэф. избытка воздуха показан на абсциссе диаграммы).

Действительно, держать в топке нормальный избыток воздуха в условиях почти непрерывно открытых шуровочных отверстий для подрезки шлака и перекидывания его через шлакосниматель было невозможно.

Наличие содержания CO при ненормально большом избытке воздуха дает основание предполагать низкую температуру в топке.

Значительные количества золы в соединении с легкоплавкостью ставили решетку в невозможные условия работы. Решетку сильно заливали расплавленные шлаки, накопившиеся в *большом* количестве у шлакоснимателей. Чтобы предотвратить срывание шлакоснимателей с места, приходилось беспрерывно прибегать к помощи резака, перекидывая шлаки вручную через шлакосниматели на горизонтальные колосники.

Для уменьшения количества шлаков, накапливающихся у шлакоснимателей, эксплуатационный персонал котельной прибегал к уменьшению начальной тол-

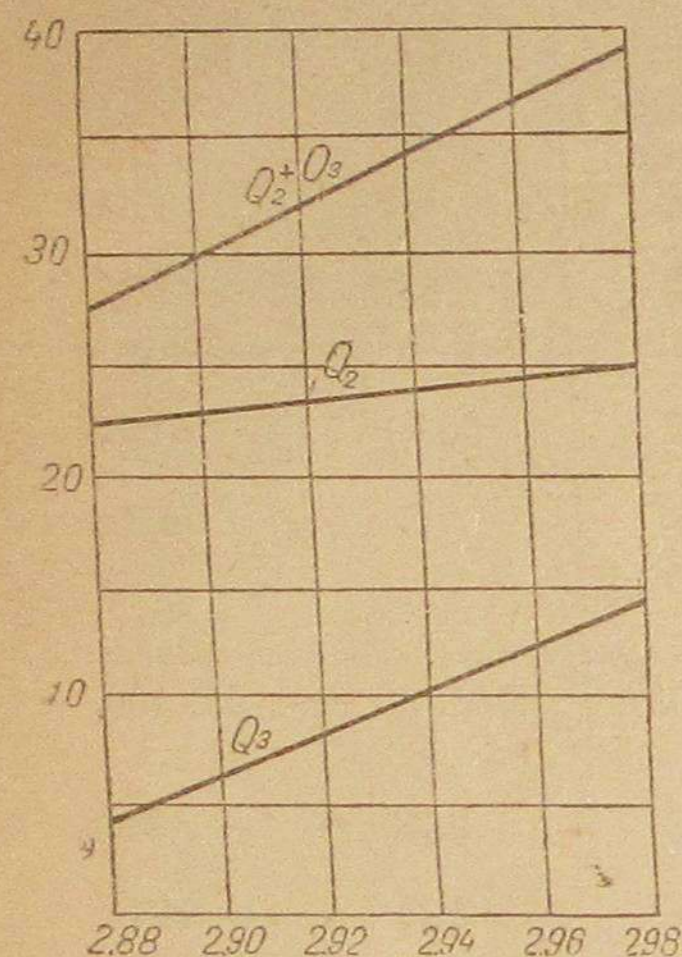
щины слоя торфа до 200 мм. Этим приемом естественно было достигнуто меньшее шлакообразование в единицу времени, однако, напряжение решетки и котла резко падало. Это, разумеется, ни в коем случае нельзя считать рациональным решением вопроса.

Систематически низкий коэффициент полезного действия котельной и, что особенно важно, частые срывы, влияющие на эксплуатацию котельной установки и, следовательно, всего завода в целом вынудили Коровинецкий завод отказаться от шахтноцепных топок.

Носовский сахарный завод
(Киевская область)

Шахтноцепная топка системы Макарьева была установлена под котлами системы Шухова поверхностью нагрева 257 м².

Расстояние между осями решетки — 4300 мм, ширина движущейся цепи — 1800 мм. Активная площадь решетки — 4,14 м².



Фиг. 15. К испытанию котла системы Менье на Коровинецком сахарном заводе.

Опытный агрегат	
1. Система котла	Шухов 257
2. Поверхность нагрева котла, м ²	Шахтноцепная сист. Макарьева 7,31
3. Система топки	4,14
4. Площадь решетки, м ²	40
5. Активная площадь решетки, м ²	
6. Площадь живого сечения (°/о)	
Элементарный состав органической массы	
7. Углерода (°/о)	49,5
8. Водорода (°/о)	6,5
9. Кислорода + азота (°/о)	44,0
Состав рабочего топлива	
10. Углерода (°/о)	31,95
11. Водорода (°/о)	4,18
12. Кислорода + азота (°/о)	28,33
13. Влаги (°/о)	22,29
14. Золы (°/о)	13,25
15. Теплотворная способность высшая при данной влажности, кал/кг	2943
16. Теплотворная способность низшая рабочая, кал/кг	2583
17. Среднее напряжение на 1 м ² активной части решетки	390
18. Тепловыделение на 1 м ² зеркала горения, млн. кал	1,015
Вода и пар	
19. Средняя температура питательной воды, °С	94,8
20. Давление по манометру, ат	7,5
21. Температура перегретого пара, °С	225
22. Среднее напряжение поверхности нагрева котла, кг м ² /час	17,45
23. То же в переводе на нормальный пар (639 кал)	16,25
Испарительность торфа	
24. Испарительность торфа видимая	2,78
24а. Испарительность по нормальному пару	2,59
Газы	
25. Температура газов перед шибером, °С	289
26. Содержание CO_2 (°/о)	10,37
27. » $\text{CO}_2 + \text{O}$ (°/о)	20,17
28. » CO (°/о)	0,32
Воздух	
29. Температура при входе в топку, °С	22
30. Избыток воздуха у шибера	1,85
Тяга	
31. Разрежение в топке, мм вод. ст.	2,3
32. Разрежение у шибера, мм вод. столба	21,1
33. Дифференциальная тяга мм	18,8

	кал	%
34. Использование тепла в котле и в перегревателе	1650	63,80
35. Потеряно в отходящих газах	540	20,90
36. Потеряно от химической неполноты горения	53	2,05
37. Потеряно от механической неполноты горения	57	2,25
38. Потеряно в окружающую среду	283	11,0
	2583	100,0

Торф Заворической разработки. Зольность рабочего топлива—13,25%.

Зола отличалась *тугоплавкостью*. Процесс шлакоудаления шел нормально.

Основные затруднения в работе топки происходили, главным образом, вследствие высокой влажности торфа и резких колебаний ее участия в составе рабочего топлива.

Таблица результатов испытаний топки Носовского завода приведена на стр. 49.

Калининский сахарный завод (Черниговская область)

Котельная Калининского сахзавода оборудована котлами системы Штейнмюллер, из них 6 котлов общей поверхностью нагрева 1454 м² снабжены шахтноцепными топками системы Макарьева.

Торфяные топки установлены на Калининском сахзаводе в 1923 г. и работают до настоящего времени без особых конструктивных изменений. Установка шахтноцепной топки под одним из котлов системы Штейнмюллера показана на фиг. 16.

Рабочая длина цепей — 2400 мм. Поверхность зеркала горения — 5,66 м².

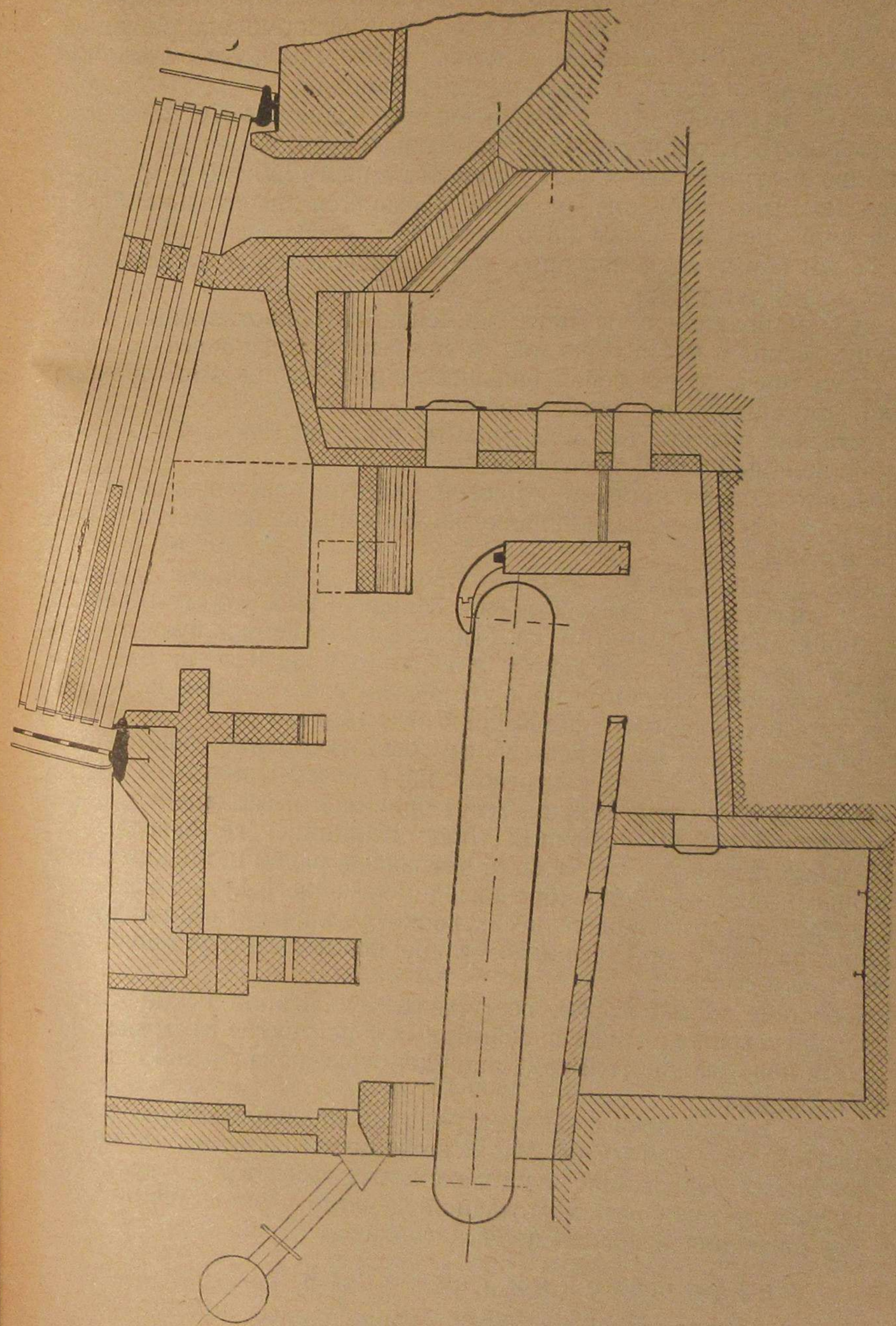
Обычная толщина слоя торфа, поступающего на решетку, достигает 750 мм. Топка снабжена шуровочными дверцами в задней стене топки за шлакоснимателем.

Шлаки и провал собираются на наклонном кирпичном своде под решеткой, откуда убираются по мере потребности специальными совками в зольник, а из зольника выгребаются в вагонетку и вывозятся во двор.

Торф, сжигаемый в топках Калининского сахзавода, является нормальным кусковым торфом размерами 250 × 90 × 90 мм. Обычное содержание мелочи достигает 25%.

Колебания зольности рабочего торфа варьируют в пределах $A_p = 12-15\%$ и влажности $W_p = 31-45\%$.

В таблице XV (стр. 54) показаны результаты испытаний котла с топкой Калининского завода. Испытание продолжалось 8 часов и соответствует обычным эксплуатационным условиям работы.



Фиг. 16. Шахтноцепная топка системы Макарьева на Калининском сахарном заводе.

Анализируя приведенные в таблице XV показатели, характеризующие работу топки, необходимо прежде всего отметить химическую неполноту горения, отражающуюся в балансе ненормально большой величиной $q_3^* = 8,76\%$. Указанная потеря свидетельствует о том, что процесс горения в топке происходил ненормально.

Основной причиной столь значительной величины СО является неравномерность в распределении торфа на решетке.

Топливо поступает на решетку толстым слоем (750 мм) и распределяется так, что посередине решетки образуется значительно более толстый слой, чем по бокам полотна.

По бокам образуются прогары; этому же способствует отсасывание горячих газов из топки.

Воздух, направляясь по пути наименьшего сопротивления, идет преимущественно в места «прогара», в то время как наиболее толстые места слоя, представляя собой большое сопротивление для прохода воздуха, омываются им недостаточно.

Естественно, что при таком ведении процесса не может быть речи о четкой, зональной подаче воздуха.

Торф, попадающий в середину решетки, часто загорается лишь у шлакооснимателя, а в отдельных случаях «живое» топливо попадает в зольник не загоревшись.

Весьма высокой является также потеря с отходящими газами. Этому значительно способствовал большой унос золы и частиц торфа, приводящий, несмотря на относительно нормальную высоту топочного пространства, к заносу поверхности нагрева и, следовательно, снижению теплопередачи. В общем следует признать, что процесс горения протекал чрезвычайно неактивно.

Разумеется, было бы неправильным считать именно повышенное содержание золы (14,54% в переводе на рабочее топливо и 21,2% в переводе на абсолютно сухую массу) причиной неэффективной и малоэкономичной работы торфяных топок Калининского завода.

Основные неполадки могут быть устранены рядом несложных конструктивных видоизменений (организация позонного дутья, усиление тяги, устройство регулировочной заслонки, увеличение объема топочного пространства и пр.), что значительно повысило бы устойчивость работы топки.

Содержание золы в торфе, поступающем на Калининский завод, при условии устранения ряда элементарных конструктивных и эксплуатационных ненормальностей вряд ли будет серьезной помехой для нормальной работы.

На опыте Калининского завода и ряда аналогичных опытов можно предполагать, что для тугоплавкой золы приведенное в рассмотренном примере ее содержание в украинском торфе лежит в пределах, позволяющих организовать достаточно надежные и экономичные процессы его сжигания в шахтно-цепных топках.

А н д р у ш е в с к и й с а х а р н ы й з а в о д

Котельная Андрушевского завода оборудована 10 котлами, из них торфяными топками системы Макарьева оборудована часть

котлов, а именно: 2 котла системы Менье и 2 котла системы «Фицнер и Гампер», общей поверхностью нагрева 1000 м².

Сжигание торфа на Андрушевском сахзаводе было начато в 1923 г., когда была установлена первая топка системы Макарьева для пробы. В 1924 г. завод переоборудовал на торф еще 2 котла, а в 1930 году — еще 1 котел.

Конструктивно топка Андрушевского завода несколько отлична от рассмотренной выше топки Калининского завода.

1. Фронтальная часть шахты более развита, имеются два очага горения.

2. Для регулирования слоя торфа на цепной решетке имеется чугунная полая заслонка, охлаждаемая водой. Рабочая длина цепи 2050 мм. Рабочая поверхность решетки — 5,16 м².

Результаты испытаний котла системы «Фицнер и Гампер» с топкой системы Макарьева приведены также в таблице XV (продолжительность испытания 8 час.).

Зола в торфе Андрушевского завода тугоплавкая (температура плавления варьирует в пределах 1320—1380°) и поэтому обычных для украинских торфов затруднений в эксплуатации не создавала.

Все же каждые 20—25 мин. приходилось производить продолжительные шуровки через боковые дверцы.

Несмотря на несколько повышенную против Калининского завода зольность андрушевского торфа (24,03% в переводе на абсолютно сухую массу), к применимости данных торфов могут быть целиком приложены выводы по Калининскому заводу.

Как видно из вышеприведенного, относительно низкий коэффициент полезного действия топок Макарьева, работающих на украинском торфе, в пределах приведенных материалов (в сравнении с установками топок Макарьева на электростанциях — 5-я Л. ГЭС, Шаатура, где коэффициент полезного действия варьирует в пределах 81—83%) не могут быть объяснены исключительно специфическими особенностями украинского торфа, а именно его повышенной зольностью. Последнее, разумеется, влияло на ухудшение коэффициента полезного действия также за счет увеличения потери с отходящими газами вследствие засорения поверхности котла, повышенного уноса, частичного заплавления колосников, однако, не явилось решающим в работе топки (за исключением Коровинецкого сахзавода, где решающее влияние оказало высокое содержание золы в сочетании с низкой температурой плавления).

Необходимо отметить, что в рассмотренных нами случаях работы топок системы Макарьева процесс велся на холодном или на незначительно подогретом дутье.

Попытки подавать высокоподогретый воздух неизбежно приводили к заплавлению колосниковой цепи и полной дезорганизации топочного процесса.

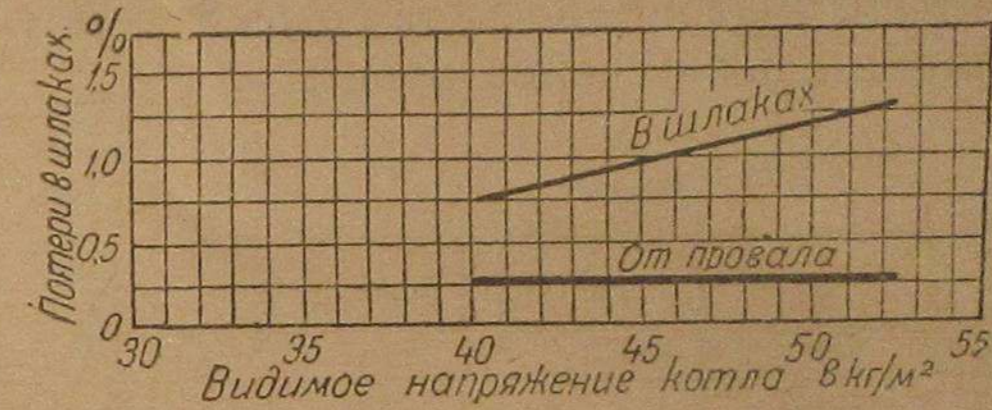
Значительный интерес представляет зависимость потерь от провала и шлаков — потерь, обусловленных при нормальных режиме и конструкции решетки зольностью и механическими свойствами торфа — от степени форсирования агрегата.

Таблица XV

№	Характеристика	Измеритель	Калининск.	Андрушевск.
1	Система котла		Штейнмюллер	Фицнер и Гампер
2	Поверхность нагрева	м ²	242	300
3	Система топки	—	Макарьева	Макарьева
4	Площадь зеркала горения	м ²	5,38	5,16
5	Средняя высота топки	м	2,5	2,6
6	Объем топочного пространства	м ³	12,5	14,1
Топливо				
7	Углерод	%	30,70	26,89
8	Водород	%	2,86	2,68
9	Кислород	%	18,04	16,11
10	Азот	%	1,32	1,41
11	Сера	%	1,09	1,17
12	Зола	%	14,54	15,44
13	Влага	%	31,45	36,30
14	Видимое напряжение зеркала горения	кг/м ² час	383	473
15	Напряжение топочного пространства	кал/м ³ час	413000	399000
Вода и пар				
16	Среднее напряжение поверхности нагрева	кг/м ² час	22,40	22,14
17	Испарительность торфа	кг/кг	2,61	2,72
18	Температура питательной воды	°С	135	86
19	Среднее давление пара в котле	ата	9,0	8,6
Газы				
20	Средний состав газов (СО ₂)	%	9,40	9,43
	„ „ (СО ₂ +О ₂)	%	19,60	20,27
21	Содержание окиси углерода (СО)	%	1,38	0,18
22	Средняя температура уходящих газов	°С	319,8	267
23	Коэффициент избытка воздуха	—	1,82	2,03
24	Температура в топке	°С	835	987
25	Средняя температура воздуха, вступающего в топку	°С	32	14,7
Тепловой баланс				
26	Использовано в котле	кал/кг	1499	1546
27	Потеряно с уходящими газами	кал/кг	59,12	67,1
28	Потеряно от химической неполноты сгорания	кал/кг	22,2	20,56
29	Потеряно от механической неполноты сгорания	кал/кг	221	27,4
30	Потеряно в окружающую среду и неучтенные потери	кал/кг	8,76	1,18
			46	107,0
			1,83	4,63
			202	150,6
			7,99	6,53
31	Теплопроизводительность торфа	кал/кг	2533	2305
			100%	100%

Неполнота материалов по испытанию топок системы Макарьева, работающих на украинском торфе, не дает к сожалению возможности проследить указанную выше зависимость.

Ниже приводим результирующие кривые и таблицу, иллюстрирующие эту зависимость в топках системы Макарьева, работающих на ГЭС им. Классона.¹



Фиг. 17. Потери в шлаках и от провала на ГЭС им. Классона.

Поставленные с особой тщательностью опыты по газовому балансу на ГЭС им. Классона дают возможность проследить за поведением еще одного чрезвычайно важного в эксплуатации фактора, имеющего прямое отношение к зольности топлива, именно потери на унос (см. таблицу XVI).

Таблица XVI

№ опытов	Размерность	3	4	5
Паронапряжение	кг/м ²	48,0	41,5	50,3
Количество золы и шлаков в сухом виде	%	3,70	5,95	4,93
Содержание минеральных примесей по анализу	%	6,40	6,95	7,58
Унос золы	%	2,7	1,0	2,6

Из приведенной таблицы ясно, что унос золы в опытах 3 и 5 при форсированной нагрузке в 2,6 — 2,7 раза превышал унос в опыте 4, т. е. с увеличением паронапряжения и, естественно, и топочного устройства унос значительно возрастает.

Длительная форсировка топки, в частности на Андрушевском заводе, увеличивала унос, что сокращало срок нормальной эксплуатации котла после чистки вдвое.

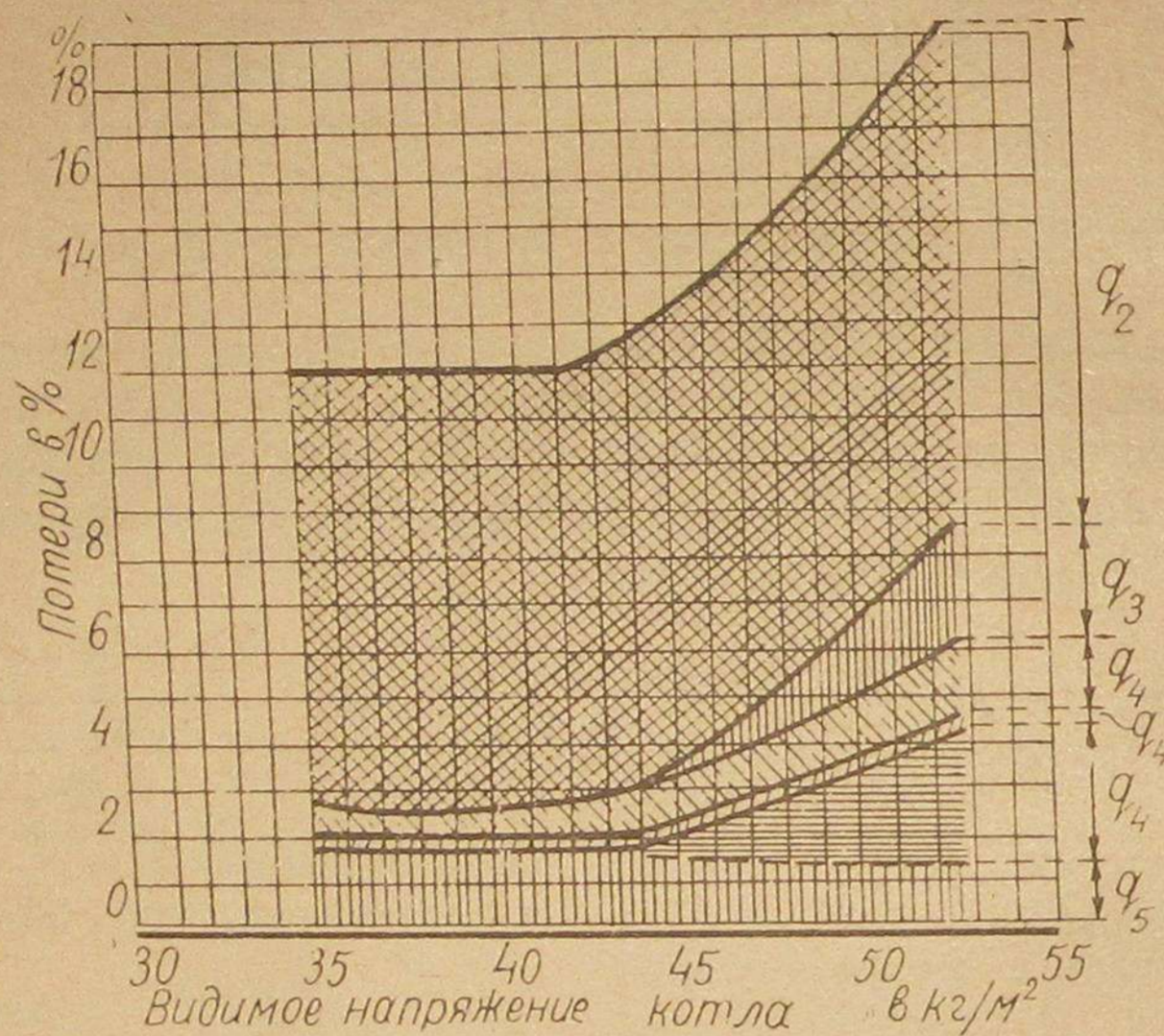
Особенно резко выявляется вредное влияние уносимой из слоя золы на горизонтально-водотрубных котлах. Подробно этот вопрос рассмотрен нами выше.

Сжигание торфа с повышенным содержанием золы требует чрезвычайно квалифицированного регулирования работы топки на всем протяжении процесса подготовки и сжигания торфа. Особенно важно

¹ И. Т. И., № 7, 1927.

умелое координирование отдельных фаз, в частности фазы подсушки и возгонки торфа в шахте с фазой активного горения, в случае торфа с пониженной температурой плавления золы, что, как указывалось, характерно для украинских торфов.

Необходимо подчеркнуть, что торф ни в коей мере не должен гореть в шахте, а только подготавливаться к горению, подсыхать и несколько возгоняться. Горение в шахте создает переподготовку торфа, что нарушает нормальное ведение процесса.



Фиг. 18. Потери тепла на ГЭС им. Классона.

Практика работы на шлакующихся торфах показывает, что нижнее горение ни в коем случае не должно доводиться до того, чтобы оно дало образование шлаков в шахте.

Наблюдение за работой топок Макарьева на Андрушевском и Носовском заводах показывает, что в случае попадания торфа с повышенной зольностью и пониженной температурой плавления под шахтой образуются значительные шлаковые напластования, в связи с чем резко нарушается работа топки.

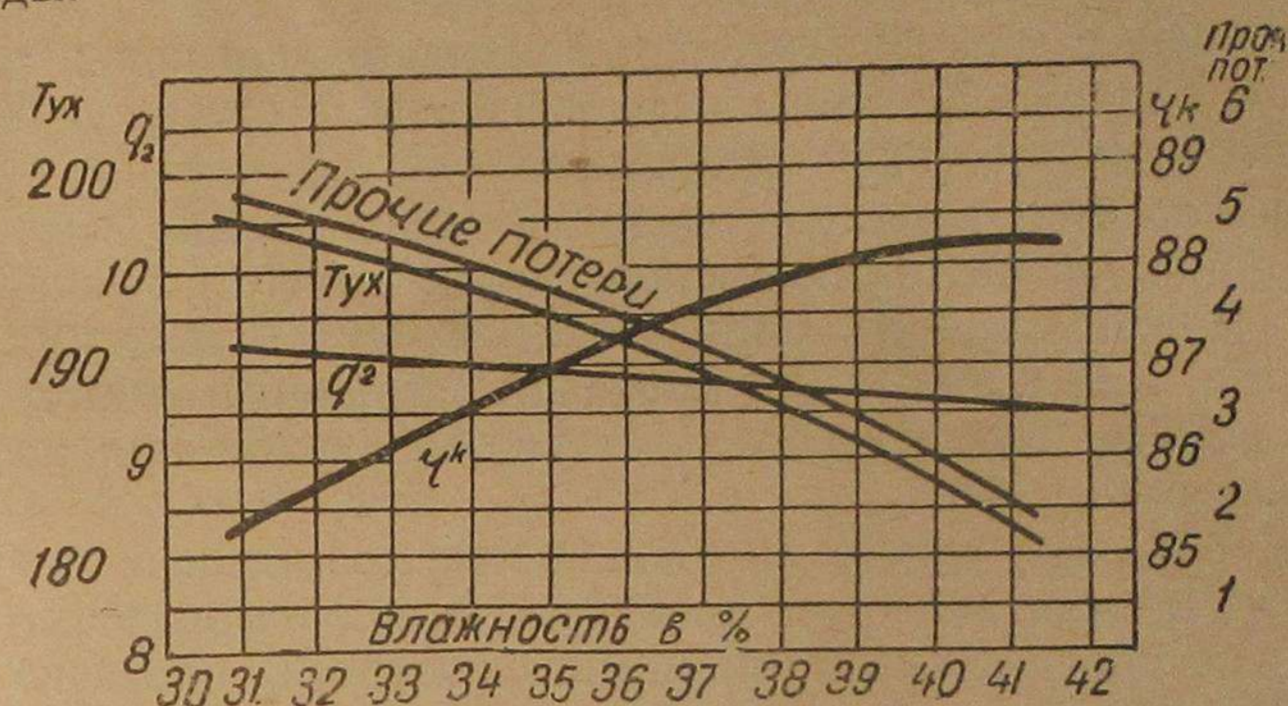
Интересным представляется практика Шатуры и «Электропередачи», показывающая, что шлакующиеся торфа заливают решетку в том случае, когда поступают в топку сухими.

При влажности торфа близкой к 40% тех же торфов значительно понижается склонность к шлакованию. Особенно сильно страдает от шлакования торфов «Электропередача».

Шлак заливает решетку тонким слоем, воздух не проходит, к концу решетки «наваливается» торф. Процесс горения расстраивается.

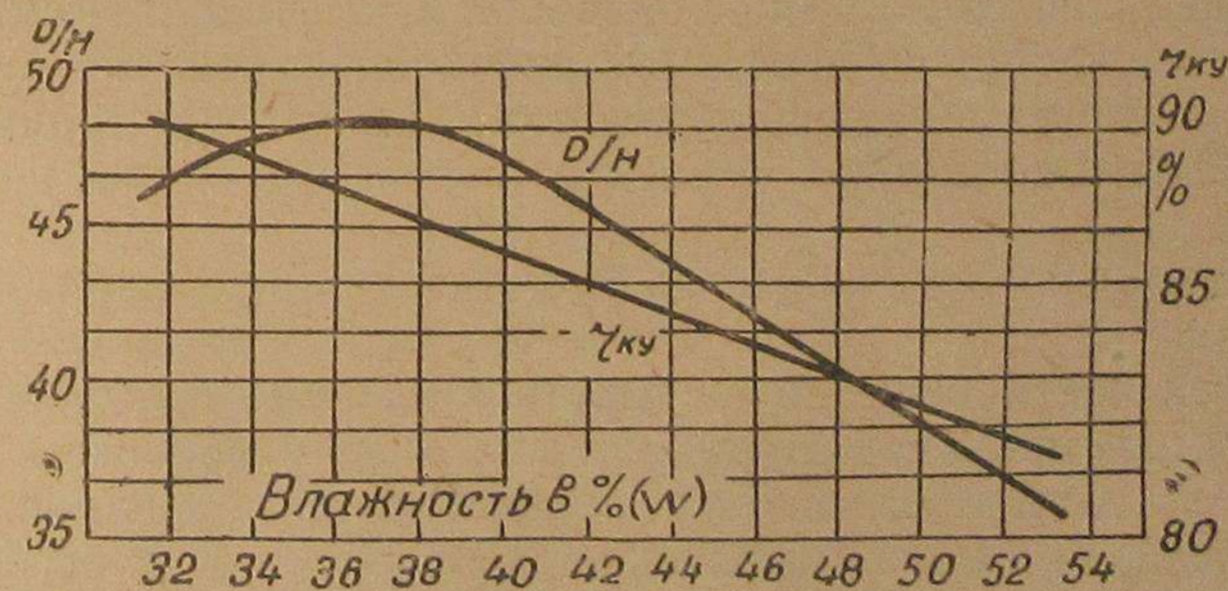
Ниже приводим кривые, иллюстрирующие зависимость коэффициента полезного действия и напряжения поверхности нагрева D/H от влажности на Шатурской ГЭС¹ (см. фиг. 19 и 20).

На основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:



Фиг. 19. Характеристика работы котельной в зависимости от влажности (Шатурская ГЭС).

1. Сжигание торфа с зольностью 20—25% в переводе на рабочую массу (характерной для ходовых украинских торфяников) в топке Макарьева возможно, однако, связано с значительными эксплуатационными затруднениями и потерями вследствие больших потерь с выгребом, провалом и уносом, а также повышенных потерь с отходящими газами.



Фиг. 20. Коэффициент полезного действия и напряжения поверхности нагрева в зависимости от влажности (Шатурская ГЭС).

Эксплуатационные затруднения, помимо общих, связанных с процессами золоудаления, очистки поверхности нагрева и др., повышаются по мере понижения температуры плавления, приводя в отдельных случаях процесс к полной дезорганизации.

¹ И. Т. И., № 7, 1927.

Отдельные мероприятия, направленные к борьбе со шлакованием в виде временного совершенного прекращения поступления воздуха в шахту и под решетку, увлажнение воздуха впрыскиванием воды под решетку через форсунки, расположенные в зонах, или увлажнение низового слоя торфа, не являются радикальными мерами борьбы с пониженными температурами плавления.

Для торфов с низкой температурой плавления золы повышенное процентное содержание золы в рабочей массе еще усугубляет трудности эксплуатации топок Макарьева.

2. Что касается торфа с содержанием золы выше 25%, даже плавящейся при более высоких температурах, то здесь топка Макарьева вряд ли сможет служить рациональным устройством для сжигания этого торфа, как и ранее рассмотренные топочные конструкции, давая чрезвычайно высокую стоимость эксплуатации при низкой эффективности.

Таким образом, проблема сжигания украинского торфа с зольностью 25% и выше не может быть эффективно решена шахтноцепными топками, построенными на принципе фазового, слоевого процесса, и требует принципиально отличного от рассмотренных методов решения.

3. Наклонно-переталкивающие решетки

Рассматривая шахтноступенчатые топки, мы отмечали уже преимущества принципа ступеней для сжигания низкосортных топлив.

Наклонно-переталкивающие решетки не только повторяют этот принцип, но при механическом движении ступеней значительно увеличивают его эффективность.

Принцип механического продвижения торфа по наклонно-переталкивающей решетке резко отличается от механических цепных топок. Вместо плавного передвижения полотна решетки в последних, в наклонно-переталкивающих решетках происходит толчкообразное, возвратно-поступательное движение отдельных колосниковых элементов.

Вследствие этого лежащее на решетке топливо непрерывно перемешивается.

В задней части решетки ее переталкивающее действие оказывает особенно благоприятное влияние, так как разбивается шлаковая корка и тем самым улучшается процесс выжигания шлаков.

Встряхивание отдельных кусков горящего торфа, особенно с повышенным содержанием золы, оказывает весьма благоприятное влияние как на активность всего процесса сгорания торфа на решетке, так и на коэффициент полезного действия топки вследствие систематического устранения в слое прогаров.

Наклонно-переталкивающие топки, вследствие систематического сбрасывания и удаления мешающего горению шлака, позволяют повышать среднее напряжение колосниковой решетки и одновременно снижать чувствительность топки к повышенной зольности торфа.

На фиг. 21 показана схема движения частиц топлива на наклонно-переталкивающей решетке.

В нулевом положении (верхняя схема) поверхность топлива представляет собою наклонную плоскость. Но как только подвижные колосники сдвигаются внутрь (средняя схема), на поверхности топлива образуется впадина соответственно углу откоса и воспламенившиеся угольные частицы скатываются с точки K в точку K_1 .

Затем колосники движутся вперед. Слой топлива поднимается и новые воспламенившиеся частицы топлива K_2 скатываются уже в положение K_3 .

Первоначальная частица K_1 движется вперед как под действием механического движения колосников, так и под влиянием наклонного положения слоя и оказывается в положении K_4 под слоем.

В этом месте эти частицы образуют как бы воспламеняющие центры, оказывающие интенсивное воздействие на процесс горения слоя.

На Украине имела в свое время распространение для сжигания торфа переталкивающая решетка системы «Каблиц».

На фиг. 22 показан эскиз топки системы «Каблиц». Приспособление ее для торфа отличается от показанной на фиг. 22 конструкции устройством обычной торфяной шахты и 2—3 боковых окон для шуровки.

Большой интерес для освоения высокозольных торфов представляет наклонно-переталкивающая топка системы Теплотехнического института.

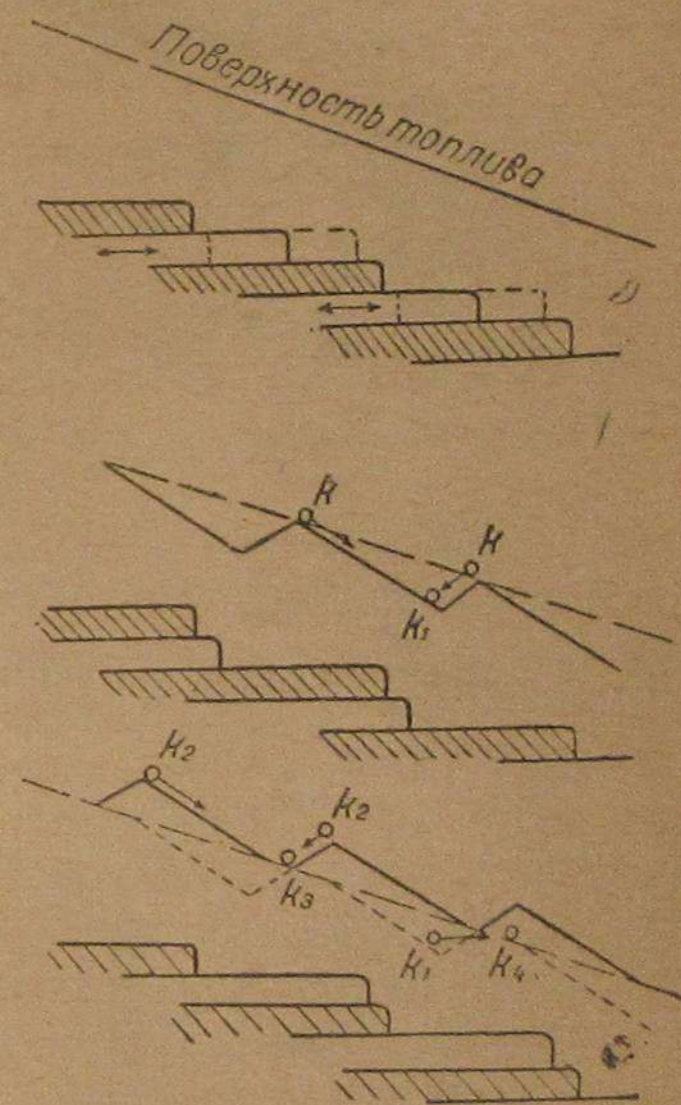
На фиг. 23 показана эта топка. Подвижная колосниковая решетка состоит из пяти рядов подвижных колосников, снабженных отверстиями для подвода воздуха. Подвижные колосники одним своим краем опираются на поперечные балки, которые могут скользить назад и вперед, другим краем скользят по неподвижным колосникам, имеющим форму пластин.

В уступах между подвижными и неподвижными колосниками задерживается торф, создающий местные очаги слоевого горения.

Течение процесса горения регулируется числом ходов подвижных колосников таким образом, чтобы к концу решетка была покрыта шлаком.

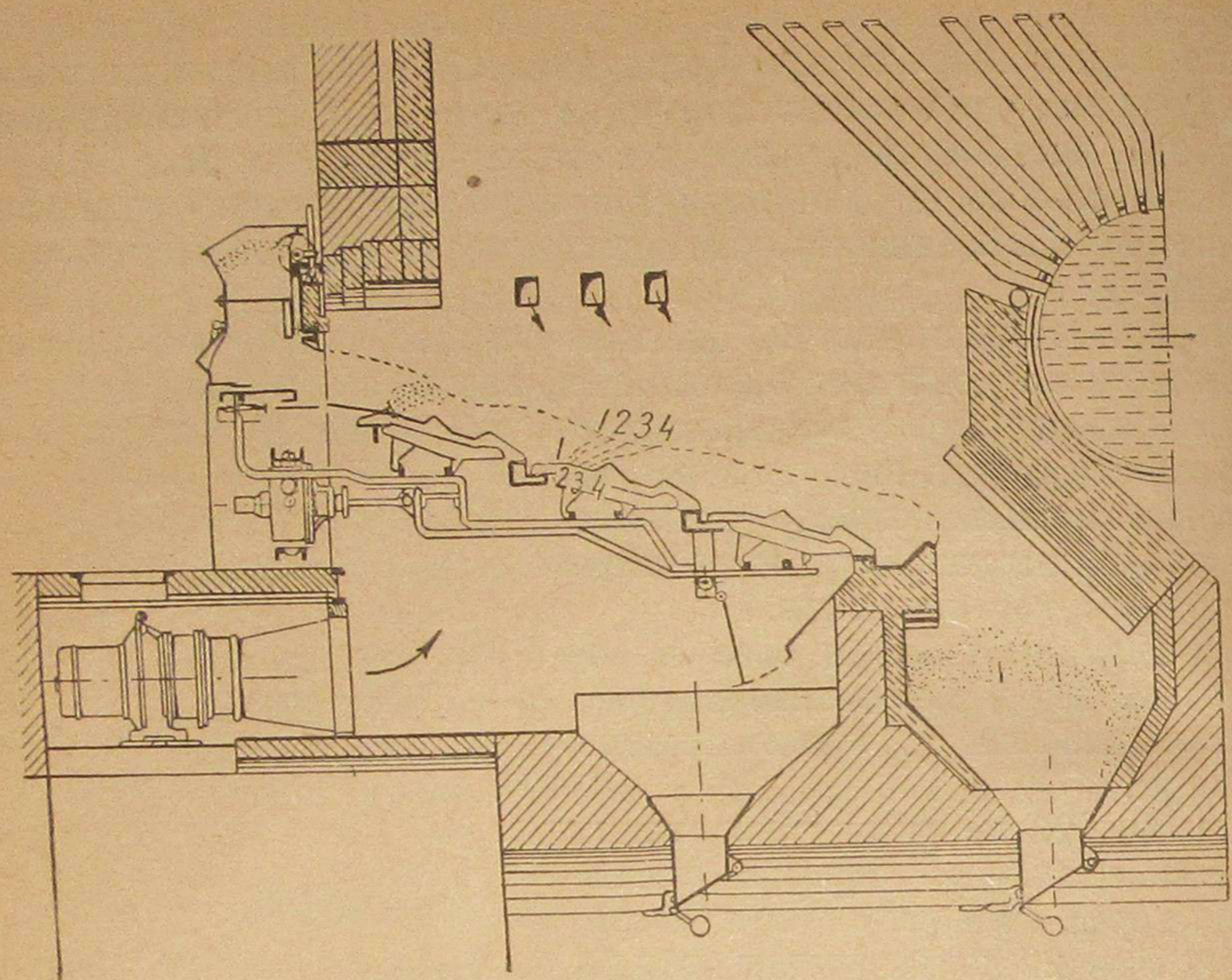
Выжиг шлака происходит на специальной плиточной решетке.

Опыт работы топок «Каблиц», «Зейбот» и наклонно-переталкивающих типа «РЭТ» в СССР, равно как и опыт Германии, где

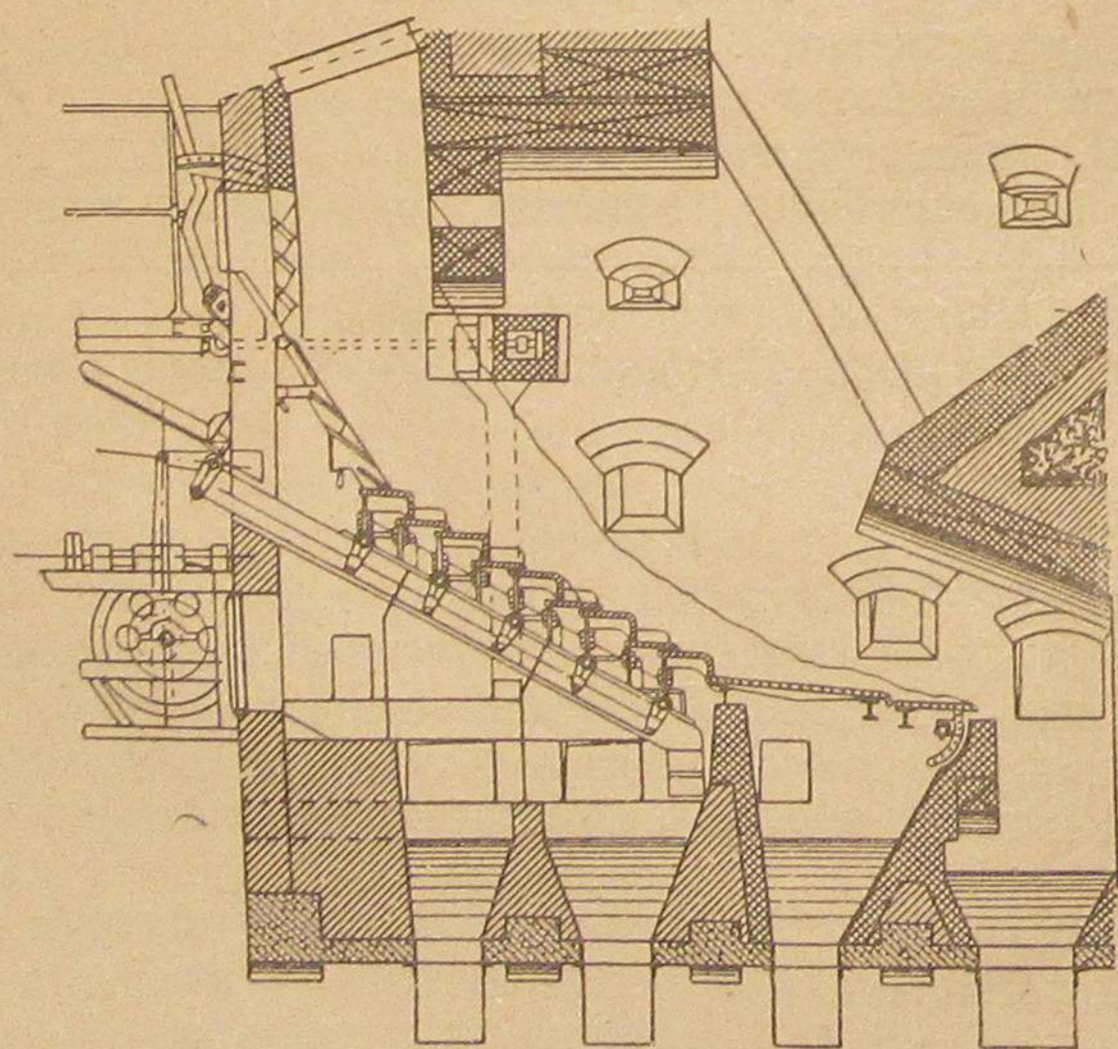


Фиг. 21. Схема движения топлива на наклонно-переталкивающей решетке.

¹ А. М. Гурвич, Сжигание кускового торфа.



Фиг. 22. Механическая наклонно-переталкивающая решетка системы «Жаблиц».



Фиг. 23. Механическая топка Теплотехнического института.

наклонно-переталкивающие топки признаны наиболее удачными для сжигания высокозольных бурых углей, шлама и т. п., дает основание утверждать, что из всех практикующихся в настоящее время торфяных топок как с неподвижными, так и с подвижными решетками наклонно-переталкивающие решетки являются наиболее устойчивыми, надежными и рентабельными для сжигания торфа повышенной зольности.

Рентабельность внедрения наклонно-переталкивающих топок, как и вообще механических топок, диктует необходимость рекомендовать их только для котлов средней мощности.

Применительно к украинскому торфу следует отметить, что пределы внедрению наклонно-переталкивающих топок определяются не столько количественным содержанием золы, сколько свойствами этой золы.

Наклонно-переталкивающие решетки чрезвычайно чутко реагируют на заплывание отдельных частей механизма.

При наличии в торфе легкоплавкой золы колосниковые элементы заплываются, осложняется работа всей механической системы топки, понижается коэффициент полезного действия и все преимущества топки в отношении хорошего выжига горючего из шлаков в значительной мере сводятся на нет.

Процентное содержание средне- или тугоплавкой золы в торфе, предназначенного к сжиганию на наклонно-переталкивающих решетках, может быть допущено более высокое, чем у рассмотренных ранее систем торфяных топок для кускового торфа, и колеблется при средних условиях эксплуатации в пределах 25—30% в переводе на рабочую массу при влажности, не превышающей 30—35%.

В виду того, что в настоящее время нет еще опытного материала по сжиганию многозольного торфа в наклонно-переталкивающих топках, представляет значительный интерес систематизация имеющегося опыта по эксплуатации наклонно-переталкивающих топок при сжигании других видов низкосортных топлив.

В виду многообразия топлив, сжигаемых на нормальных наклонно-переталкивающих топках, при обработке материала все опыты по этим конструкциям разбиты на четыре группы.¹

I группа — сюда включены наиболее теплоценные виды низкосортных топлив. Для сжигания такого топлива могут быть применены нормальные конструкции и топки с так называемым круговым движением (типа Мартин).

II группа объединяет топливо малозольное, с большим содержанием влаги; наиболее приемлемой для этой группы является корытообразная разновидность наклонно-переталкивающих топок.

III группа — сюда включены топлива с большим содержанием золы при умеренной влажности, например, сланцы, шлам, промпродукты. Сюда же можно отнести хорошо высушенный высокозольный торф влажностью порядка 20—25%.

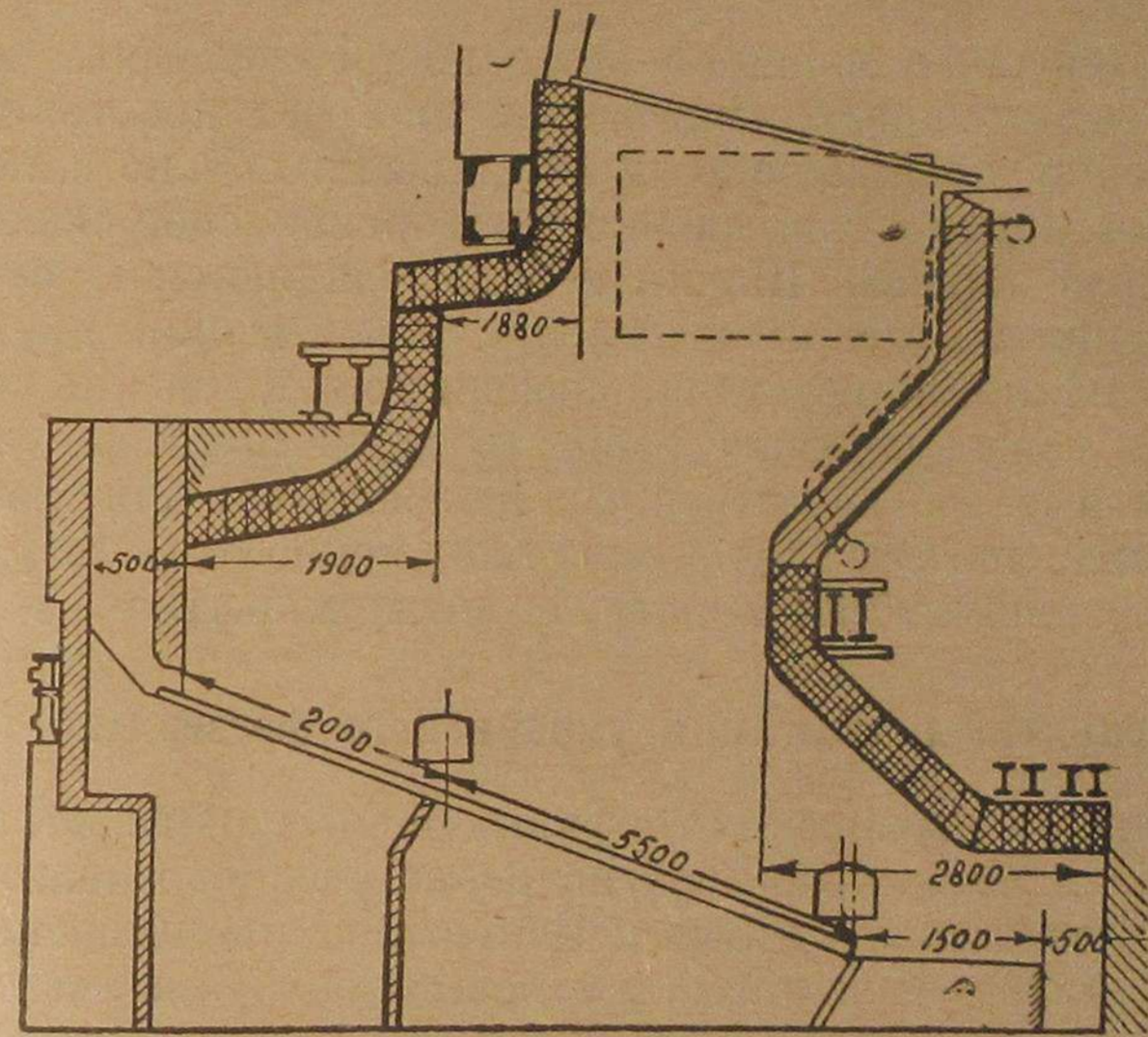
¹ Татищев и Каганович, «Известия ВТИ», № 7, 1933.

Классификация топлив	I группа		II группа		III группа			IV группа		
	Высокосортный бурый уголь		Бурый уголь с большим содержанием влаги		Топливо с большим содержанием золы при умеренной влажности			Бурый уголь и торф с большим содержанием влаги		
	Типа Сулюкты (Таджикская АССР)	С крупным движением	Типа украинских бурых углей (александрийский, звенигородский)	Корытообразная	Типа веймарского сланца	С крупным движением	С круговым движением	Типа подмосковного М. С. украинский многозольный торф (бол. Ирпень, Трубайло и др.)	Нормальная конструкция	
Род топлива	3	4	5	6	7	8	9	10		
Система топок	1	2								
Влажность W_p	20	55	15	15	15	15-20	35			
Зольность в переводе на сухую массу A_c	12	1950	4600	45	2500	40	35			
Теплотворная способность Q_p^h	1,25	1,25	1,25	1,27	1,27	1,25	1,25	1800 — 2500		
Коэффициент избытка воздуха в топке α	7,3	7,1	10,4	8,0	7,7	7,7	7,5	3,0 — 10,0		
Потеря с уходящими газами при $T_{yx} - t_e = 150^\circ C$	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5 — 1,5		
Потеря от химической неполноты горения q_3	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0 — 3,5		
Потеря со шлаком q_{4sh}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5 — 2,5		
Потеря с провалом q_{4np}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5 — 3,5		
Условный к. п. д. топки при $T_{yx} - t_e = 150^\circ C$	87,5	84,5	84,5	85,5	81,3	86,3	82,5	84,5 — 79,0		
Предполагаемые нормальные нагрузки Q/R тыс. кал.	750	1700	850	650	1500	600	1500	700		

Примечание. Эксплуатационные данные рассчитаны для торфа с температурой плавления золы не ниже средней.

IV группа объединяет основную массу наших низкосортных топлив, в том числе кусковой многозольный торф с ходовым для украинских условий содержанием влаги.

Приведенные в таблице XVII данные для украинского торфа являются, как уже указывалось, предполагаемыми средними величинами, выведенными на основании сопоставления с другими, приближающимися к торфу видами топлив.



Фиг. 24. Схема футеровки наклонно-переталкивающей топки.

Рассматривая вопрос о пригодности применяемых типов обмуровки для наклонно-переталкивающих топок в случае сжигания в них влажного и многозольного торфа, необходимо отметить следующее.

При сжигании многозольного и влажного торфа на наклонно-переталкивающей решетке зона подсушки и подготовки его занимает значительную часть полотна. Для сокращения зоны подсушки необходимы специальные мероприятия.

В ряде немецких конструкций наклонно-переталкивающие решетки при сжигании низкосортных топлив также компоуются с подсушивающей шахтой. Обычно для повышения температуры на передней части решетки устраиваются зажигательные своды.

Применение экранов для котлов большой мощности, работающих на многозольном и влажном торфе, вполне возможно; однако, расположение их и размеры должны быть в каждом отдельном случае продуманы, причем необходимо строго придерживаться особенностей торфа используемого торфяника. В противном случае неизбежен неустойчивый режим и возможна химическая неполнота горения.

На фиг. 24 представлена схема рациональной обмуровки для небольших котельных агрегатов, широко распространенных в торфяной части Украины, предлагаемая на основании многочисленных опытов по сжиганию зольных и влажных топлив¹.

Применение наклонно-переталкивающих топок для сжигания высокозольного торфа выдвигает вопрос об автоматичности шлакоудаления. ВТИ рекомендует для установки средней мощности механический способ (подвижное колесо), для более крупных установок — чисто гидравлический.

Весьма интересным является получивший последнее время распространение в котельных, сжигающих многозольное топливо, *скреперный* способ удаления золы и шлаков из зольного помещения, для чего в последнем вдоль шлаковых воронок сооружаются специальные бетонные канавы. Шлаки и зола удаляются в сухом виде.

В заключение следует отметить, что, как и всякий другой топочный агрегат, наклонно-переталкивающая топка, как бы совершенна она ни была, может надежно работать лишь при сжигании торфа с теми пределами его качественных показателей, для которых она была предназначена. Это обстоятельство должно быть твердо усвоено как производителями, так и потребителями торфа.

4. Перспективы сжигания украинского фрезерного торфа

Специфичность украинских торфяных болот, как известно, обусловлена специфичностью их генезиса, подробно рассмотренного в I главе.

Весьма широко развившийся в Центрально-промышленном районе фрезерный способ добычи торфа в условиях большинства украинских торфяных болот не может в настоящее время найти, вследствие рассмотренных условий, столь широкого применения, как в Центрально-промышленном районе, так как этот способ требует сложных осушительных работ, необходимых для подготовки болот к такому способу добычи.

Лишь на верховых и переходных болотах, имеющих на Украине в ограниченном количестве в северном и северозападном районах, фрезерный способ добычи, при существующем положении дела, значительно выгоднее кускового.

В настоящем разделе, однако, мы учитываем возможность в перспективе ближайших лет широкой механизации и удешевления методов осушки низинных болот и, таким образом, широкое внедрение фрезерного торфа и на Украине.

Огромное преимущество фрезерного торфа заключается в том, что он, позволяя применять камерный метод сжигания, дает возможность использовать торф в крупных котельных агрегатах.

Рассмотренные нами выше топки для сжигания кускового торфа весьма ограничивают пределы внедрения торфа под крупные котлы высокой производительности.

¹ Татищев и Каганович, «Известия ВТИ», № 7, 1933.

Если взять для сравнения шахтно-механические топки (изготавливаемые в Союзе) для кускового торфа, то предельными величинами их производительности можно считать следующие:

шахтно-переталкивающие (системы РЭТ) 25 — 35 мегакал/час.
шахтноцепные системы Макарьева 30 — 40 мегакал/час.

Горячее дутье в случае тугоплавкой золы позволяет увеличивать приведенные величины на 25 — 30%.

Современные, модернизированные котлы развиваются в сторону максимальной концентрации паропроизводительности в одном агрегате. Этому условию колосниковые топки, даже механизированные, не отвечают, уступая камерному методу сжигания топлива, где ширина котла не лимитирует производительности топки.

Рассмотрим наиболее устойчивые конструкции для сжигания фрезерного торфа как в естественном состоянии (40 — 50% влаги), так и искусственно подсушенного до поступления в топку.

5. Топка Теплотехнического института

В этой топке, как известно, впервые был испытан способ сжигания фрезерного торфа во взвешенном состоянии.

Теплотехнический институт (ВТИ) в своей топке осуществил комбинированный принцип сжигания.

Крупные кусочки фрезерного торфа выпадают из факела на небольшую узкую цепную решетку, где и сгорают, а пыль и более мелкие фракции сжигаются в камере во взвешенном состоянии.

Зола и шлаки на дожигательной цепной решетке сбрасываются через шлакосниматель и попадают в шлаковую коробку. Шлаковая коробка закрывается зафутерованным шибером. Под шибером расположена небольшая камера, в которой производится гашение золы. Погашенная зола сыпается в вагонетку. Кроме того, под решеткой имеются золотые карманы по всей длине для просыпающейся золы и провала.

На Украине топка ВТИ не нашла себе применения вследствие, главным образом, ничтожной добычи фрезерного торфа на Украине вообще.

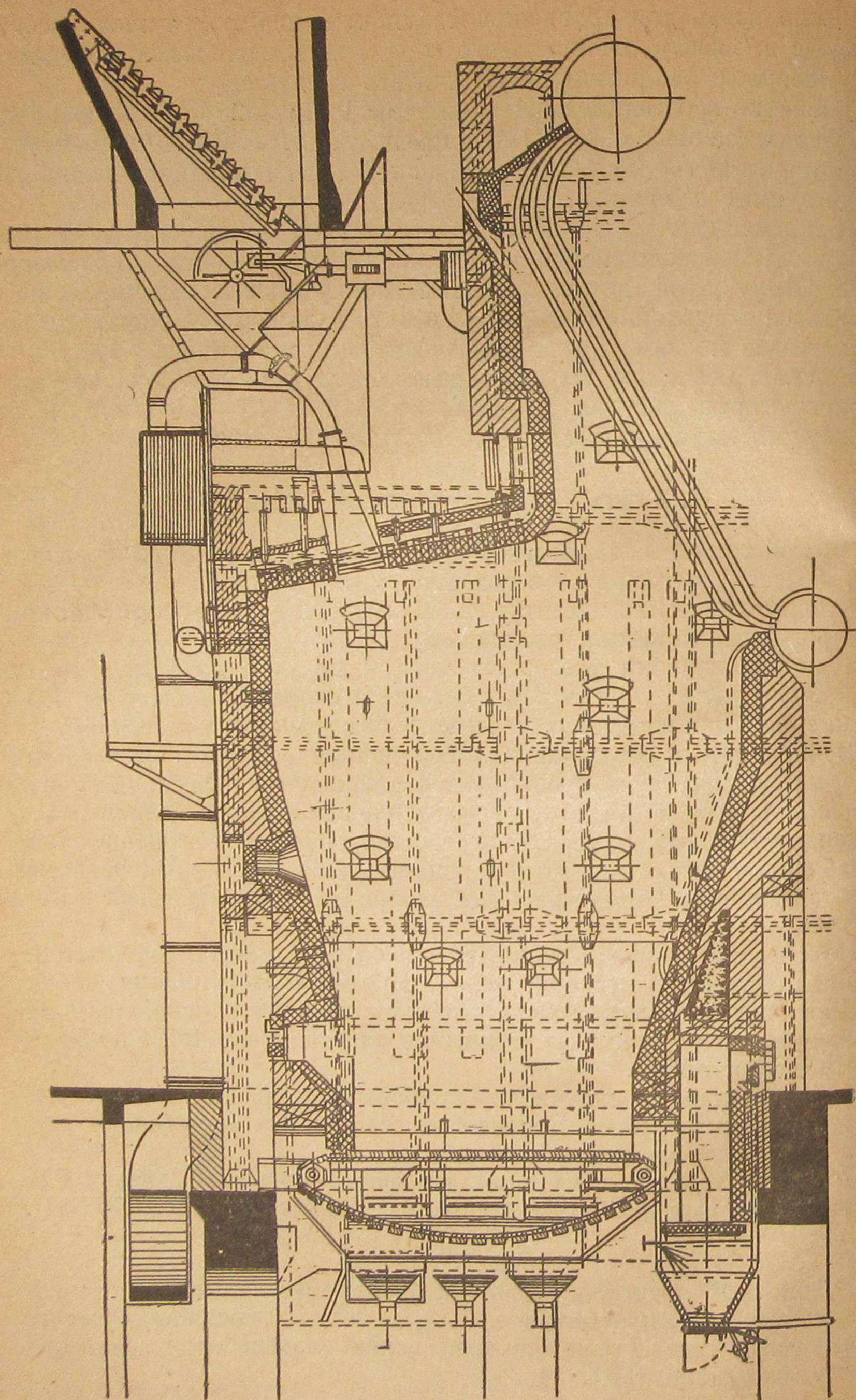
Для характеристики работы этой топки приводим наиболее интересные нас выдержки из испытания работы топки ВТИ на Брянской электростанции.

Торф, идущий для сжигания на этой станции, приближается к средним украинским торфам в отношении содержания золы (около 19% золы в переводе на сухую массу).

Приводим таблицу испытания, произведенного на Брянской ГЭС котельной лабораторией ВТИ под котлом ЛМЗ (см. таблицу XVIII).

Выводы

1. Топочный процесс в экранированной топке при небольших нагрузках топочного пространства $Q/V_m = 46 — 52$ тыс. кал/м³/час на малых температурах топки при повышенной влажности и зольности топлива протекали устойчиво.



Фиг. 25. Фрезерная топка Теплотехнического института.

Наименование	Обозначения	Размерность	Данные опыта
1. Продолжительность опыта	—	час	4,38
I. Топливо			
2. Состав торфа:			
Вода	W_p	%	50,17
Зола	A_p	%	9,05
Сера летучая	S_p	%	0,16
Углерод	C_p	%	32,73
Водород	H_p	%	2,41
Кислород	O_p	%	14,66
Содержание летучих	V_l	%	69,46
3. Низшая теплотворная способность	Q_p^n	кал/кг	1742
4. Испарительность топлива по нормальному пару	U_n	кг/кг	1,743
II. Вода и пар			
5. Температура питательной воды	$t_в$	°C	98,6
6. Давление в котле	P_k	ата	16,0
7. Напряжение поверхности нагрева котла (по нормальному пару)	D/H	кг/м ² /час	12,6
III. Газы			
8. Состав газов за котлом	CO_2	%	11,63
9. Содержание CO за котлом	CO	%	1,16
10. Коэффициент избытка воздуха	α	—	1,53
11. Температура газов за котлом	T_{yx}	°C	255
12. Средняя температура воздуха	$t_{возд}$	°C	66,4
IV. Тепловой баланс			
13. Полезное использование тепла	q_1	%	64,1
14. Потеря с уходящими газами	q_2	%	11,3
15. Потеря от химической неполноты горения	q_3	%	6,1
16. Потеря от механической неполноты горения	q	%	9,3
V. Зола			
17. Содержание горючего в шлаке	$\Gamma_{ш}$	%	14,1
Тоже в золе за котлом	$\Gamma_{з.к}$	%	2,7
Тоже в котле за экономайзером	$\Gamma_{з.э}$	%	2,8
Тоже в золе в борове	$\Gamma_{з.б}$	%	6,40

2. Температуры топочного пространства были невелики: $t_m = 1000 - 1020^\circ C$.

3. Шлакования топки не наблюдалось.

4. Выпадение на решетку невелико, но в общем больше, чем это наблюдается при сжигании торфа Центрально-промышленного района. Слой на решетке держался толщиной порядка 35—40 мм.

Необходимо отметить, что зола торфа Брянского района тугоплавкая.

Кроме того, необходимо учесть, что испытания проводились при весьма слабой форсировке топки.

Естественно, что при сжигании в рассматриваемой топке торфа даже при том же количественном содержании золы, однако, с пониженной температурой ее плавления и при условии повышенной форсировки, по отношению к топке ВТИ будут вполне применимы выводы, сделанные нами для шахтноцепных топок, ибо нарушение работы цепной решетки в топке ВТИ означает по сути расстройство всего топочного процесса.

Увеличение содержания золы в торфе повлечет за собой неизбежное увеличение потерь вследствие большей засоряемости поверхности нагрева котла, повышение механического недожога и пр.

6. Топка системы Шершнева

Взамен комбинированного способа сжигания фрезторфа (взвешенное состояние и слой на решетке) инж. А. А. Шершневым был предложен весьма своеобразный метод сжигания фрезторфа, который в основном сводился к тому, чтобы на все необходимое для сгорания крупных крошек время удержать их в полете по топочному пространству с помощью сильной струи воздуха, не дающей им осесть на поду топки.

Схема движения частиц торфа в эжекторной топке системы Шершнева показана на фиг. 26.¹

Эжекторная топка состоит из следующих основных элементов: топочной камеры 1, камеры дожигания 2, эжекторного устройства, подразделяющегося на—сопло для вдувания воздуха 3, напорную воронку 4, всасывающую воронку 5, канал, соединяющий напорную и всасывающую воронки 6 и промежуточное тело (ядро) 7, и дожигательной решетки 8. Для растапливания служат мазутные форсунки 9.

Фрезторф вместе с небольшим количеством первичного воздуха подается питателем в топку дождем через щель 10.

Крупные частицы или падают непосредственно в напорную воронку 4, или скатываются в нее после удара о передний порог топки.

Встречным потоком воздуха, вдуваемым через сопло в напорную воронку, частицы задерживаются в пределах напорной воронки и выносятся из нее обратно в топочное пространство.

Наиболее крупные и тяжелые частицы выпадают во всасывающую воронку 5. Провалившись сквозь всасывающую воронку, частицы подхватываются струей воздуха, проносятся по каналу 6 и дальше снова выбрасываются в топку. Частицы среднего веса, выделяясь из потока, выпадают на дожигательную решетку 8.

¹ Инж. Наджаров, Итоги работ ЛОТИ по сжиганию фрезторфа.

В действительности столь строгой дифференциации работы отдельных фракций фрезерной крошки не наблюдается, особенно при отступлениях от принятых в расчет физических и теплотехнических характеристик фрезерной крошки, обычных и неизбежных в эксплуатационных условиях.

Необходимо отметить, что хотя в настоящее время топка Шершнева еще не имеет таких исчерпывающих технических характеристик, какие позволили бы считать ее вполне промышленной топкой, однако, из всех предложенных конструкций для сжигания фрезторфа в чистом виде эта топка представляется наиболее устойчивой, наиболее последовательно осуществляющей идею сжигания фрезторфа во взвешенном состоянии.

Касаясь золоудаления в топке системы Шершнева, необходимо отметить, что конструктивное разрешение этого вопроса в камерных топках представляет вообще весьма сложную задачу, особенно для сжигания тех видов торфа, которые отличаются повышенным содержанием золы. Надо отметить, что во всех предложенных конструкциях фрезерных топок вопросы золоудаления конструктивно оформлены наиболее слабо.

А. А. Шершнев в топке его конструкции предполагал, что выгоревшие частицы золы должны сосредотачиваться в заднем бункере топки и удаляться при периодических чистках топки, подавляющее же количество золы должно эвакуироваться из пределов топки дымовыми газами.

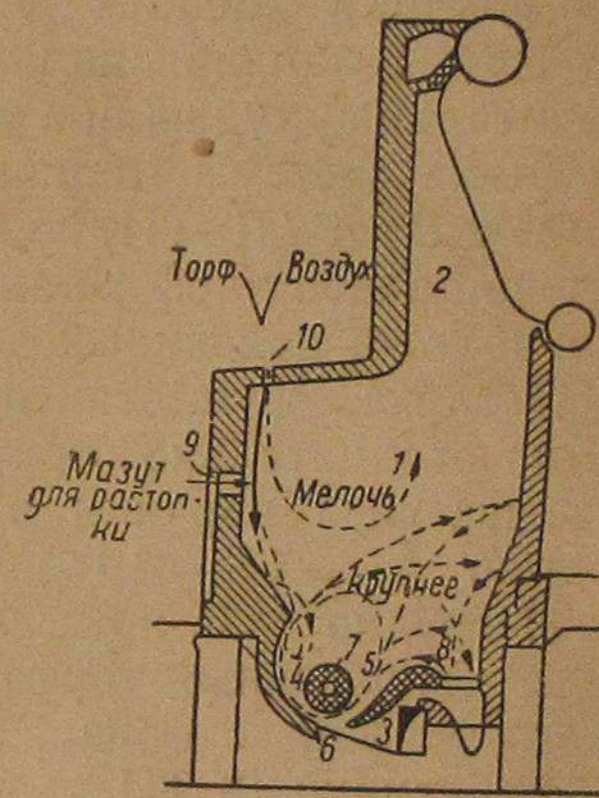
Испытания работы топки системы Шершнева на Шатуре показывают уже значительные затруднения, возникающие в эксплуатации этой топки даже на относительно малозольных шатурских торфах (6—8%).

Дожигательная воронка и решетка топки систематически зашлаковывалась.

Для борьбы с зашлаковыванием дожигательной воронки и решетки и улучшения условий их обслуживания вся решетка делалась опрокидывающейся. Кроме того, устанавливались чугунные панели с водяным охлаждением.

Значительным минусом топки системы Шершнева являются большие затраты механической энергии на создание рассмотренного выше кругового потока газов и воздуха и слабая маневренная способность топки (конструкций, предложенных до 1933 г.).

Повышенная форсировка топки влечет за собой повышение температур горения и в этих случаях плавление шлаков становится неизбежным. Конструктивно топка Шершнева весьма чувствительна к плавлению шлаков.



Фиг. 26. Схема движения частиц торфа в топке системы Шершнева.

При форсированной работе с относительно сухими ($W_p = 42\%$) торфами создавались серьезные затруднения из-за довольно значительного зашлаковывания стен топки.

Неизбежные при форсировании и понижении влажности повышенные температуры топочного пространства при достаточной легкоплавкости торфяной золы (температура плавления $1100 - 1150^\circ\text{C}$) способствовали расплавлению рыхлых шлаков, нараставших при длительной работе на стенках топки слоем толщиной около $50 - 100$ мм; за время пробной эксплуатации наблюдалось неоднократное заливание воронки жидким шлаком.

Частые заплывания дожигательных решеток жидким шлаком значительно ухудшали и усложняли нормальное обслуживание топки.

Топка системы Шершнева, видоизмененная Ленинградским отделением ВТИ (ЛОТИ) на Брянской ГЭС, работала в более тяжелых условиях, ибо торф Брянского района характеризуется повышенной зольностью, достигающей до $17 - 19\%$ в переводе на сухую массу.

В топке, осуществленной на Брянской электростанции, чрезвычайно отрицательно отражалось на эксплуатации заливание шлаком всасывающей воронки и соединяющего канала (при торфе с зольностью $A_c = 17 - 19\%$).

Нетрудно себе представить эксплуатационный режим этой топки на высокзолых торфах, составляющих основную массу украинского торфяного фонда, с $A_c = 30 - 40\%$.

Работники ЛОТИ, в частности инж. Наджаров в статье «Итоги работ по сжиганию фрезторфа», считают основными причинами шлакования следующее:

- 1) сниженная влажность торфа ($35 - 40\%$);
- 2) повышенные нагрузки топок;
- 3) ненадежность работы дожигательного устройства.

Естественно, что первые две причины способствовали повышению температуры в топке и, таким образом, активировали процесс шлакования; однако, устранение указанных причин путем: а) стремления к повышению влаги в торфе и б) отказа от повышенных нагрузок в условиях электростанции явилось бы разумеем решением в условиях электростанций нерациональным.

Необходимо согласиться с автором статьи инж. Наджаровым,¹ что при вполне безотказном действии всех внешних механизмов топочного оборудования длительность непрерывной работы фрезерных топков зависит, главным образом, от работоспособности элементов, расположенных внутри самих топков. Основным условием, от которого зависит работоспособность этих элементов, является их приспособленность к отпращиванию предписанных им функций в случае шлакования торфа.

На фиг. 27 показана разработанная ЛОТИ и А. А. Шершневым топка (проект) с эжекторным устройством без ядра.

¹ Инж. Наджаров, Итоги работ по сжиганию натурального фрезторфа, изд. ГЭТ, 1933.

Для защиты от шлакования вертикального участка задней стенки и сводчатого козырька элементы топки перекрыты трубами экрана.

Предварительные опыты работы топки без ядра показали упрощение и некоторое улучшение обслуживания низа топки.

Форсировка фрезерных топков, с одной стороны, и возможные в связи с этим повышения температур в топке, в сочетании с сжиганием украинских торфов с большим содержанием золы (часто легкоплавкой), с другой стороны, выдвигают вопрос о применении во фрезерных топках испытанного способа для камерных конструкций — экранирования топки.

Решение вопроса применения экранирования и степени этого применения будет находиться, конечно, в зависимости от влажности поступающего торфа, степени форсировки агрегата и пр.

На Украине, где метеорологические условия благоприятствуют получению сухого фрезторфа, экранирование фрезерных топков может, особенно на электростанциях, вполне себя оправдать.

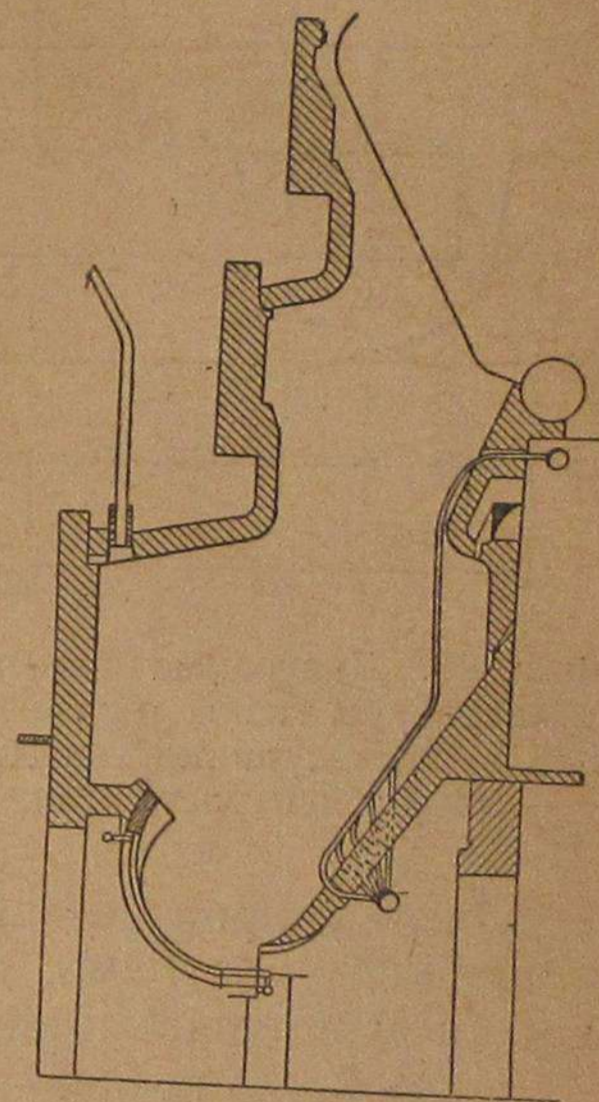
Однако, и здесь необходимо обязательно учитывать практические условия торфодобыывания, доставки и хранения торфа в каждом отдельном случае.

Применяя имеющийся в настоящее время материал по испытанию топки Шершнева к украинским многозолым торфам, обладающим к тому же в значительной своей массе низкой температурой плавления золы, имеем основания предполагать, что топка системы Шершнева вряд ли получит широкое распространение в украинских условиях в применении к крупным централизованным потребителям фрезторфа, как топлива.

Что касается торфов с зольностью (в переводе на сухую массу) до 20% , то таковые в топке Шершнева можно эффективно сжигать при условии не ниже средней температуры плавления золы (1250°C и выше).

7. Топки для сжигания фрезторфа с предварительной подсушкой

Чтобы дать полную картину существующего положения с техникой сжигания фрезерного торфа и более полное представление о возможных путях использования в частности украинского фрезерного торфа повышенной зольности, приводим краткое описание и анализ принципа, получившего впервые конкретное экспериментальное решение в Киеве и в дальнейшем примененного в виде опытных установок на станциях МОГЭС и Электротока в Ленинграде.



Фиг. 27. Схема топки системы Шершнева (без ядра).

Указанный принцип сжигания фрезторфа после его предварительной подсушки во взвешенном состоянии кардинально отличается от рассмотренных ранее.

За последние годы идея подсушки топлива во взвешенном состоянии с помощью дымовых газов или горячего воздуха, просасываемого с большой скоростью параллельно движущемуся потоку топлива, нашла себе применение на Западе в так называемой трубе системы Рема-Розин, показавшей возможность весьма эффективной сушки измельченного топлива.

Киевток (ныне Киевэнерго) в 1931 г. осуществил опытную установку на ГЭС I (бывш. ЦЭС) для котла в 300 м² поверхности нагрева с предварительной подсушкой фрезерного торфа во взвешенном состоянии, с сепарацией в циклоне, который вместе с тем являлся промежуточным бункером.¹ Отходящие газы от котла с температурой около 300°C направлялись в сушилку и уходили с температурой 70—80°C, производя глубокую подсушку крошки, которая затем пропусклась через мельницу-резольтор.

Торф, просушенный до влажности 20—25%, давал факел, мало отличавшийся от нефтяного.

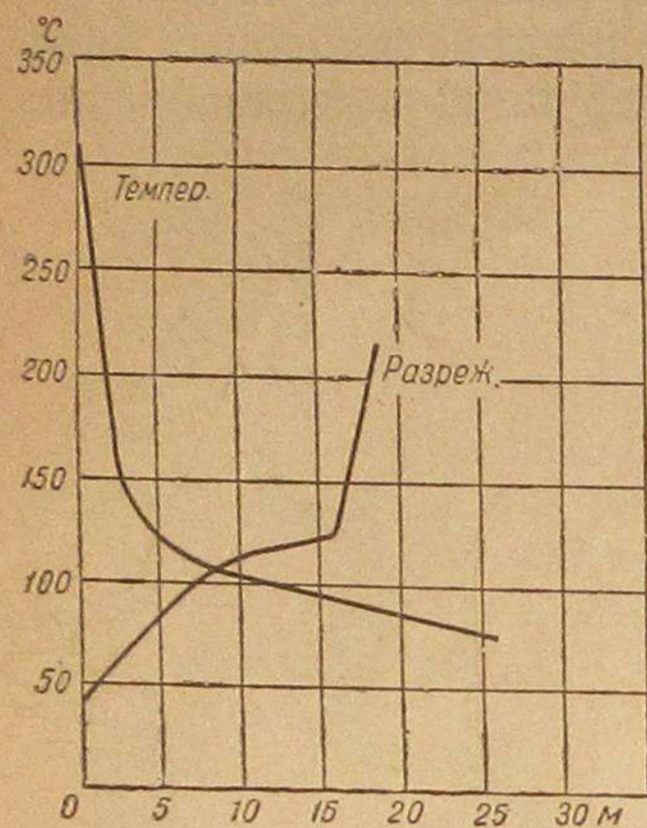
Опыты, произведенные в Электротопке в Ленинграде с трубой-сушилкой типа Рема, длиной 25 м, показали также хороший эффект сушки фрезерной крошки отходящими газами.

Устройство предварительной сушилки вносит значительные усложнения в установку, так как связано с дополнительными сооружениями, но вместе с тем оно дает огромные преимущества и гибкость в работе всей установки в целом.

Принцип предварительной подсушки фрезерной крошки ставит работу станций вне зависимости от влажности фрезерного торфа и на ближайшее время этот путь (в той или иной его модификации), особенно на электростанциях, явится с нашей точки зрения наиболее надежным способом освоения фрезерного торфа.

При предварительной подсушке вопрос об устройстве топочной камеры приобретает полную ясность (принцип пылеугольной топки). Топочная камера должна иметь простую форму, причем крошка должна вводиться сверху. Необходимость топочной решетки отпадает.

Однако, соответственно с задачей настоящей работы для возможности использования принципа Рема-Розин при освоении высоко-



Фиг. 28. Диаграмма перепада температуры газов и разрежений в трубе-сушилке на Киевской электростанции

¹ После предварительных опытов на ЦЭС была осуществлена в большом масштабе установка на ГЭС II (КРЭС) под котлом Делоне-Бельвиль площадью нагрева 750 м².

зольного украинского торфа следует внести ряд значительных коррективов в отношении перспектив применения указанного принципа именно для украинского торфа.

Предварительно приведем отдельные наиболее интересующие нас данные испытаний киевской установки на ГЭС I (только по сушилке):

Длина трубы — 25 м.

Начальная температура — 300°C.

Подсушка производилась с 55% влажности до 25%, т. е. на 30%. Температура газов на протяжении 4 м падает с 300°C до 140°C (на основании этого можно сделать вывод, что торфяная крошка легко отдает свою влагу, и нет, следовательно, особой необходимости иметь длинные сушилки).

В установке, осуществленной Киевтоком на КРЭС, испытания носили более систематизированный характер, однако, по эксплуатационным соображениям станции подсушенный фрезерный торф сжигался лишь в смеси с донецким углем в разных пропорциях.

Приводим данные испытания на ГЭС II.

Таблица XIX

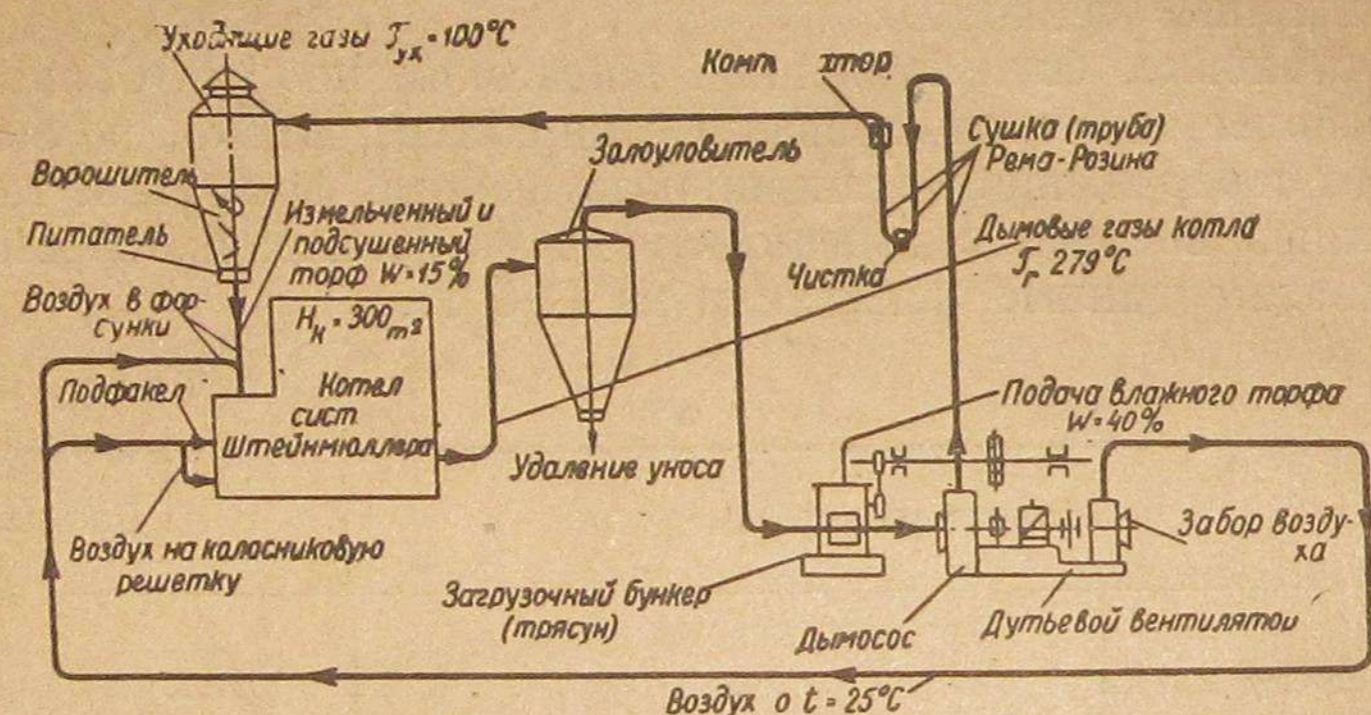
Наименование	Данные
1. Система котла	Делоне-Бельвиль
2. Поверхность нагрева котла	750 м ²
3. Род топлива	Пылевидное
4. Мощность моторов к резольторам	2 × 125 л. с.
5. Пропорция смеси угля с торфом (по объему)	1 : 1
6. Влажность торфа	62,5%
7. Влажность угля	3,05%
8. Влажность смеси до резольторов	25,24%
9. Влажность смеси за резольторами	16,12%
10. Теплотворная способность угля	7270 кал/кг
11. Теплотворная способность торфа	1299 кал/кг
12. Средняя паропроизводительность котла	25,12
13. Давление пара	28 ат
14. Коэффициент полезного действия (брутто)	0,68
15. Температура в топке	1249°С
16. Расход энергии резольторами на помол	24,4
17. Степень подсушки смеси в резольторе	36%

Несмотря на приведенные относительно благоприятные результаты работы сушилок-топок, установка на киевских станциях при продолжительной эксплуатации оказалась несостоятельной и потерпела неудачу.

Причина, как и в большинстве уже рассмотренных случаев, заключалась опять таки в золе, являющейся для украинского торфа тем камнем преткновения, который, очевидно, требует для своего разрешения других принципов, резко отличных от принципов, применяемых для малозольных торфов Центрально-промышленного района.

Вынужденные частые остановки подсушивающего устройства объясняются следующим.

При форсировке котла (что, разумеется, вполне естественно в условиях электростанций) отходящие газы несут с собой большое количество уноса. Засоренный уносом газ соприкасается со взвешенной крошкой в трубе Рема, после чего крошка (достаточно зольная по своему составу) смешивается в циклоне в результате сепарации с остающимися здесь также в результате сепарации частицами золы и несгоревшего торфа. В итоге торф, хотя и подсушен, однако более засорен. При повторении цикла торф еще больше засоряется, и засорение прогрессирует вплоть до вынужденной остановки котла.



Фиг. 29. Схема движения газов и топлива (подсушенного и влажного).

Установка дополнительного циклона после котла (как это показано на приводимой схеме) не дает радикального улучшения. Сопротивление цикла резко увеличивается, одновременно появляется дополнительный источник охлаждения газов до трубы Рема.

Таким образом, экспериментальный материал в настоящее время не дает оснований считать рассмотренный принцип имеющим широкие перспективы для освоения украинских высокозольных торфов.

Приводим схему движения газов и топлива (подсушенного и влажного) с двумя циклонами для котла системы Штейнмюллера поверхностью нагрева 300 м^2 (см. фиг. 29).

8. Топки с жидким шлакоудалением

Рассмотренные выше принципы конструирования топочных устройств и результаты их эксплуатации в применении к украинским высокозольным торфам показывают, что, начиная от примитивных топочных конструкций в виде шахтных топок для кускового торфа до наиболее совершенных конструкций для сжигания фрезерного торфа с применением принципа искусственной подсушки, эти устройства не разрешают проблемы радикального и вполне надежного освоения высокозольного торфа.

Отдельные конструкции в виде наклонно-переталкивающих решеток для кускового торфа, дополнительные конструкции для обеззоливания в трубе Рема для фрезерной крошки представляют собой зна-

чительный шаг вперед в деле внедрения топлив с повышенной зольностью; однако, если эти конструкции и дают основание ожидать от них разрешения задачи сжигания торфов с зольностью порядка $20 - 25\%$ ¹ (на рабочую массу), то второй задачи, которая, к сожалению, сопутствует первой в большинстве украинских торфов, — задачи освоения торфа повышенной зольности с низкой температурой плавления золы — эти топочные конструкции не решают (как и все выше-рассмотренные системы).

Таким образом, проблема использования украинского высокозольного торфа, как топлива, в топочных устройствах отчетливо упирается в два условия:

1. Установка должна работать с нормальной производительностью и нормальным коэффициентом полезного действия на торфе с зольностью порядка $25 - 35\%$ (на рабочую массу).

2. Одновременно установка должна справляться, не ухудшая нормального режима агрегата, с золой, имеющей пониженную температуру плавления порядка $1150 - 1100^\circ$.

Этим условиям в значительной степени должен удовлетворять получивший в последнее время широкое распространение за границей способ работы пылеугольных топок, преимущественно на топливах с легкоплавкими шлаками, так называемый способ *жидкого шлакоудаления*.

Особенно большое распространение получило жидкое шлакоудаление в Америке.

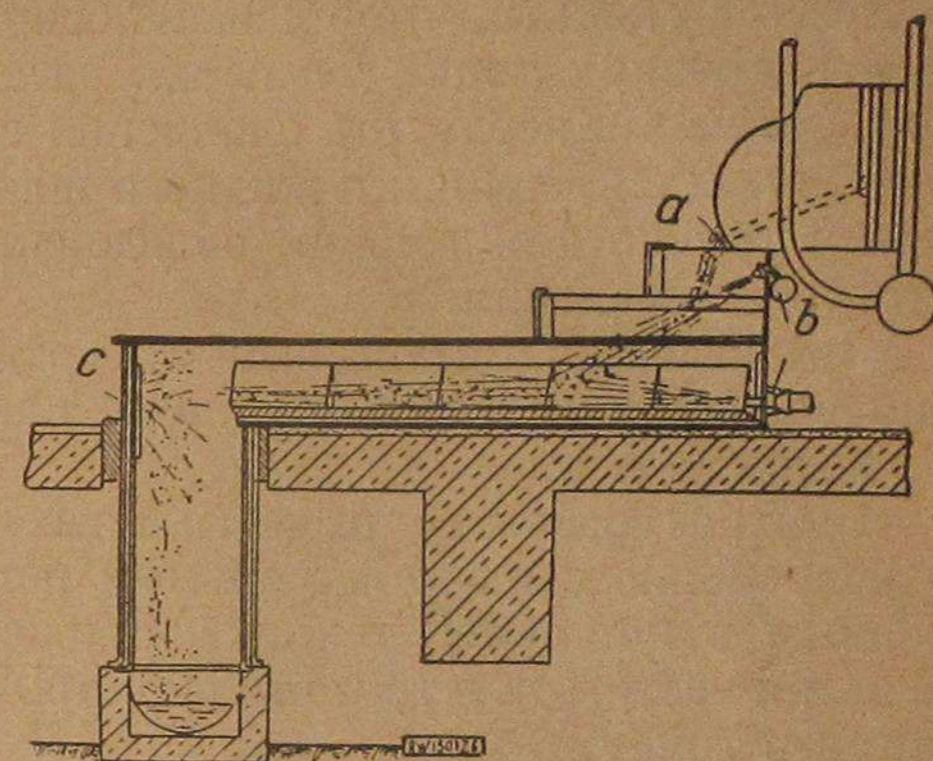
Ниже нами приводится таблица с характеристикой некоторых американских станций, работающих по указанному способу.

При жидком шлакоудалении температура в нижней части топочного пространства поддерживается на такой высоте, чтобы шлаки и зола, собирающиеся на поде топки, все время находились в расплавленном состоянии.

Самый под топки делается горизонтальным, облицовывается в отдельных случаях чугунными плитами (имеются и другие системы) и в вертикальном сечении образует род ванны из огнеупора.

Снизу плиты охлаждаются водяными трубами, включаемыми в экраны. Шлаки по мере их накопления в жидком виде периодически выпускаются из топки в отводящий канал, причем в этот же канал направляется струя воды.

¹ Верхний предел надо отнести к наклонно-переталкивающим решеткам.



Фиг. 30. Удаление жидких шлаков.

Шлаки, встречаясь с водой, гранулируются и падают в бассейн, откуда удаляются.¹

Рассмотренный способ удаления шлаков, кроме своих основных преимуществ, позволяет уменьшить строительную высоту топки в сравнении с обычными камерными топочными устройствами, так как при этом отпадает зловонный бункер с крутыми наклонными стенками.

Что касается принципов расчета и конструирования этих топок, то следует указать, что одним из основных является следующий: при всех нагрузках топки температура топочного пространства должна быть выше температуры плавления золы.

Разумеется, принцип жидкого шлакоудаления не является приемлемым только для топлив, обладающих золой с пониженной температурой плавления.

Чрезвычайно интересным и перспективным является этот принцип вообще для зольных топлив, как радикальное средство борьбы с уносом и т. п.

Быстрое развитие пылеугольных топок выявило, как известно, одновременно с их колоссальным положительным сдвигом, произведенным в котельной технике, также и слабые стороны, заключающиеся в частности в том, что около 50 — 75% всей золы топлива выносятся в трубу.

В результате этого засоряются окрестности, изнашиваются дымоходы и загрязняется поверхность нагрева.

Удаление золы из топки в жидком состоянии частично разрешает и эту проблему.

В общем к преимуществам жидкого шлакоудаления в применении его к торфяным фрезерным топкам следует отнести:

1. Возможность сжигания фрезерного торфа с низкой температурой плавления золы без ущерба для нормальной эксплуатации котельного агрегата.
2. Простую и чистую систему удаления значительных количеств золы.
3. В топочном пространстве создаются более высокие температуры, что значительно активизирует процесс горения.
4. Первоначальные затраты на установку пода для жидкого шлака ниже затрат на сложный под в топке ВТИ (цепная решетка, специальный подвал и т. п.) и в топке Шершнева.
5. Предупреждается проникновение воздуха в дно топки.

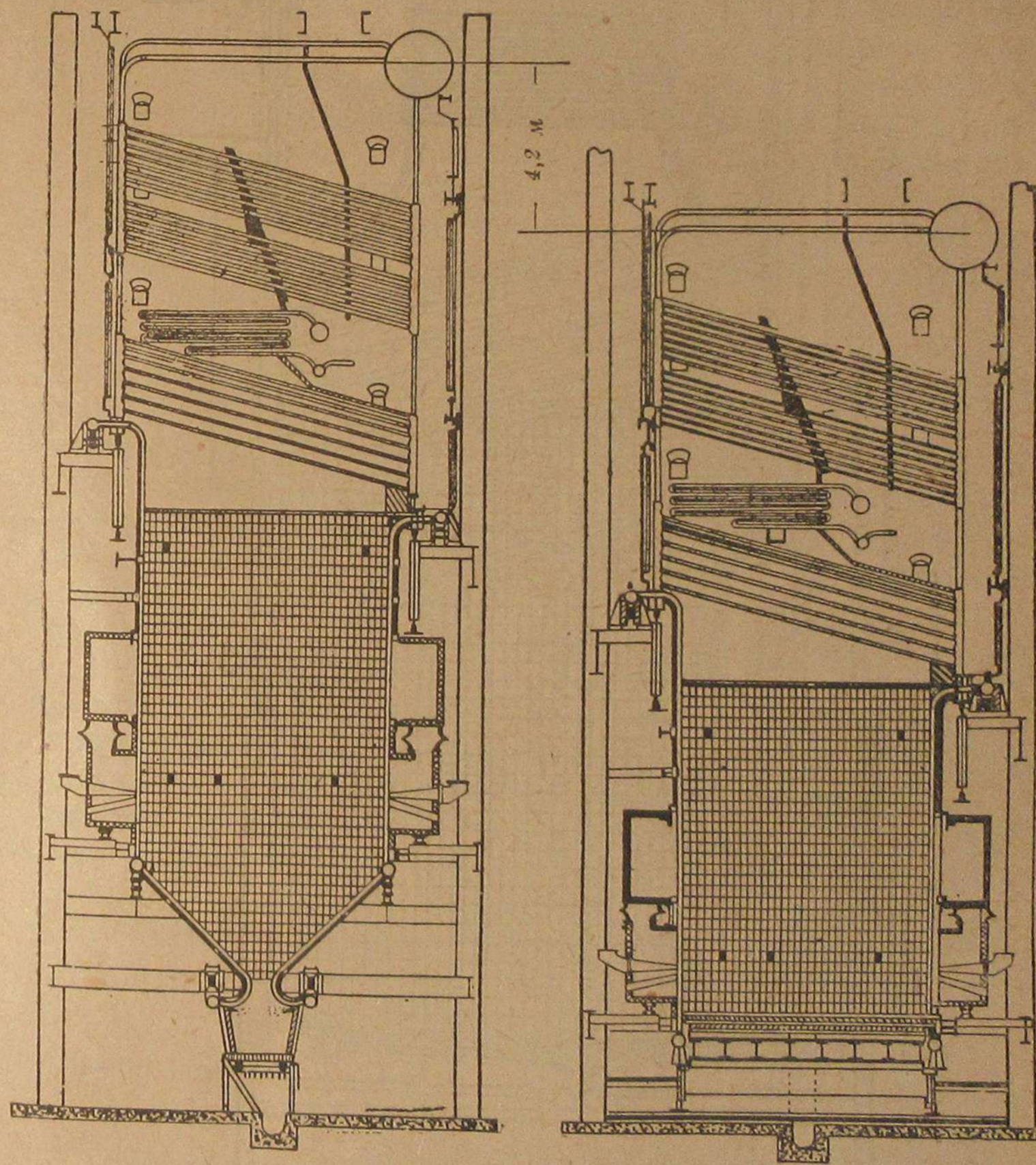
К основным недостаткам следует отнести повышенную амортизацию труб нижнего ряда вследствие высоких температур.

Чтобы составить себе представление о степени развития принципа жидкого шлакоудаления в США, достаточно указать, что там усиленно разрабатывается вопрос о прибавлении к сжигаемому углю, имеющему нормальную или повышенную температуру плавления золы, специальных материалов в виде флюсов — известняка, доломита, магнезита, сернокислого натра и т. д. для создания условий, благоприятствующих плавлению золы.

¹ Rammler, Arch. f. W., 1931, стр. 83.

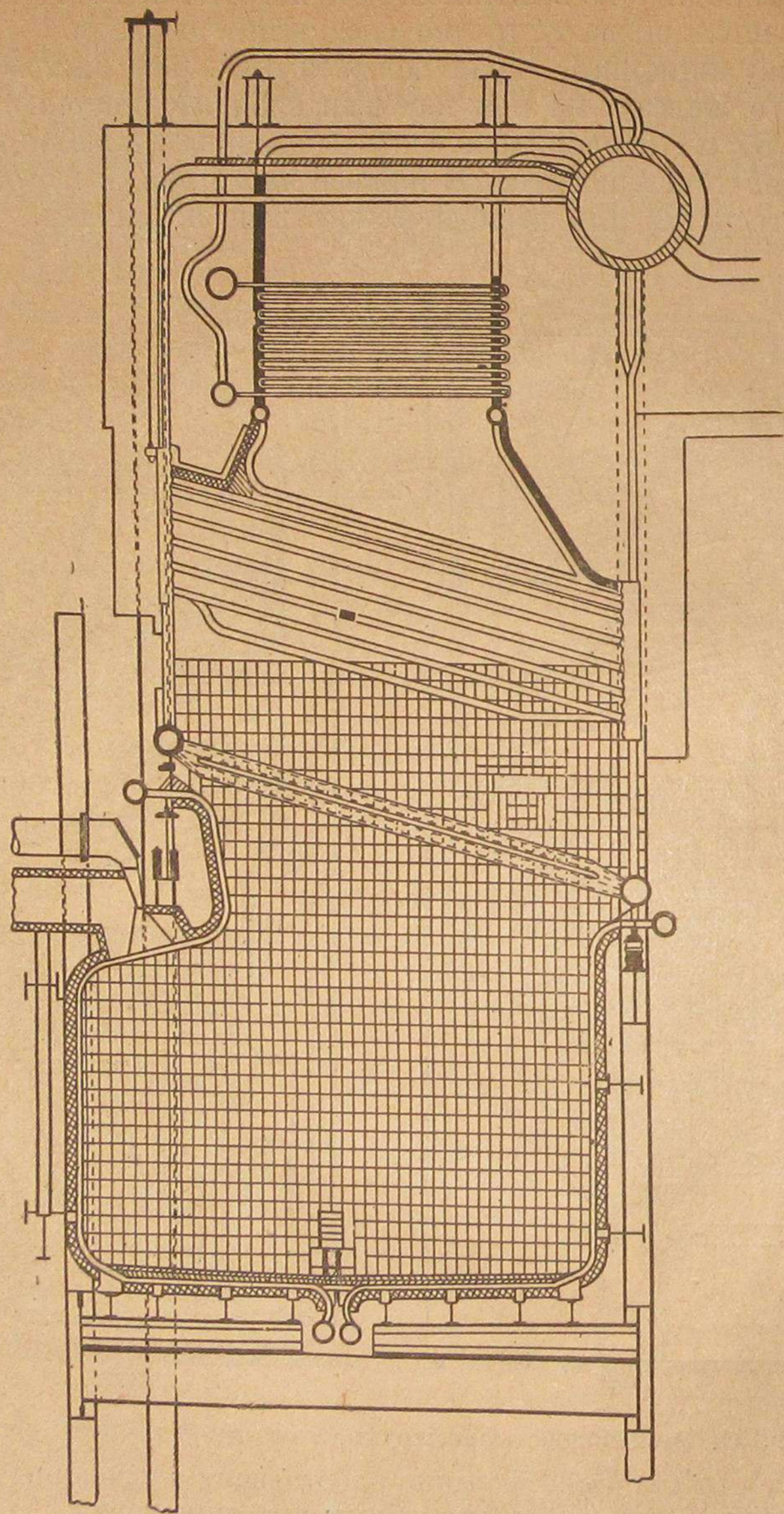
В отличие от описанной выше конструкции пода топки встречаются и другие. На одной из выполненных конструкций дно топки, на котором собирается шлак, устроено следующим образом.

На грануляционный экран положен один ряд листового 12-миллиметрового железа, на нем помещен слой изоляционного кирпича толщиной 65 мм и слой дробленого жженого доломита толщиной 220 мм. Дно топки покатое. В нижней части дна, в передних углах сделаны отверстия для периодического выпуска шлака.



Фиг. 31. Разновидность конструкций удаления жидкого шлака.

Опыт работы станций, особенно работающих в условиях повышенных нагрузок, показывает, что обмуровка стен топки, защищенная экраном или плитками Бейли, не выдерживает режима, соответствующего топкам с жидким шлакоудалением. Воздушное охлаждение стен топки оказывается недостаточным. Как показывает эксплуатационный опыт, обычные экраны или плиты Бейли вполне предохраняют от прилипания шлака к стенкам,



Фиг. 32. Разрез топki, работающей на жидком шлакоудалении с горизонтальным водоохлаждающим подом.

от химического взаимодействия его с ними и от термического повреждения стен.

На рисунке 31 показаны 2 котла одинаковой конструкции с топками, имеющими почти одинаковые внутренние размеры и вполне идентичные методы сжигания, но отличающиеся способом удаления золы.

На первой фигуре золоудаляющая часть топki снабжена специальной воронкой; установка рассчитана на непрерывное удаление золовых остатков.

На второй фигуре жидкий шлак удаляется периодически, направляясь в специальные для этого каналы (показаны пунктиром).

При сравнении видно значительное преимущество именно второго способа шлакоудаления, позволяющего уменьшить высоту сооружения на 4,2 метра, что значительно удешевляет установку агрегата и строительные сооружения.

На рисунке 32 показана топка со специальными ответвлениями для удаления жидкого шлака с применением водоохлаждающего пода топki.

В этой конструкции представляет значительный интерес расположение форсунок относительно пода топki, позволяющих создать надлежащий для жидкого шлакоудаления режим.

Испытание, показанной на рис. 32 конструкции в практической эксплуатации на топливе с зольностью 13% на рабочую массу, дает полное отсутствие потерь от механического недожога ($q_4 = 0,04 - 1\%$).

К сожалению, какого-либо опыта сжигания высокозольных торфов в топках с жидким шлакоудалением не имеется.

Однако, вряд ли приходится ожидать принципиальных отличий в части самого процесса расплавления и удаления шлаков в камерных торфяных топках, особенно для искусственно подсушенного торфа — способа, имеющего значительные шансы на развитие в камерных топках именно в комбинации с жидким шлакоудалением.

Приводим таблицу, систематизирующую сведения о работе пылеугольных топок с жидким шлакоудалением в США.¹

Таблица XX

Наименование станций	Количество котлов	Максимальная производительность котла (т/час)	Объем топочного пространства (м ³)	Q/V (тыс. кал/м ³ час)	Типичный анализ			
					Содержание летучих (%)	Выход кокса (%)	Зола (%) на абс. сухую массу	Температура плавления золы (°C)
Kansas city	1	82	294	220	31	53	16	1090
Super Power Co	6	225	560	210	38	47	15	1100
Oklahoma Gas and El. Co	3	135	350	215	—	—	—	—
Company of Illinois	2	114	365	238	34	52	14	1170
Chicago Elekt. Co	2	205	475	305	37	50	13	1140

¹ Bailey, Доклад на мировой конференции по битуминозным углям в ноябре 1931 г., т. 2.

Назвать примерные цифры тепловых напряжений для торфа в настоящее время, при полном отсутствии практического опыта, затруднительно.

Во всяком случае нижний предел Q/V должен быть таким, при котором обеспечивалась бы полная устойчивость горения взвешенной торфяной крошки и температуры в камере должны полностью обеспечить плавление золы и удаление шлака в жидком виде.

При всестороннем рассмотрении принципа жидкого шлакоудаления весьма интересным представляется применение для горения торфа кислорода. Добавление кислорода в топку должно способствовать резкому повышению температуры и, таким образом, плавлению шлаков, заставляя их стекать вниз в нужном направлении. В настоящее время в виду высокой стоимости аппаратуры для получения кислорода, этот способ еще нельзя признать рентабельным.

Однако, принимая во внимание широко развивающееся применение кислорода в различных отраслях техники, в ближайшие годы можно ожидать многообещающих перспектив в этом направлении.

Выводы

Выше нами проанализированы основные, ходовые системы торфяных топок под углом зрения возможности их применения для освоения украинского высокозольного торфа.

Намечающиеся выводы по отдельным топочным конструкциям сводим в таблицу (см. таблицу XXI).

Пределы применения отдельных конструкций выведены с известными допущениями на основании преимущественно эмпирических материалов, каких, к сожалению, для украинского торфа, особенно высокозольного, до сих пор в весьма ограниченном количестве применяемого на практике, чрезвычайно мало.

Значительный диапазон в пределах, показанных в таблице, объясняется тем вполне понятным для теплотехников обстоятельством, что нормальный процесс горения даже высокозольного торфа не всегда является функцией только безотказной работы золоудалющих устройств или качества золы. Взаимная зависимость отдельных факторов в процессе горения между собой и влияние совокупности этих факторов на процесс торфосжигания в топочном устройстве определяют в конечном счете результат, т. е. степень устойчивости, производительность топки и величину коэффициента полезного действия.

Определить, однако, строгую взаимную зависимость этих факторов и их поведение в связи с количеством золы в топливе и составом этой золы, невозможно за отсутствием достоверных и исчерпывающих материалов исследований, касающихся рассмотренных топочных устройств. Поэтому мы ограничились укрупненными практическими данными на основании, главным образом, наблюдений и испытаний, проведенных в заводской обстановке, а для конструкций, не имеющих применения в торфяной практике, на основании проектных данных и сопоставлений с родственными видами топлив.

№	Системы топок	Пределы ¹ зольности (в переводе на рабочую массу) %	Пригодность к сжиганию ² торфов с легкоплавкой золой	
1	Для кускового торфа	Шахтные топки ступенчатые	15—20	Работа возможна при резком понижении производительности и к. п. д. При условии принятия сложных конструктивных и эксплуатационных мероприятий работа возможна при резком понижении производительности и к. п. д.
2		Шахтноцепные топки	15—25	
3		Наклонно-переталкивающие решетки Топка системы Тепло-технического института	20—30	Непригодна Тоже, что для шахтноцепных
4			15—25	
5	Для фрезерн. торфа	Топка системы Шершнева	15—20	Дает резкое ухудшение и осложнение обслуживания, значительно снижая производительность и к. п. д.
6		Топка с предварительной подсушкой фрезерного торфа	15	
7		Топка с применением жидкого шлакоудаления и предварительной подсушкой	1—35	

Сопоставляя данные классификации украинских торфов по зольности с выводами, собранными в таблице XXI, можем сделать следующее заключение:

1. Для 36% торфяного фонда крупнейших массивов приемлемой топочной конструкцией может быть только топка с применением жидкого шлакоудаления.
2. Однако, топки с жидким шлакоудалением могут иметь также только ограниченное применение, ибо они рассчитаны на камерный принцип и требуют для сжигания торфа в виде фрезерной крошки или пыли.

¹ Влажность принята условно — 30%. Нижний предел почти всюду нами принят в 15% (зольность до 15% будем считать средней зольностью, торф с зольностью от 15 до 25% — торф повышенной зольности и выше 25% — высокозольный).

² Применяем следующую номенклатуру для определения степени плавкости золы: тугоплавкая от 1400° и выше, средней плавкости 1300—1350°, легкоплавкая 1200° и ниже.

Развитию фрезерного способа торфодобычи на Украине в известной мере препятствует низинный характер торфяников и их затопляемость, а потому, очевидно, все же значительная часть крупных многозольных торфяных массивов будет разрабатываться преимущественно на кусковой торф, главным образом, баггерным способом.

В виду того, что применение высокозольного кускового торфа с зольностью порядка 25—40% (в переводе на рабочую массу), особенно имеющего в своем составе золу, плавящуюся при низких температурах, в существующих торфяных топочных устройствах для кускового торфа представляется технически ненадежным и экономически нерентабельным, разрешение проблемы освоения высокозольного кускового торфа должно пойти по другому пути.

Более реальным техническим путем освоения высокозольного украинского торфа (кускового) можно считать на данном этапе технического развития его газификацию.

Принципы работы газогенераторов, равно и практика их эксплуатации на высокозольных топливах (в частности, в Италии на высокозольных торфах), позволяют рассматривать метод газификации высокозольного кускового торфа, независимо от температуры плавления его золы (разумеется, с определенным функциональным влиянием на колебания коэффициента полезного действия и удельную производительность генератора), как наиболее перспективный в деле освоения отдельных крупнейших высокозольных массивов Украины

Г Л А В А IV

ГАЗОВАЯ ИНДУСТРИЯ И ДАЛЬНИЙ ГАЗОТРАНСПОРТ ЗА ГРАНИЦЕЙ И В СССР

1. Состояние газовой промышленности за границей

Газовая индустрия за границей относится к одной из передовых отраслей промышленности.

Особенно большие успехи имеет в этом отношении *американская промышленность*.

Как по числу и величине своих заводов, так и по потреблению на душу она бесспорно занимает первое место в мире.

В 1929 г. в США употреблено было 80 млрд. м³ газа, из них 65% природных газов.

Подача газа в 1933 г. только на заводах с собственным получением газа, по данным фирмы «American Gas Association», составляла 9630 млн. м³.

Общая длина магистральных газопроводов для транспортирования природного газа к местам потребления доходит до 80 тыс. км и примерно такое же протяжение сборных газопроводов. Если же учесть и газовые ответвления, то длина всей газовой сети США достигает колоссальных размеров — 240 тыс. км. Имеются газопроводы длиной в 750 км и больше.

Один из наиболее крупных газопроводов осуществила фирма «Continental Construction Corporation» (Kansas City), построившая в 1930 г. газопровод длиной в 1600 км из Техаса в Чикаго.

Диаметр труб составлял 610 мм, толщина стенок 7—8 мм. Отдельные трубы длиной в 9—12 м сварены между собой автогеном и проложены на известном расстоянии друг от друга на подпорных катках.

В Англии, где газоиспользование тоже достигло крупных размеров, в 1929 г., когда из 1315 газовых заводов работало только 771, было получено 8,4 млрд. м³ газа. Число потребителей достигло 9,6 млн. человек. Использование энергии топлива с учетом всех побочных продуктов, по данным D. Watston'a,¹ достигло свыше 80% в то время, как для электрической—оно составляло только 12%.

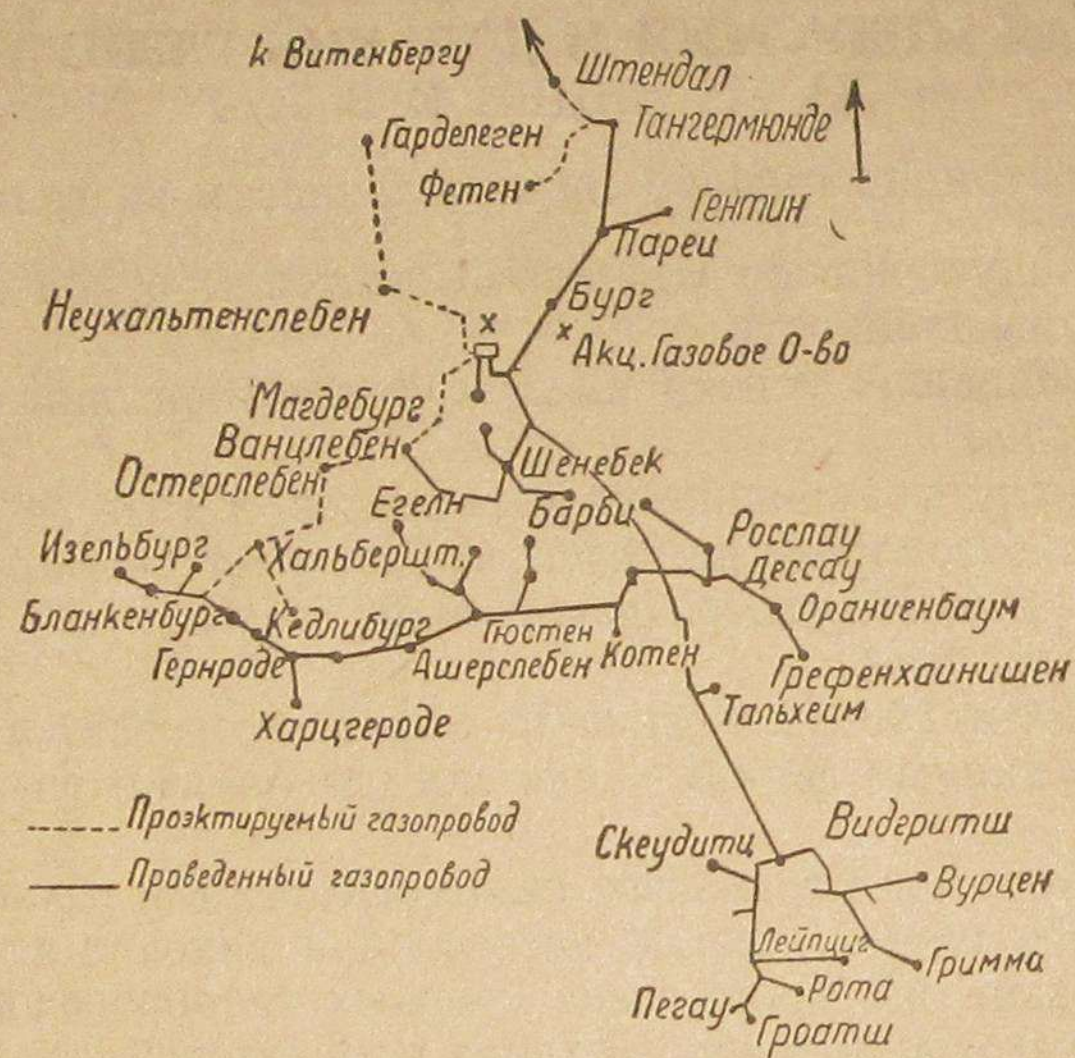
Длина газопроводов в Англии — 78,1 тыс. км.

Широкое распространение нашло автоматическое регулирование производства газа при помощи регуляторов давления для дальних расстояний.

¹ D. Milne-Watson, G.W.F. 1932, № 6, 112.

Значительного развития газовая индустрия получила в Германии на базе использования, главным образом, газов коксовых печей, получающихся в виде побочных продуктов с коксовых заводов.

В связи с увеличением спроса на газ для бытовых целей, с одной стороны, и наличием огромных количеств газов коксовых печей, не находивших себе применения на местах его получения, с другой, в Германии осуществлен ряд газопроводов. Из них следует отметить:



Фиг. 33. Дальний газопровод Гамбургских газовых заводов.

1. Газопровод Рейнско-Вестфальского электрического о-ва (RWE) с общей длиной сети в 275 км, питающий газом ряд густо населенных мест.

Главная магистраль проходит от коксовых печей через города Штель, Лангенберг, Золинген, Лангенфельд и на север к Дюрстену.

2. Газопровод акционерного о-ва Август Тиссен (Рур).

Из Гомборна магистраль идет в Обергаузен, Лаунендаль, Фельтен и Бармен.

Для хранения газа в Гомборне имеется 3 газгольдера: два емкостью по 50 тыс. м³ и третий — самый большой в Европе — емкостью 300 тыс. м³.

Для снабжения газом всей среднегерманской промышленности в 1930 г. был построен вблизи Магдебурга крупный газовый завод «Grossgaserei Mitteldeutschland A. G.», принадлежащий Германскому континентальному газовому о-ву.

Значительное место принадлежит гамбургским газовым заводам, снабжающим газом 58 местечек и городов. Длина сети газопроводов

составляла около 2100 км, в том числе 780 км дальнего газоснабжения.

Основные линии проводки идут таким образом: из предместья Гамбурга — Альтоны на восток до Геест-шахты с ответвлениями в Шварценбек; на северо-восток до Шмаленбека с ответвлениями до Гиммерхорна и на север до Неймюнстера.

Газовые заводы праворионской Баварии дали в 1930 г. 223 млн. м³.

В Вюртембурге в 1931/32 г. было подано 142 млн. м³. Хотя промышленное потребление уменьшилось, зато увеличилась подача в домашние хозяйства. Начала работать новая проводка газа на дальнейшее расстояние.

Берлинские газовые заводы дали в 1931 г. 409,2 млн. м³ газа. Экономический кризис повлиял на подачу газа, уменьшив ее в промышленности и в значительно меньшей степени на домашние хозяйства. Длина сети труб составляет 4188 км.

После того, как была доказана рентабельность дальнего газоснабжения коксовым газом, в Германии был выдвинут проект генерального плана газоснабжения всей Германии, по которому все газоснабжение централизуется, а светильный газ заменяется газом коксовых печей.

Для этой цели в 1926 г. было организовано специальное акционерное о-во «Aktien-gesellschaft für Kohlenverwertung», имевшее специальной целью использование газов коксовых печей Рурского бассейна для нужд городского населения и промышленности путем дальнего газоснабжения.

По проекту этого о-ва «Рургаз» главные линии газопровода должны были пройти из Рурской области через Гамбург и Киль, Берлин в Штетин, через Кассель, Эрфурт, Лейпциг и Дрезден в Бреславль; далее линия из Гамборна (см. выше) должна была пройти в направлении на Кельн и Франкфурт н/Майне, разветвляясь к Майнцу, Мангейму, Карлсруэ, Штутгарту и Вюрцбургу, Нюрнбергу, Аугсбургу и Мюнхену.

Эти радиальные газопроводы должны были быть соединены между собой кольцевым газопроводом, предназначенным для питания сети дальнего газоснабжения.

Газ предполагалось транспортировать под давлением в 20 ат.

Однако, этой крупнейшей идее в условиях капиталистической Германии не суждено было осуществиться — она встретила организованное противодействие со стороны городских муниципалитетов, владельцев городских газовых заводов светильного газа, заинтересованных в сохранении этих заводов, со стороны железнодорожных компаний, заинтересованных в перевозках угля, и т. п.

В результате враждебной кампании против дальнего газоснабжения из Рура обществу удалось осуществить намеченный план в значительно суженном масштабе: к 1930 г. были проложены лишь две ветки — одна по Рейну через Динабург на Кельн, другая от Дортмунда на Зиген с укладкой коллектора для собирания газа с коксовых установок Рурского бассейна и передачи газа из Гамма на Ганновер на расстоянии 200 км.

Вместе с тем подача рурского газа в последние годы все время росла и составляла: в 1929 г. 405 млн. м³, в 1930 г. — 716 млн. м³, в 1931 г. — 796 млн. м³.

Расширение подачи газа в эти годы вызвано было прокладкой новых газопроводов для кустарной и мелкой промышленности, домашних хозяйств и для отопления. Газовую проводку питали 24 рудничных коксовых завода.



Фиг. 34. Газопровод из Рура.

В 1933 г. произошел дальнейший значительный рост — за этот год подача рурского газа составляла 1077 млн. м³, в том числе:¹

для металлообрабатывающей промышленности	400 млн. м ³
» металлургической	359 »
» химической	109 »
» стекольной и керамической	33 »
» прочей	7 »
» коммунальных нужд (домашние хозяйства, кустарные предприятия и пр.)	169 »

По другим европейским странам мы имеем такие данные.

В Австрии в 1931 г. было выработано 371,5 млн. м³ газа, из этого количества 89,2% приходилось на венские газовые заводы, снабжающие газом 16 австрийских местечек.

В Швейцарии, несмотря на наличие весьма дешевой гидроэнергии и ввоз в страну твердого топлива, подача искусственного газа непрерывно увеличивается: в 1931 г. она составляла 238,4 млн. м³, на 5,5% больше 1930 г., в первом же полугодии 1932 г. последовало дальнейшее увеличение на 6,2%.

¹ G.W.F, № 21, 26. V. 1934, стр. 75.

В Чехо-Словакии на 85 газовых заводах в 1931 г. было получено 122,3 млн. м³ — на 5,9% больше 1930 г.; два наибольших газовых завода давали: в Праге 41 млн. м³ и в Брюнне — 11 млн. м³.

В Испании производство газа с 1926 г. по 1931 г. повысилось на 40%, причем в 1931 г. было произведено 147,2 млн. м³.

В Швеции в 1931 г. работало 37 заводов, которые дали 182,9 млн. м³ газа; увеличение производства газа по сравнению с 1900 г. составило 5,4%. Длина проводок составляла 1955 км.

Нужно отметить, что экономический кризис и вызванная им депрессия во всех областях хозяйства капиталистических стран в газовой индустрии отразились в значительно меньшей мере, а в ряде стран последовало даже увеличение потребления газа.

Особо следует остановиться на дальнем газотранспорте.

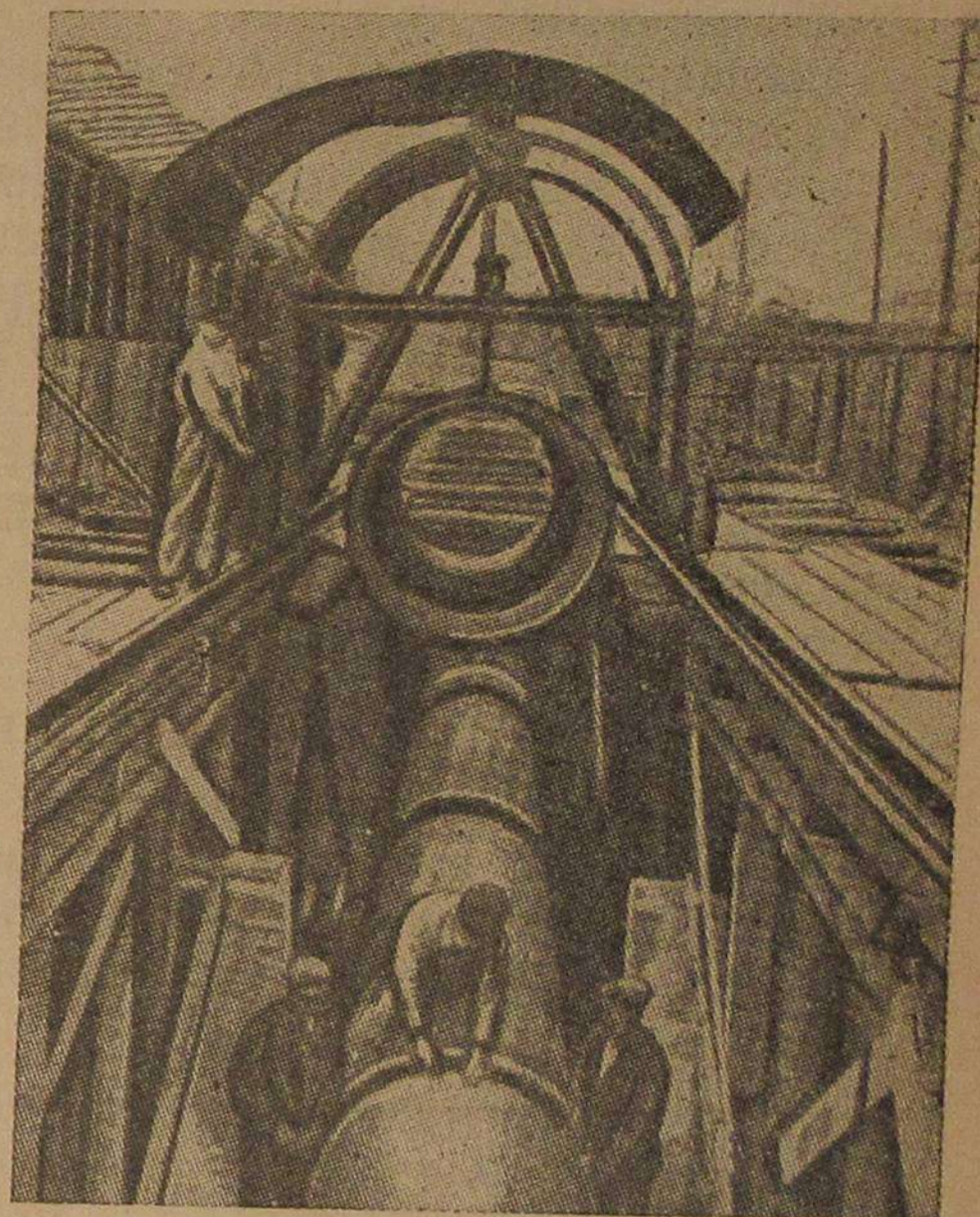
Удобство подвозки газа к месту потребления, удобство и простота передачи газа на большие расстояния сделали возможным сооружение центральных газовых заводов в районах залегающих сырья для газоснабжения целых областей.

Развитие дальнего газотранспорта в свою очередь базируется на тех успехах в механизации прокладки газопроводов, какие имеются в настоящее время в этой области.

В прокладке газопроводов механизированы следующие процессы: 1) рытье траншей и их засыпка; 2) утрамбовка дна траншей; 3) рытье туннелей; 4) погрузка, укладка и стягивание труб; 5) спуск труб в траншеи; 6) свинчивание труб; 7) очистка труб, их окраска и обмотка.

Во всех этих процессах механизация достигла высокой степени совершенства.

Канавы для труб прокладываются специальными экскаваторами различных типов с производительностью до 1½ км в день. Засыпка траншей производится специальными кранами, служащими одновременно для нагрузки и выгрузки труб. Трамбовка производится катками с шириной, соответствующей размерам траншеи, работающими от обыкновенного гусеничного трактора. В канавы трубы спускаются талями или специальными винтами.



Фиг. 35. Прокладка газопровода.

Сварка труб производится автогеном или электричеством; при передаче газа под значительным давлением применяют цельнотянутые стальные трубы.

Большое внимание уделяется очистке труб и их окраске. И то, и другое производится тоже специальными машинами.

Помимо окраски, в широких размерах применяют осмоливание и асфальтирование труб.

В последнее время в США начали применять в широких размерах для борьбы с коррозией оцинковку и эмалировку труб.

Чугунные или стальные трубы автоматически покрываются тонким стойким слоем цинка или эмали, после чего сушатся.

Самая крупная в мире установка для этих целей осуществлена фирмой «Republic Steel Corporation» в Warren (Огайо, США).

Производительность установки — 13 млн. м труб в год.

У нас в СССР значительный опыт имеется в связи с прокладкой крупнейших нефтепроводов Баку — Батум и Грозный — Туапсе. Этот опыт показал колоссальнейшие преимущества механизации по сравнению с ручной работой.

2. Положение газовой индустрии в СССР

О состоянии газовой индустрии у нас в СССР нужно сказать, что потребление газа стояло до сих пор на низком уровне развития. Так, например, годовая выработка газа и расход на душу населения газа в СССР по сравнению с другими странами составляли:

Таблица XXII

Название государств	Годовая продукция газа (млн. м ³)	Расход на 1 жителя в год (м ³)	За какой год сведения
США	13000	150	1928
Англия и Ирландия	8460	178	1929
Германия	3660	51	1928
Франция	1770	40	»
Голландия	570	74	»
Швейцария	238	75	1931
Австрия	372	138	»
Чехо-Словакия	122	—	»
Швеция	183	115	»
Испания	147	—	»
СССР	24	0,16	1928

Нужно отметить, что СССР располагает всеми данными, чтобы и в области газификации выполнить основную задачу партии и правительства «догнать и перегнать передовые в технико-экономическом отношении страны».

Значительный перелом в области газификации мы наблюдаем с конца 1931 г., когда был организован специальный трест «Газогенераторстрой».

Последний приступил к разработке и осуществлению ряда мощных газогенераторных станций, главным образом, при промышленных предприятиях, в том числе для наших крупнейших гигантов.

Развитие газогенераторных станций в последнее время проходит со все ускоряющимися темпами, так как потребность в них колоссальна. Станции осуществляются на антраците, каменных углях, торфе, подмосковных углях и др.

В области широкой газификации перед нами стоит задача использования отходящих газов промышленных предприятий (коксовые установки, металлургические заводы), использования природных газов там, где они имеются (Азербейджан, Дагестан, Приволжский район, побережье Черного моря и др.)



Фиг. 36. План газификации Донбасса по второму пятилетнему плану.

Но наиболее кардинальным вопросом остается проведение газификации низкосортных топлив, в том числе громадных торфяных ресурсов. Решением коллегии НКТП с июня 1933 г. основные органы промышленности по переработке низкоценных топлив — торфа, сланцев и высокоценных горючих (газ, жидкое топливо) — объединены в специальном органе «Главгазе», которому передан Газогенераторстрой; помимо того, создана специальная проектная организация по осуществлению, главным образом, установок высококалорийного газа и городского типа «Гипрогаз».

Постепенно продвигаются вперед вопросы использования газов с коксо-химических заводов Донбасса.

Работами Казьмина С. П.¹ и Зарембо К. С.² была доказана

¹ С. П. Казьмин, Экономические данные по рациональному использованию коксового газа в целях максимального снижения себестоимости газа. М. Планхозиз, 1930.

² К. С. Зарембо, Проблема газификации Донбасса. Химтехиздат, 1930.

беспорная целесообразность утилизации этих газов, как энергетического топлива, до сих пор в значительной степени выпускаемого бесполезно в атмосферу или сжигаемого в виде так называемой «свечи».

В развитие этих работ Комитетом химизации УССР, Гипрококсом и Главгазом разработана наметка пятилетнего плана газификации Донбасса (см. фиг. 36).

По этому плану:

Смоляновские, рутченковские, алексеевские и сталинские коксовые печи передают свой избыток газа для газификации г. Сталино и Сталинскому металлургическому заводу. Связываются в кольцо и газифицируются заводы им. Ильича, Азовсталь, Фарфоровый комбинат и Мариуполь. Газ из Ворошиловска передается Луганскому паровозостроительному заводу и г. Луганску.

Для газификации предприятий и городов соединяются газопроводом Енакиево, Горловка и Константиновка, Краматорск и Славянск, Сталино и Макеевка.

Предположено проложить 340 км газопровода, газифицировать 11 промышленных комбинатов и 10 городов.

Разработаны планы газификации Баку, Грозного, Майкопа, Петровска, Дербента и ряда других городов на базе природных газов.

На ряду с использованием коксового и природного газа осуществлены и установки городского типа светильного газа на Украине — в Одессе и Харькове.

В иную практическую фазу вступает сейчас и наиболее трудная проблема газификаций — это широкая газификация промышленности, силового хозяйства и быта на базе низкоценных топлив, в частности торфа.

Для Москвы и Московской области разработан проект газоснабжения на подмосковном угле на 600 млн. м³ газа в год с установкой газоцентрали в Бобриках.¹ Такой же проект разработан для Москвы и в отношении передачи двойного торфяного газа с торфоразработок, отстоящих на 150 км от столицы.

Однако, в настоящее время наиболее рациональным вариантом газоснабжения Москвы признано осуществление газодоменного комбината на Коломне с парокислородным дутьем при работе его на кусковом торфе. Продукция комбината — высококремнистые чугуны и ферросплавы, газ и отходы торфяной смолы.

Главгазом уже приступлено к строительству комбината. При пуске всех трех очередей комбинат даст 1300 млн. м³ газа с теплотворной способностью в 2500 — 2700 кал. Газ подвергается обогащению до 4200 кал и будет передаваться по трубам в Москву.

В виду громадной потребности Москвы и области в газе, исчисляемой в 8 млрд. м³, не исключена возможность наряду с осуществле-

¹ Проф. Соловьев П. М., Газификация подмосковного угля и дальнейшее газоснабжение.

Лизин Е., Проблема газификации Московской области. «Коммунальное хозяйство», 1930;

Ракитян С. В., Проблема газоснабжения. «Московская промышленность», № 1—2, 1930.

нием газодоменного варианта на торфу осуществления газификации и по первым двум вариантам, причем газ этот предназначался бы, главным образом, для области.

Крупные работы в области газификации торфа проводятся в Ленинграде.

Организованным Инсторфом Бюро по газификации торфа проделана большая работа по газификации торфа, в частности проведены работы по проектированию и постройке первого советского генератора двойного газа, крекинг-установки для самокарбюрации торфяного газа для повышения его теплотворной способности, газификации фрезерного торфа и очистке газа.

Работами Инсторфа, главным образом, его Ленинградского филиала и вновь организованного Ленгипрогаза разрешается сейчас проблема широкой газификации торфа с получением двойного и высококалорийного газа для нужд промышленности, быта и теплоэлектроцентралей; проблема транспорта газа и широкого вовлечения торфа в топливный баланс Ленинграда и его области.

В работе научного руководителя Ленинградского филиала инсторфа Б. К. Климова¹ на опыте Ленинградской области освещены вопросы комплексного использования торфяного газа и продуктов, получаемых при его газификации, дающих ряд ценных химикатов, удешевляющих газовое топливо и тем самым позволяющих внедрять его, как показывает заграничная практика, не только в широкие круги населения, но и во все отрасли промышленности.

Работа Климова показывает, как широкая газификация становится мощным рычагом в хозяйственном подъеме области и дает пути для превращения Ленинграда в образцовый социалистический город.

Последовательность и логичность в постановке вопроса газификации торфа Ленинградской области, освещенная в работе Климова, дает основание акад. Г. М. Крыжановскому в предисловии к работе заявить:

«На основании своих конкретных и вполне обоснованных расчетов автор подводит нас вплотную к наиболее интересным проблемам реконструкции наших электроэнергетических установок с точки зрения химизации.

Весьма вероятно, что в ближайшей перспективе линия химизации явится решающей при проектировании наших энерго-промышленных комбинатов; настоящая работа является весьма ценной, как превосходная иллюстрация тех преимуществ, которые мы сможем этим путем реализовать. Это новый положительный, *качественный* сдвиг всей структуры нашей электро-энергетической базы» и далее: «проф. Климов идет в том направлении, которое естественно диктуется всем ходом нашего планового хозяйственного строительства».

Эта высокая оценка постановки вопроса широкой газификации торфа со стороны крупнейшего авторитета энергетики показывает, что и эта наиболее трудная проблема, имеющая крупное значение для

¹ Проф. Б. К. Климов, Проблема газификации и большая металлургия на торфе. Госхимтехиздат, Л. 1933.

нас в виду громадных запасов торфа в стране, выходит, наконец, из области дискуссии на практические рельсы.

Проектируемый в настоящее время газохимический комбинат займет крупнейшее место в ленинградской промышленности. Его стоимость определяется сотнями миллионов руб. Комбинат сильно двинет вперед использование местного топлива Ленинградской области, освобождая Ленинград от дальнепривозной нефти и каменного угля.

Первая очередь должна быть пущена в 1937 г. Этот гигант будет превращать в газ и химические продукты 1 млн. т торфа Тесово-Нетельских и Мшанских болот и 1700 тыс. т гдовских сланцев в год.

Один Газохимический комбинат будет сжигать больше местного топлива, чем сейчас добывает и сжигает вся Ленинградская область.

Смешанный торфосланцевый газ — основной продукт комбината, благодаря высокой калорийности найдет широкое применение в быте и промышленности.

Газ по газопроводам будет идти в мартены Ижорского завода, «Большевика», в цехи и квартиры районов Ленинграда.

Кроме газа, комбинат будет производить ряд весьма ценных побочных продуктов, в частности около 200 млн. штук кирпича из золы. Таковы общие контуры этого крупнейшего гиганта.

ГЛАВА V

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ ГАЗИФИКАЦИИ ТОРФА

Удобство газового топлива было оценено в достаточной степени еще в 40-х годах прошлого столетия, когда был применен колошниковый газ для отопления плавильных печей.

Уже тогда выявились основные преимущества газового топлива — возможность получения высоких температур, легкого регулирования пламени и возможность использования газа с высоким коэффициентом полезного действия.

И тогда же было отмечено и чрезвычайно важное преимущество газификации — *возможность превращать в газ низкоценные каменные угли и торф, не могущие быть использованными в обычных печах.*

Работы Фабера дю Фора, Бишофа и в особенности Эбельмана привели к созданию вполне применимой газовой печи и практически применимой конструкции газогенератора. Большое влияние на применение *торфяного* газа оказало развитие газовых двигателей. С 90-х годов и с начала текущего столетия получает распространение торфяной силовой газ в Германии в ряде конструкций газосасывающих генераторов — Кертинга, Герлицкого машиностроительного завода и др.

К тому же примерно времени нужно отнести изобретение Монда по получению азота из газа в виде аммиака и сульфат-аммония.

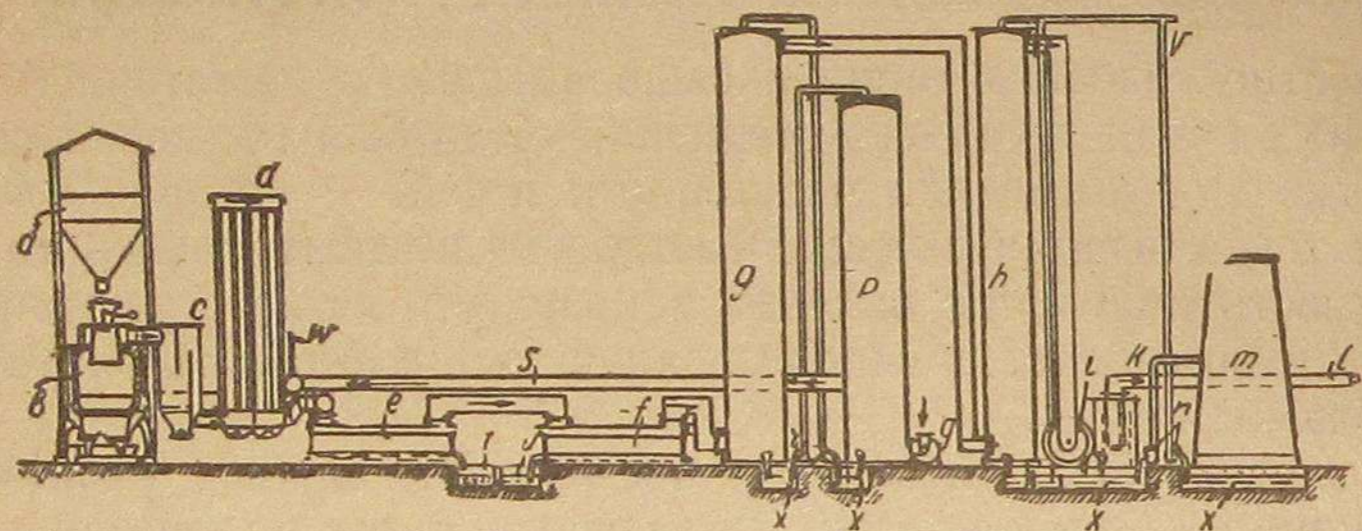
1. Газификация по способу Монда-Франко-Каро

Работами Грувена, Юнга и Рамзая было установлено полезное влияние водяного пара на процесс выделения аммиака, но только Людвиг Монд разработал необходимые приспособления для газификации, обеспечивающие высокий выход побочных продуктов. Им же установлено (для каменных углей), что достижение необходимой экономичности процесса возможно лишь при условии возвращения газогенератору больших количеств тепла, уходящих с газом, а поэтому наряду с очистительными установками установке придают еще и теплоулавливающие аппараты.

Кроме использования тепла отходящих газов, необходимо еще сильно подогреть воздух, поступающий в генератор, так как при разложении пара отнимается большее количество тепла и температура понижается, что увеличивает количество неразложившегося пара.

Схема установки Монда показана ниже.

Топливо поступает из бункера *a* в газогенератор *b*, к которому присоединен пылеуловитель *c*. Газ проходит далее в подогреватель дутья (он же теплоуловитель) *d*, где отдает часть своего физического тепла от 200 до 400° и нагревает циркулирующий в противоположном направлении через аппарат насыщенный паром газификационный воздух с 80 до 250°. Далее газ идет в смолоотделитель *e*, в котором газ пропускается через заполненное мельчайшими каплями воды (при посредстве специального распылителя) пространство и охлаждается при этом приблизительно до 90°, причем дополнительно насыщается водяным паром.



Фиг. 37. Схема установок Монда.

a—бункер; *b*—газогенератор; *c*—пылевой мешок; *d*—теплообменный прибор; *e*—смолоочиститель; *f*—поглотитель аммиака; *g*—первый охладитель; *h*—второй охладитель; *i*—ротационный газоочиститель; *k*—ударный очиститель (механический); *l*—отвод чистого газа; *m*—башенный охладитель; *n*—насосы для охлаждающей воды; *o*—вентиляторы для воздуха; *r*—насосы для охлаждения воды; *s*—воздухопровод; *t*—бак для сбора смолы; *v*—подача охлаждающей воды; *w*—подача пара; *x*—отстойник для охлаждающей воды; *p*—увлажнитель воздуха; *u*—бак для сбора воды.

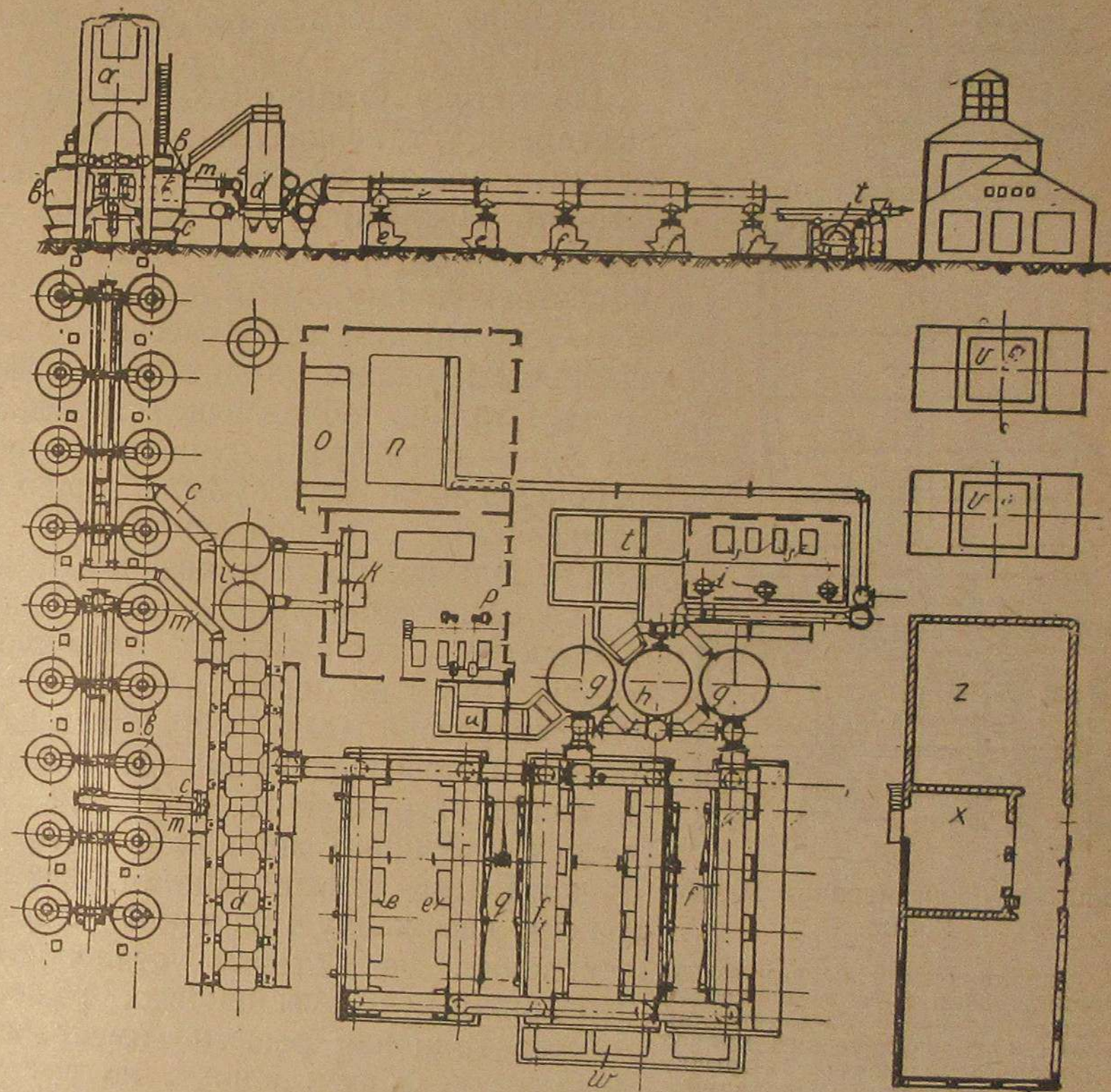
После этого газ промывается в покрытом свинцом аппарате *f* содержащим серную кислоту раствором, которым и связывается аммиак.

После промывки кислотой газ последовательно поступает в охлаждающие башни *g* и *h*, где он встречает тонко раздробленную охлаждающую воду. Чтобы использовать тепло газа, увлекаемое в первой башне, орошающей ее пространство водой, эта последняя перекачивается в третью башню *p*, в которую в обратном направлении подается газификационный воздух, нагревающийся при этом и насыщающийся водяным паром. Охладившаяся при этом вода снова перекачивается в охлаждающую башню, так что получается совершенно замкнутый кругооборот. Дутьевой воздух, насыщенный водяным паром, после того, как к нему примешивают еще потребное количество добавочного пара, проходит через подогреватель дутья *d* и достигает, наконец, пройдя по пути через полость двойных стенок газогенераторной шахты, дутьевой камеры газогенератора с корзинообразной решеткой.

Аналогично этому содержащая смолу охлаждающая вода второй башни *h* не выбрасывается, но перекачивается через охладительную башню *m* для доведения ее до температуры атмосферного воздуха, после чего она снова возвращается в процесс. Покинув вторую башню, газ достигает через вращающийся промыватель *i* водоотделителя *k*,

в котором происходит очистка газа, после чего он поступает в линию под давлением.

В виду того, что газ предназначен для работы газовых машин, его еще дополнительно пропускают через очиститель с опилками, чтобы удалить из газа последние остатки смолы и влаги.



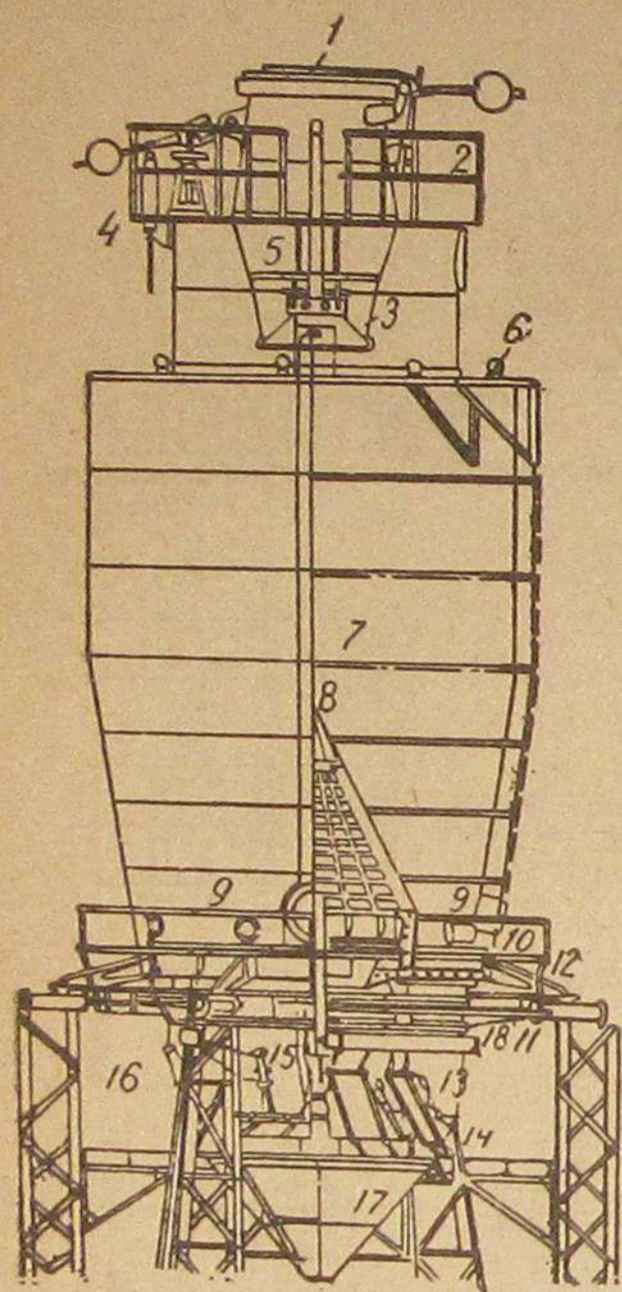
Фиг. 38. Установка Монда.

a—бункер; *b*—газогенератор; *c*—газовая магистраль; *d*—теплообменный прибор (перегреватель); *e*—смолоочиститель; *f*—поглотитель аммиака; *g*—первый охладитель; *h*—второй охладитель; *i*—ротационный газоочиститель; *k*—центробежный вентилятор; *l*—увлажнитель воздуха; *m*—воздухопровод; *n*—паровой котел; *o*—подогреватель; *r*—грибные моторы; *q*—трансмиссия для поглотителей аммиака; *s*—насосы для охлаждающей воды; *t*—отстойник для охлаждающей воды; *u*—отстойник для оборотной воды; *v*—башенный охладитель; *w*—бак для сбора раствора; *x*—установка для получения сульфата; *y*—склад сульфата; *r*—насосы для оборотной воды.

На фиг. 38 дается пространственное размещение газоцентрали, работающей по способу Монда, производительностью около 350 т топлива со всеми вспомогательными установками, устроенной с таким расчетом, чтобы к ней подавалось необходимое сырье: топливо, вода и кислота.

Существенным дополнением первоначального способа Монда является метод Франко-Каро, давший возможность применять способ Монда к торфу и бурым углям.

Этот метод характеризуется подогревом паровоздушной смеси при помощи специальных перегревателей и самостоятельными топками, так как собственно тепла газа при газификации низкосортных топлив для этой цели в виду их низкой температуры недостаточно; такой самостоятельный подогрев ведут до температуры 350°.



Фиг. 39. Газогенератор Риччи-Гоццо.

1 — гидравлический затвор загрузочной коробки; 2 — гидравлический привод затвора; 3 — конический затвор; 4 — гидравлический привод конического затвора; 5 — рычаг для маневрирования гидравлическими приводами; 6 — шарики для закрытия смотровых люков; 7 — шахта генератора; 8 — неподвижная коническая решетка; 9 — смотровые люки; 10 — лаз; 11 — горизонтальные заслонки или клапаны; 12 — гидравлический привод клапанов; 13 — места выгрузки золы (зольные мешки); 14 — клапанные дверки зольных мешков; 15 — гидравлический привод клапанных дверок; 16 — рычаг для управления гидравлическими приводами клапанов и дверок; 17 — конус для выгрузки золы в вагонетки; 18 — коммуникация для выпуска смеси воздуха и пара.

По методу Франко-Каро была осуществлена установка в Оснабрюке (Германия) и ряд значительных установок в Италии. Последние представляют для нас особый интерес в виду того, что как по составу своему, так и по содержанию золы итальянские торфа весьма близко подходят к нашим украинским торфам.

В Италии, обладающей небольшими залежами торфа, лучшим способом использования торфа была признана газификация с целью получения газа для использования его под котлами и в газовых двигателях и побочных продуктов — сернокислого аммония и смолы. Для этих целей основным типом газогенератора был выбран генератор большой производительности с гидравлической загрузкой и удалением золы системы Риччи-Гоццо. Газогенератор Риччи-Гоццо имеет цилиндрическую шахту, насаженную на такой же формы основание, на котором установлено 8 неподвижных колосниковых решеток.

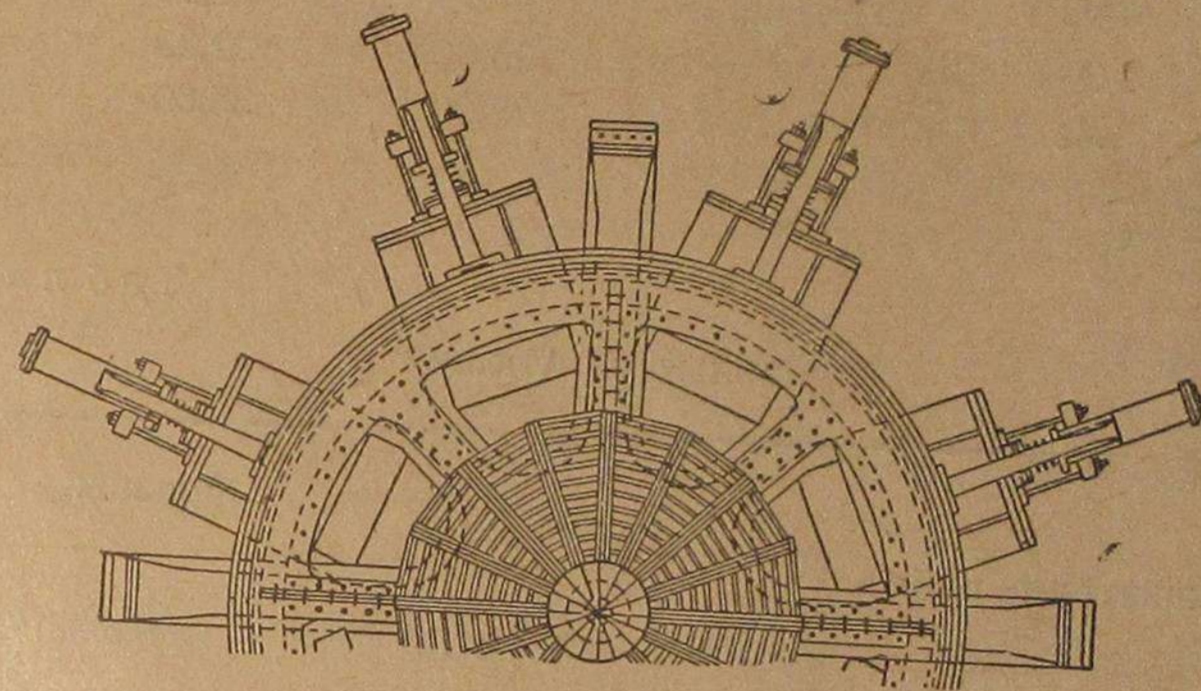
Колосниковая решетка имеет пирамидальную форму. Внизу, по трубе 18 вводится смесь воздуха и пара. Шахта 7 имеет высоту 7,5 м, а в диаметре 5 м., загрузка торфа составляет 3 — 5 т в час. Загрузочная воронка, рассчитанная на максимальную погрузку, вделана в верхнюю суживающуюся цилиндрическую часть. Приемная воронка газогенератора имеет двойной затвор: верхний — крышка 1 и внутренний — рычажная колоколообразная заслонка 3.

Оба затвора работают гидравлическим

способом и рычагами 2 и 4, а в движение приводятся регулятором 5. Ручной рычажный прибор 5 работает одновременно для верхней и внутренней крышки таким образом, что при открывании крышки 1 внутренняя 3 остается закрытой, и наоборот.

В нижней части газогенератора устроен усеченный конус с восемью зольниками.

Каждая из зольных камер имеет двойной затвор. Перед поступлением в зольную камеру зола от топлива собирается в кольцевом пространстве между пирамидальной колосниковой решеткой и стенкой шахты. Зольные камеры перекрываются с помощью шибера и управляются гидравлически. Гидравлическое управление загрузкой топлива и выгрузкой золы обеспечивает автоматичность и безукоризненность работы газогенератора, максимально сокращая обслуживание.



Фиг. 40. Решетка газогенератора Риччи-Гоццо.

Ниже приводим данные по газификации итальянского торфа. (см. стр. 96).

Средний выход газа составлял 2 м³ на 1 кг сухого торфа. Коэффициент полезного действия:

Термический	82,0%
Газификации	71,7%
За вычетом пара и пр.	69,7%

Содержание сульфат-аммония составляет 24,2 г на 1 м³ или, что тоже, 45 кг с 1 т воздушно-сухого торфа. Это соответствует использованию 65—70% азота в торфе.

В Италии был осуществлен ряд предприятий с газификацией торфа по методу Франко-Каро:

1. В «Торре дель Ляго» с производительностью 100 000 т воздушно-сухого торфа с использованием газа для нужд электрической станции.

2. В Орентано — недалеко от гор. Лукка в Тоскане — предприятие работало около 10 лет и закрылось вследствие истощения запасов торфа.

3. В Кодигоро имелось 6 газогенераторов, газифицирующих 180 т торфа в сутки.

4. В Мозно в провинции Монтуя установка газифицировала в газогенераторах Риччи-Гоццо 30 000 т воздушно-сухого торфа, причем получалось 38 млн. м³ газа в год, идущего на отопление кирпичных

Сжигание торфов—507—7

Таблица XXIII
Характеристика торфа

Состав	Образцы	
	№ 1	№ 2
C _c	43,12	37,00
H _c	4,27	3,67
N _c	1,75	1,50
O _c + S _c	25,86	22,23
A _c	25,00	35,60

Таблица XXIV

Данные испытания

Показатели работ	Образцы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Загрузка	Малая	Средняя	Полная	Перегрузка
Продолжительность испытания в часах	24	20	16	21
Подано				
Сухого торфа (т)	2,14	2,58	3,26	4,40
Воздуха (м ³ /час)	2845	3450	4350	5854
Пара (кг/час)	1860	1980	2480	3270
Давление водяного столба (мм)	-345	-410	-450	-640

Таблица XXV

Состав газа

№ образцов	1	2	3	4	Среднее
CO ₂	7,4	8,7	8,1	8,8	8,2
CO	22,0	20,3	20,2	20,0	20,6
H ₂	16,7	18,1	17,7	17,7	17,6
CH ₄	5,1	5,4	4,5	5,9	5,4
N ₂	48,8	47,5	49,5	47,6	48,2
Теплотворная способность (кал м ³)	1115	1224	1160	1237	1184

заводов и известково-обжигательных печей. При этом получалось 1700 т сернокислого аммония и 1000 т смолы.

5. В Копальбио — небольшой установке, газифицирующей 3600 т воздушно-сухого торфа, газ используется для котельной теплоэлектростанции в 4000 квт.

Газификация торфа по методу Франко-Каро в других странах дала такие результаты:

В Вестфалии выход сернокислого аммония из торфа, содержащего 1,15% азота, достигал 40 кг на 1 т сухого торфа.

В Винингтоне (Англия) из торфа с влажностью в 40%, содержащего золы 15,2% и азота 1,62%, было получено 1,78 м³ газа на 1 кг сухого вещества с теплотворной способностью 1300 кал/м³ и 55 кг сернокислого аммония на 1 т сухого вещества.

На электростанции около Оснабрюка генераторы дают 2,5 м³ газа на 1 кг сухого вещества, что соответствует использованию 75% азота торфа.

Характерной особенностью газогенераторов, работающих по способу Франко-Каро-Монда, является то, что они допускают работу с различными нагрузками, в частности значительную форсировку без заметного влияния на состав газа.

2. Получение генераторного и смешанного газа в СССР и на Украине

Получение генераторного и смешанного газа из торфа в СССР получило сильное развитие только в последние годы, когда было приступлено к социалистической реконструкции промышленности.

До этого газификация торфа была развита слабо: торфяные газогенераторы в смеси с дровами работали на Выксунском и Кулебакском заводах и на ряде небольших стекольных заводов.

Газогенераторные силовые установки на торфе установлены были в Рязанской губ. (Мушинская суконная фабрика) мощностью около 300 л. с., в Боровичах мощностью в 75 л. с. (мукомольная фабрика), в Горьком в 100 л. с. (бумаготкацкая фабрика) и др.

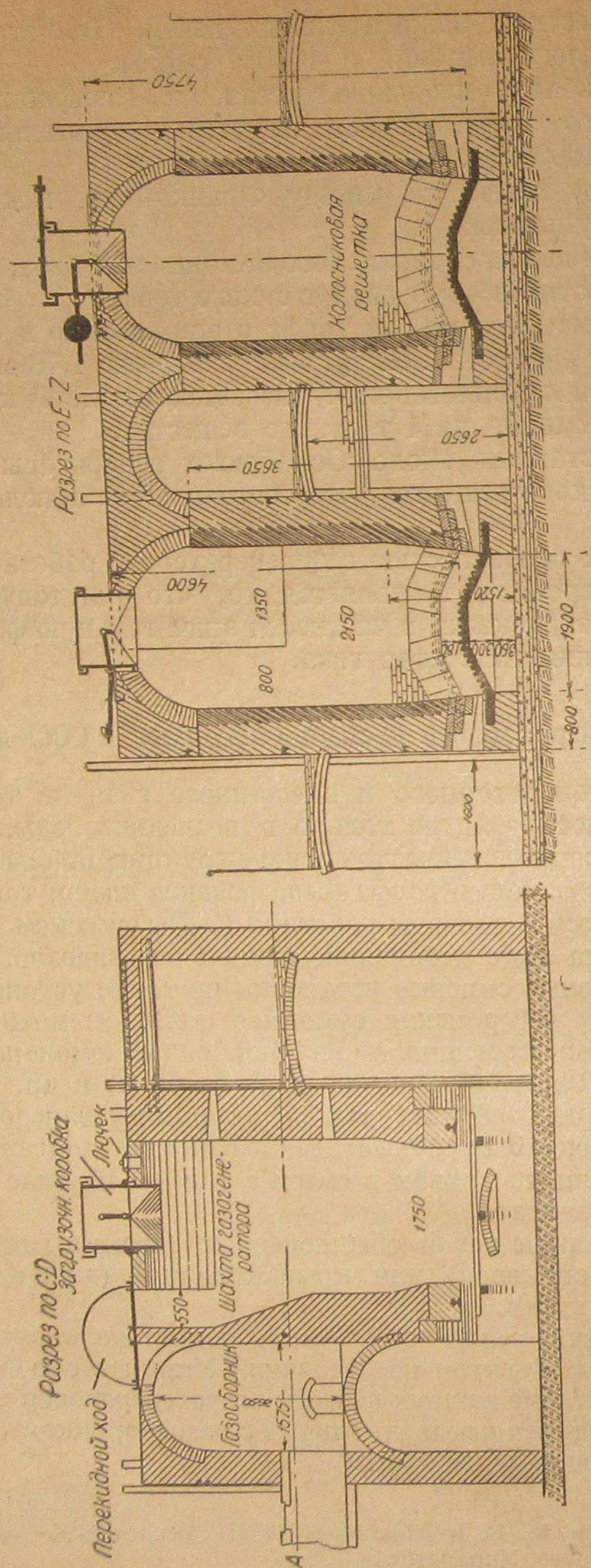
На Украине ряд торфяных газогенераторных установок, так называемых «самодувок», был осуществлен и работают до настоящего времени на торфе или на дровах в смеси с торфом на ряде стекольных и керамических заводов.

Они представляют собой обыкновенные шахтные газогенераторы с простой (колосниковой) или крышеобразной (дахрост) решеткой с естественным дутьем.

Одна из таких установок на Быковском стекольном заводе (см. фиг. 41) служила объектом исследования Укринсторфа в 1933 г.¹

Установка состояла из двух шахтных газогенераторов прямоугольного сечения, соединенных в одно целое с газосборником, непосредственно примыкающим к шахтам.

¹ Инж. Канторов М. В. и инж. Кудя Г. И., Исследование газогенератора воздушного газа. Труды Укринсторфа 1933.



Фиг. 41. Газогенераторная установка на Быковском стекольном заводе (Киевская область, Мархлевский район).

Внизу каждой шахты располагалась крышеобразная колосниковая решетка, к которой имеется доступ со всех четырех сторон. Последнее обстоятельство значительно облегчает возможность правильного ведения зоны горения при многозольном торфе, особенно при пониженной температуре ее плавления.

Данные исследования

Состав торфа:

C _c	50,15 ⁰ / ₀	N ₂ ^c	2,04 ⁰ / ₀
H ₂ ^c	7,10 ⁰ / ₀	O ₂ ^c	26,56 ⁰ / ₀
S _c	0,14 ⁰ / ₀	A _c	14,01 ⁰ / ₀
		Всего	100 ⁰ / ₀

$W_p = 27,3\%$

Средний состав полученного газа (сухой газ):

CO ₂	4,8 ⁰ / ₀	CH ₄	7,3 ⁰ / ₀
C _m H _n	0,3 ⁰ / ₀	H ₂	8,3 ⁰ / ₀
O ₂	3,3 ⁰ / ₀	N ₂	57,4 ⁰ / ₀
CO	18,6 ⁰ / ₀	Всего	100 ⁰ / ₀

Q_H^p газа = 1445 кал/м³

Выход газа:

Сухого	1,82 м ³ с 1 кг
Влажного	2,29 » » 1 »

Термический коэффициент полезного действия 76,7%.

До последнего времени использованию смолы, получающейся как побочный продукт при газификации, не придавалось большого значения; более того, от смолы стремились избавиться в самом процессе газификации, так как это позволяло применять упрощенные газоочистительные установки.

Однако, в течение последних десятилетий экономика стала предъявлять к газификации новые требования в смысле получения побочных продуктов.

Это заставило пойти по линии создания таких конструкций газогенераторов, которые позволяли бы получать большие выходы неразрушенных и не подвергавшихся действию высоких температур так называемых первичных смол.

Появились различные типы газогенераторов с надстроенной швельшой шахтой, служащей для предварительного полукоксования топлива.

К этим типам газогенераторов для бурых углей и коксового торфа нужно отнести газогенераторы Всеобщей компании газификации в Германии (AVG), газогенераторы Франке-Верке, Пинча и др.

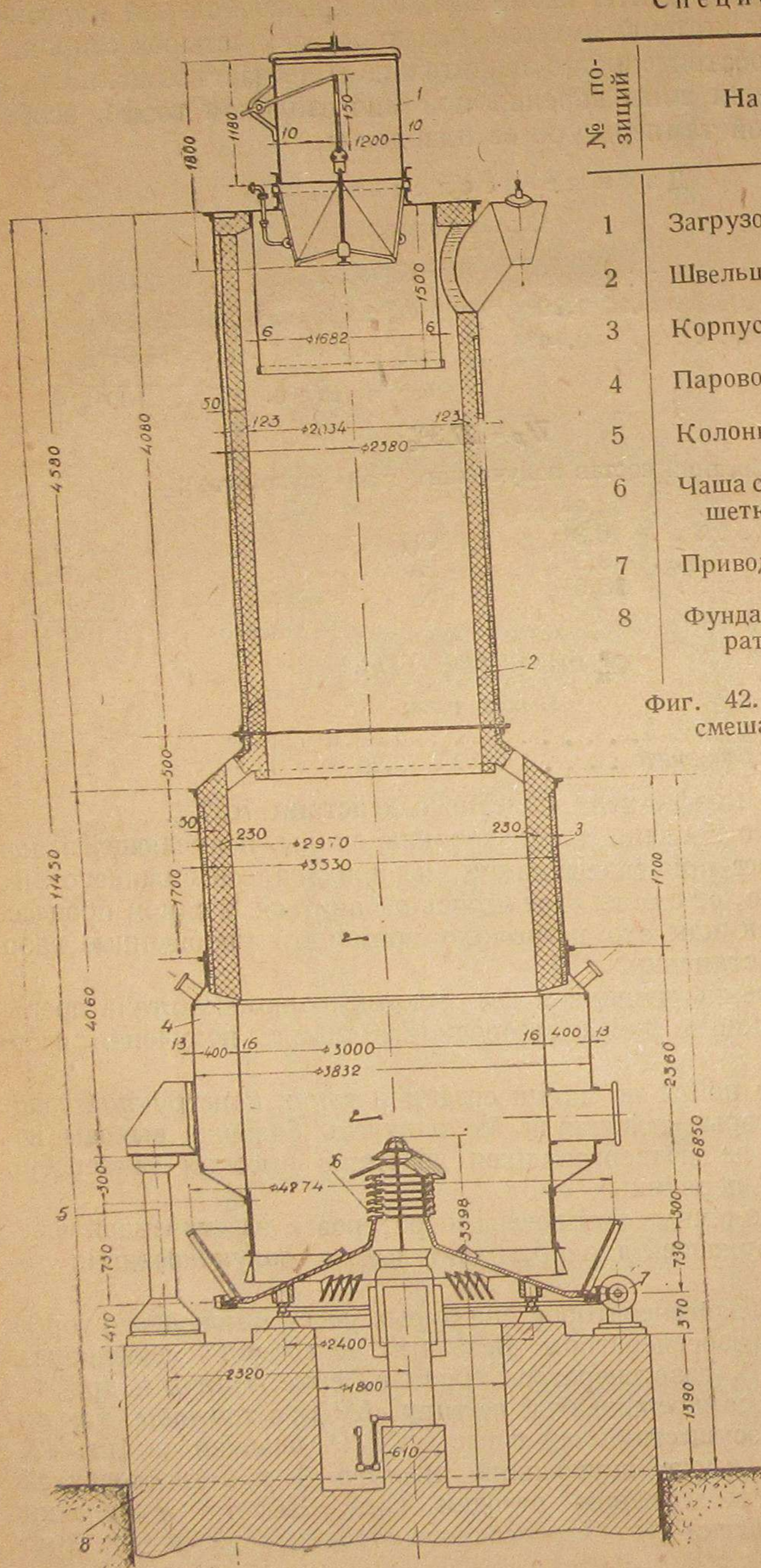
Газогенератор со швельшой по типу «AVG» в том виде, как он проектируется и осуществляется у нас в СССР, показан на фиг. 42.

Газогенератор имеет внутренний диаметр 3 м с швельшой диаметром 2,034 м и одним отводом газа. Высота от головки колосниковой решетки до газоотводного отверстия составляет 7 м.

Спецификация

№ позиции	Наименование
1	Загрузочная коробка
2	Швельшахта
3	Корпус газогенератора
4	Пароводяная рубашка
5	Колонна газогенератора
6	Чаша с колосниковой решеткой
7	Привод чаши
8	Фундамент под газогенератор

Фиг. 42. Газогенератор смешанного газа.



остью желе-
ахты. Он же
газ. Газогенераторной
рубашка по-
загрузочной

5,0 — 50,0 т,
4,0 — 87,0%
1550 кал/м³.
ий торф нор-

00 м³ газа и

по положено
торная уста-
устальном.
им. Бодаева
в Горьком,

ов для ряда
люминиевого
их.
огенераторов
е: из 48 га-

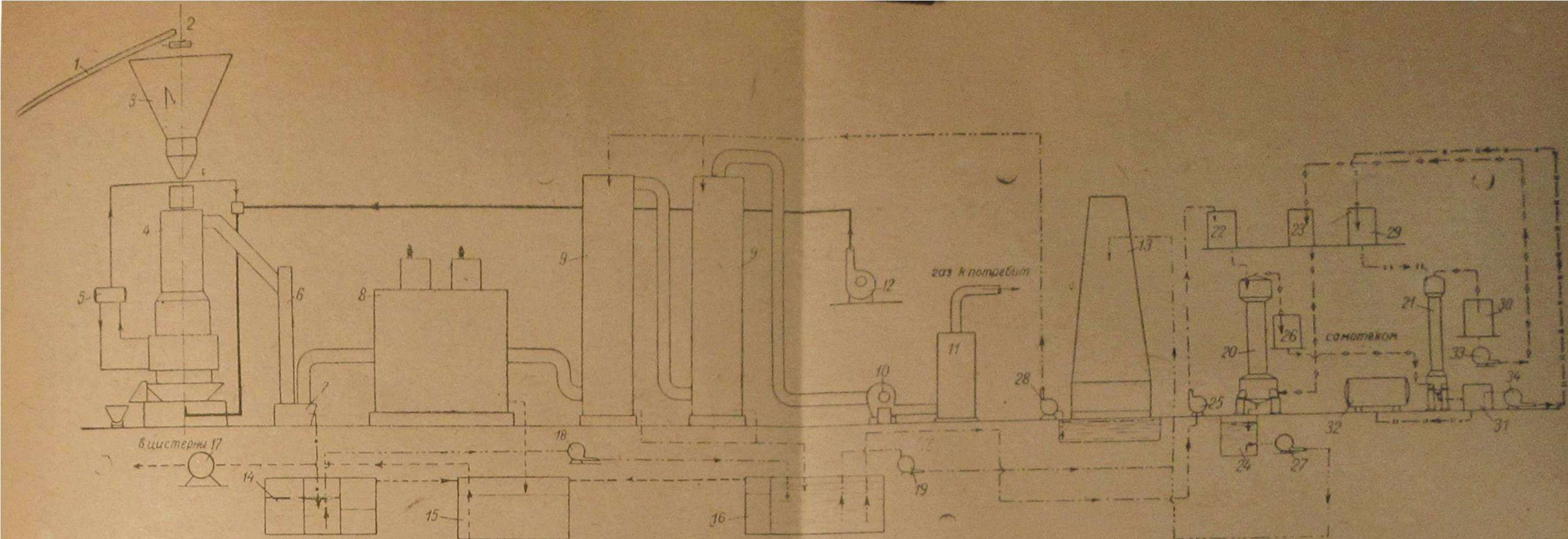
вки смешан-
ляется в на-

ром подается
ранспортером
редством осо-
загрузочную
ом: верхним
окола.

ге (газифика-
циркуляцион-
им у каждого
д, и сухопар-

а паровозду-

и для созда-
нке во время



Спецификация

№ позиции	Наименование	№ позиции	Наименование
1	Наклонный транспортер	19	Насос для подачи воды на градирню
2	Горизонтальный транспортер	20	Промывная башня
3	Бункер	21	Регенерационная башня
4	Газогенератор	22	Напорный бак для воды на дефеноляцию
5	Паросборник	23	Напорный бак для легкого торфяного масла
6	Стойка	24	Сборный бассейн обесфеноленной воды
7	Гидравлический затвор	25	Насос для подачи воды
8	Электрофильтр	26	Промежуточный сборник для масла на регенерацию
9	Скруббер	27	Насос для подачи обесфеноленной воды на градирню
10	Газосос	28	Насос для подачи воды с градирни на скрубберы
11	Каплеуловитель	29	Напорный бак для щелочи
12	Вентилятор для воздуха	30	Промежуточный сборник для обесфеноленного масла
13	Градирня	31	Промежуточный сборник для фенолята
14	Отстойная яма	32	Сборник для фенолята
15	Смоляная яма	33	Насос для подачи обесфеноленного масла в напорный бак
16	Водяная яма	34	Насос для подачи фенолята в напорный бак для щелочи
17	Смоляной насос		
18	Водяной насос для перекачки воды из отстойной ямы в водяную яму		

Условные обозначения

—	водяной пар	—	вода на градирню, на скрубберы, из отстойной ямы в водяную яму
—	воздух	—	вода обесфеноленная на градирню
—	подсмоляная вода с гидравлик	○	торфяное масло
—	смола		фенолят
—	вода со скрубберов в водяную яму и на дефеноляцию		

Фиг. 43. Схема установки смешанного газа.

Высота слоя топлива поддерживается постоянной помощью железного цилиндра, подвешенного в верхней части швельшахты. Он же предохраняет от пыли уходящий в отводное отверстие газ. Газогенератор снабжен вращающейся на шариковой опоре колосниковой решеткой по типу Коллера с фрезерным поддоном.

В нижней шахте-газификаторе имеется пароводяная рубашка поверхностью нагрева 18 м^2 .

Загрузка топлива — ручная, периодическая. Емкость загрузочной коробки — $0,6 \text{ м}^3$. Золоудаление — мокрое.

Основные характеристики газогенератора:

1. Пропускная способность газогенератора в сутки $45,0 — 50,0 \text{ т}$,
2. Термический коэффициент полезного действия $84,0 — 87,0\%$,
3. Теплотворная способность газа (низший предел) 1550 кал/м^3 ,
4. Выход газа: $1,55 — 1,6 \text{ м}^3/\text{кг}$, считая на малозольный торф нормальной влажности.
5. Выход смолы — $7,0\%$ по весу топлива.
6. Напряжение сечения газогенератора 298 кг/м^2 .

Каждый газогенератор дает ежедневно около $75\,000 \text{ м}^3$ газа и 3500 кг смолы.

Начало широкого развития газификации торфа было положено в 1929 году, когда была пущена первая крупная газогенераторная установка, состоящая из 8 газогенераторов «AVG» в Гусе-Хрустальном.

После этого осуществлены установки на стеклозаводе им. Бодаева в Саблино и «Дружная Горка» в Ленинграде, в Гомеле, в Горьком, в Н. Выксе, в Тагиле и в ряде других городов.

Запроектированы установки торфяных газогенераторов для ряда крупных предприятий, в том числе для Тихвинского алюминиевого комбината, Ленметаллургстроя, Сормово и многих других.

Частично осуществлена крупнейшая установка газогенераторов на машиностроительном гиганте Союза — Уралмашстрое: из 48 газогенераторов пущена первая очередь.

Схема типичной торфяной газогенераторной установки смешанного генераторного газа в том виде, как она осуществляется в настоящее время, показана на фиг. 43.

Торф по эстакаде наклонным ленточным транспортером подается вверх газогенераторного корпуса, где горизонтальным транспортером распределяется по бункерам над газогенераторами. Посредством особого затвора у воронки бункера торф сбрасывается в загрузочную коробку газогенератора, снабженную двойным затвором: верхним в виде крышки и нижним в виде конусообразного колокола.

Газогенератор со швельшахтой имеет в нижней шахте (газификаторе) пароводяную рубашку, которая помощью двух циркуляционных труб сообщается с паросборником, устанавливаемым у каждого газогенератора и служащим питателем, с одной стороны, и сухопарником, с другой.

Пар от паросборника используется для образования паровоздушной смеси, вдуваемой под решетку газогенератора.

При недостаточности образующегося количества пара и для создания паровых завес у шуровок и в загрузочной воронке во время

опускания колокола имеется отдельная паровая магистраль, подающая пар из котельной под давлением.

Шлак и зола из газогенератора удаляются посредством вращающейся решетки типа Коллера, имеющей коническую поверхность с расположенными на ней гребками-фрезерами; в центре ее помещается чепец для паровоздушного дутья.

Решетка скреплена с чашей, наполняемой водой, образующей гидравлический затвор. Вся эта система приводится в движение через редуктор и червячную или фрикционную передачу от индивидуального мотора.

Воздух для дутья подводится вентилятором. Образующийся в верхней части газогенератора газ направляется в вертикальный стояк. Из стояка газ поступает в гидравлический затвор, непосредственно примыкающий к коллектору сырого газа и служащий для выключения газогенератора.

Из гидравлических затворов газ по коротким патрубкам поступает в коллектор сырого газа и далее в газоочистку — на электрофильтры и в скрубберы.

Электрофильтры (пластинчатые с горизонтальным ходом газа) служат для отделения основной части находящейся в газе смолы; на случай аварий их имеется возможность обходным газопроводом пускать газ из коллектора сырого газа непосредственно в скрубберы. Смола из стояков и электрофильтров поступает в смолохранилище. Скрубберы имеют двух ступеней: в первой ступени газ охлаждается до 50°C, в скрубберах второй ступени — до 30°C.

Охлажденный газ засасывается газососами и далее нагнетается через каплеуловители к потребителю.

Вода, орошающая скрубберы, направляется в отстойную яму, откуда насосом снова возвращается в скрубберы. Таким образом, цикл воды замкнутый.

Часть воды из цикла постоянно отбирается и подается отдельным насосом на дефеноляционную установку для выделения из нее накопившихся уловленных фенолов.

Обесфеноленная вода снова возвращается в цикл.

Смола, выделяющаяся в скрубберах, попадает в отстойные ямы; более легкая по удельному весу смола всплывает на поверхность и удаляется через сливное окно в смолохранилище.

Вода же откачивается насосом на градирню.

По мере наполнения смолохранилища смола из него перекачивается отдельным насосом в железнодорожные цистерны для эвакуации с завода.

Получение смешанного генераторного газа из кускового торфа нужно считать в СССР вполне освоенным.

3. Получение двойного и высококалорийного газа

Газ Монда и смешанный генераторный газ являются газами бедными с невысокой теплотворной способностью; отсюда их нетранспортабельность; экономический радиус передачи их ограничен 2 — 3 км,

максимум 5 км. Для передачи же газа с болот к промышленным центрам требуется газ высокой калорийности с содержанием не менее 3000 кал/м³.

В этом отношении имеет место аналогия с различными видами твердого топлива — чем выше теплоценность того или иного вида топлива, тем больше, естественно, его транспортабельность. Потому то правильно было бы назвать газы Монда и генераторный газ газами местными. По Мюллеру и Кемперу¹ мы имеем такую сравнительную стоимость отдельных технических газов в Германии.

Таблица XXVI

Род газа	Калорийность (кал/м ³)	Стоимость 1000 кал (пфеннигов)			
		на заводе	в 40 км от завода	в 100 км от завода	в 200 км от завода
Светильный газ	5500	0,91	0,96	1,04	1,18
Водяной газ	2900	0,69	0,79	0,95	1,21
Генераторный газ	1200	0,58	0,83	1,21	1,83

Мы видим, что на месте наиболее дешев генераторный газ (высокий к. п. д.), но уже в 40 км от завода он уступает место водяному, а с увеличением газопередачи эта разница становится еще резче.

Для наших условий это положение проявляется еще более резко.

Существующие для получения двойного водяного газа генераторы основаны на самых разнообразных методах и конструкциях и базируются на получении так называемого водяного газа (смесь CO и H₂, практически с добавкой и CO₂).

Водяной газ раньше получался исключительно из кокса и лишь в 1913 г. проф. Штрахе удалось получить этот газ из низкоценных бурых углей.

Генератор Штрахе (см. фиг. 44) состоит из двух частей — в верхней B топливо подвергается сухой перегонке; образовавшийся кокс опускается в нижнюю часть B на колдсниковую решетку Г.

На последней раскаленный кокс действием водяного пара переводится в водяной газ, для чего в нижнюю часть B через зону кокса попеременно вдувают сильно подогретый воздух (горячее дутье) и пар (холодное дутье).

Периодическое дутье горячим воздухом (обычно в течение 1½—2 мин.) вызывает сжигание части кокса, за счет чего сильно раскаляется весь слой его в шахте B, вслед за этим пропускается перегретый водяной пар, в результате чего получается водяной газ.

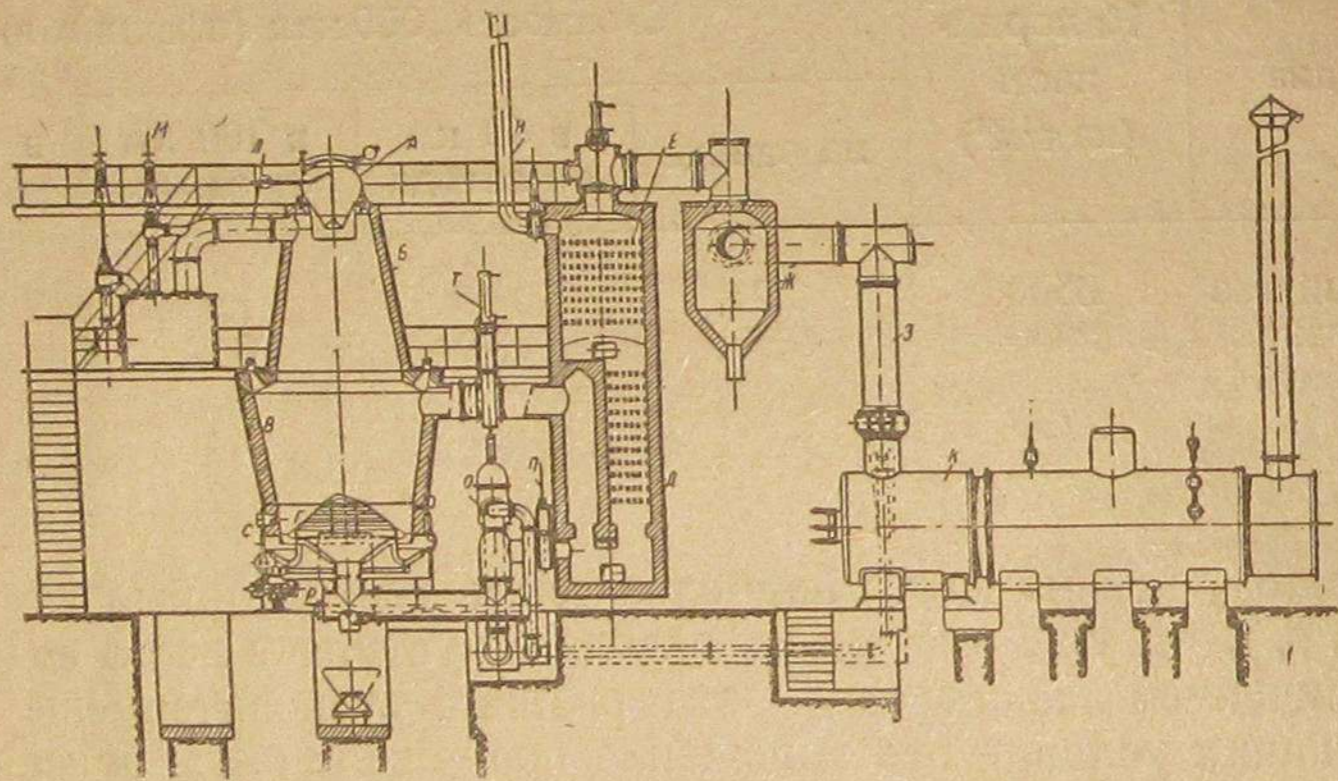
Так как взаимодействие раскаленного кокса и водяного пара требует затраты значительного количества тепла, дутье паром ведут только около 8 мин., после чего цикл повторяется.

¹ Мюллер, Technische gase, 1928; Кемпер, Gasferuversorgung, 1930.

Воздушное дутье ведут только через слой кокса; полученный газ воздушного дутья, содержащий определенное количество горючих частей, направляется в регенератор *E* для отдачи физического тепла и частичного сжигания, а оттуда в котел *K* для окончательного дожигания.

Паровое дутье, дающее в нижних зонах генератора водяной газ, ведут через всю шахту.

Образующийся в нижней шахте сильно нагретый водяной газ поднимается во вторую верхнюю шахту генератора, где производит швелвание загружаемого торфа; в результате и получается двойной водяной газ — водяной газ + газ сухой перегонки — швельгаз.



Фиг. 44. Схема газогенераторной установки двойного газа завода Шкода.

Получение двойного водяного газа из торфа имеет в условиях СССР исключительно большое значение, так как он является одним из важнейших факторов в деле рациональной реконструкции топливного хозяйства (внедрение торфа в крупную промышленность; высвобождение нефти, имеющей значительную экспортную ценность, и другие).

Добывание двойного газа по методу Штрахе получило за последние годы широкое развитие — за короткое время построено несколько сот газогенераторов типа Штрахе на заводах Шкода в Чехо-Словакии, Бамага и Пинча в Германии и Стеин-Тулли во Франции.

Газогенераторы системы Штрахе установлены на ряде городских газовых заводов Европы (в Вене, Риме, Фиуме, Гельсингфорсе, Хемнице) и Азии (Токио), причем двойной газ широко используется для промышленных и бытовых нужд.

Указанные установки осуществлены, главным образом, для бурого угольных брикетов и каменных углей, причем получающийся двойной газ чаще всего примешивается к каменноугольному ретортному газу.

Весьма интересны опыты получения высококалорийного газа на городском газовом заводе в Касселе. В реторту для повышения

выхода газа вводится водяной пар, который предварительно охлаждает кокс, подлежащий удалению из реторты.

1 т бурого угольных брикетов дает 750 м³ газа теплопроизводительностью в 3800—4000 кал, 350 кг кокса, теплотворной способности в 6000 кал/кг и 15 кг бензина.

Ту же цель — получение высококалорийного газа из бурого угля с пирогенетическим расщеплением смолы и отъемом части кокса преследует опытная установка на газовом заводе в Галле.

Расщепление смолы здесь производится не в самой реторте, как это имеет место в касселевской установке, а в отдельной реторте при температуре около 800°C.

Установка представляет собой одну из старых ретортных печей завода, состоящую из 10 вертикальных реторт; 7 реторт работали, как коксовальные, остальные 3 были использованы для расщепления паров смолы, выходящих вместе с газами из первых 7 реторт. Внутри этих реторт имелась шамотная насадка, удлинявшая путь газов и паров смолы и воды.

Горячие газы по выходе из этих реторт использовались для подогрева водяного пара, который подавался в реторты для получения водяного газа. Теплопроизводительность получаемого газа достигала 4000 кал и выше.

В наших условиях более интересны пути получения высококалорийного газа по способу Шумахера.

В основу этого процесса положено получение водяного газа из кокса с одновременным пирогенетическим расщеплением бурого угольной смолы в самом генераторе в форме не пара, а тумана.

Во время процесса образования водяного газа в генераторе специальной конструкции форсункой подается в зону газификации смола, которая при температуре 700—800°C образует смоляной газ.

Теплопроизводительность карбюрированного газа зависит от количества расходуемой смолы и легко может быть доведена до 4200 кал.

На базе опытов в Галле по договору с Инсторфом автор этого способа проф. Ф. Франк провел при участии научного сотрудника Инсторфа Э. Э. Ивановского продолжительные испытания наших торфов из Редкино по комбинированному способу — получению кокса и газа.

В результате проведенных работ наметился такой метод работы.

Торф коксуется в непрерывно действующих вертикальных камерах с наружным обогревом, причем парогазовая смесь, т. е. смесь коксовального газа, водяных паров и паров дегтя, образующихся в верхней и средней частях камеры, просасывается через находящийся в нижней части камеры раскаленный кокс, играющий в процессе роль катализатора. В зависимости от интенсивности нагрева камеры и скорости пропускания коксуемого материала через нее меняется степень крекирования дегтя и коксовального газа.

При таком комбинированном способе возможно получение из торфа одновременно высококалорийного газа для коммунальных нужд и крепкого высококачественного металлургического кокса.

Метод отличается большой гибкостью: в одной и той же камере путем изменения ее режима — температуры, скорости пропускания

коксуемого материала и количества подаваемого пара — можно получить кокс, газ и деготь различного желательного качества.

Исходя из результатов опытов в Галле, Э. Э. Ивановский¹ считает возможным такое соотношение выходов кокса, газа и дегтя при желательном течении процесса.

Из 1 т торфа с влажностью в 10⁰/₀ получается:

1. Газа сухой перегонки	257 м ³
2. Крекинг-газа	128 »
3. Водяного газа	252 »
Всего	637 м ³

Газ с теплотворной способностью в 3500 кал/м³ содержит: CO₂ — 21,6⁰/₀ и H₂ — 43,5⁰/₀.

После вымывания углекислоты содержание последней в газе может быть доведено до 5,0⁰/₀, а водорода до 52,7% с теплотворной способностью свыше 4000 кал/м³, вполне отвечающей нормам для коммунального снабжения. Metallургического кокса при этом получится 29,9⁰/₀.

В наших украинских условиях при наличии торфов повышенной и высокой зольности комбинированный способ получения кокса и газа не может иметь практического значения, так как основной продукт, получающийся при этом, — кокс будет весьма низкого качества.

Наиболее реальным способом является получение двойного водяного газа из торфа с повышением его калорийности при необходимости его использования для коммунального снабжения оптимальным в каждом конкретном случае путем.

Генераторы двойного газа были испытаны на торфе дважды: в 1929 г. комиссией И. И. Радченко на заводе Шкода в Пильзене (Чехословакия) и в 1930 г. Ленкомгазом в Леобоне (Австрия).

Технические показатели, полученные при этих испытаниях, следующие:

Таблица XXVII

Показатели	Данные комиссии Радченко	Данные Ленкомгаза
1. Выход газа из рабочего торфа: ($W_p = 24^0/0$ при испытании комиссией Радченко) ($W_p = 17^0/0$; $A_p = 6,1^0/0$ при испытании комиссией Ленкомгаза) (в м ³ /т)	800	600
2. Теплотворная способность газа (кал/м ³)	2450—2940	3050—3150
3. Термический коэффициент полезного действия (%)	~ 70	~ 6
4. Выход смолы (0/0)	3	—
5. Напряженность генератора кг/м ² /час	300	—

Оба опыта при всей их непродолжительности показали несомненную возможность получать в указанных генераторах двойной водяной газ из торфа.

¹ Неопубликованный отчет Э. Э. Ивановского по заграничной командировке.

В развитие этих опытов за границей были проведены испытания на Московском газовом заводе. Испытания проводились Торфопродуктом (инж. Заикин Д. В.) вместе с Москогазом.

Для этой цели была использована наличная установка водяного газа системы Пинч. На генераторе водяного газа была надстроена швельшахта диаметром 1,3 м и высотой 4,4 м. На швельшахте установлена загрузочная воронка с конусным затвором. Карбюратор и перегреватель были разобраны шамотной заделкой соединительного патрубка и изменили свое назначение: карбюратор был превращен в пароперегреватель, а перегреватель — в аппарат для расщепления паров смолы и уксусной кислоты-крекер.

Установка была оборудована частично гидравлическим управлением и присоединена к паровому котлу, работающему на отходящих газах.

Кроме того установлены дополнительные газопроводы и подъемное устройство, состоящее из электротали и подъемных кубелей, а также проведены сети узкоколейных путей с установкой вагонеточных весов.

Процесс получения двойного водяного газа сводился к следующему: торф загружался в кубель и подвозился по узкоколейке к вагонеточным весам.

После взвешивания кубель с торфом подкатывался к месту подъема и поднимался электроталью на уровень загрузочной воронки элеватора. Из кубеля торф через загрузочную воронку поступал в верхнюю часть швельшахты и, опускаясь вниз, подвергался подсушке и швелеванию.

Собственно процесс газификации происходил в генераторной шахте, где поступающий из швельшахты полукокс подвергался попеременно воздействию воздуха и перегретого водяного пара.

Образовавшийся газ горячего дутья направлялся в пароперегреватель, где частично сжигался, а затем поступал в крекер, где окончательно дожигался, после чего продукты сгорания выбрасывались через выхлопную трубу наружу.

Образовавшийся в период газования двойной газ, проходя через швельшахту и отдав свое физическое тепло торфу, поступал вместе с швельпродуктами в крекинг, где происходил перегрев парогазовой смеси с одновременным расщеплением паров смолы и уксусной кислоты. Из крекинга двойной крекированный газ, предварительно охлажденный в оросителе, поступал в газгольдер.

Водяной пар, необходимый для получения газа, перегревался за счет физического тепла шамотной насадки в пароперегревателе и оттуда поступал под колосниковую решетку генератора.

Испытания установки продолжались около 1 месяца. В результате предварительной обработки полученных при испытании материалов установлены такие показатели работы газогенераторного агрегата.

Исходный торф

$$W_p = 27,9^0/0$$

$$A_c = 4,3^0/0$$

$$S_c = 0,27^0/0$$

$$Q_n^p = 3100 \text{ кал}$$

Содержание летучих — 61,9%.

Расход пара составлял 0,331 кг на 1 кг торфа.

Температура перегрева пара — 367°C.

Средние температуры

Двойного газа в швельшахте	79° С
Верхней части пароперегревателя	354° С
Нижней части пароперегревателя	1040° С
Нижней части крекера	1010° С
Верхней части крекера	671° С

Таблица XXVIII

Состав полученного двойного газа

Состав газа	Количественное содержание (%)	
	Колебания	Средние
CO ₂	14,1—21,6	18,9
C _m H _n	0,7— 1,8	1,5
CO	16,8—24,2	18,6
CH ₄	5,8—10,1	9,0
H ₂	48,0—51,0	49,1
N ₂	2,0— 4,1	2,9

Средняя теплотворная способность газа — 3030 кал/м³.

Удельный вес газа — 0,593.

Напряжение сечения газогенератора 500 кг/м²/час.

Производительность газогенератора при указанной выше влажности торфа 26,6 т в сутки.

Выход двойного газа доходил до 0,78 м³/кг, а в среднем 0,62 м³/кг.

Дальнейшим развитием работ по получению двойного газа из торфа являются работы Ленинградского филиала инсторфа. Еще в 1931 г. им была разработана опытная установка для Коломенского завода. Проект в основном был закончен и было приступлено к его осуществлению на территории этого завода. Но в виду отсутствия средств работы эти были приостановлены до 1933 г., когда НКТПромом было вынесено решение о сооружении опытно-промышленной установки на Ижорском заводе. Ленинградскому филиалу инсторфа поручена была доработка проекта, руководство монтажом и всестороннее исследование установки в течение 6 месяцев после пуска. В настоящее время проект совершенно закончен, проводится изготовление и монтаж установки и в первом квартале 1935 г. ожидается окончательный ее пуск.

4. Газогенератор и установка двойного водяного газа на торфе

Газогенератор двойного водяного газа спроектированный Ленфилиалом инсторфа и монтируемый на Ижорской установке показан на фиг. 45.

Газогенератор состоит из трех основных частей:

1. Верхней части — швельшахты, представляющей собой железный кожух высотой 6 м, обмурованный изнутри огнеупорным кирпичем. Диаметр швельшахты в свету 3 м.

образного железного, диаметр цилиндрической части огнеупорным

зоры толщиной 100 мм, алом.

конусной пильобразный нарост

двух основных дающей верхней карманы части решетки верхней вращаю-

я чаши — подъемных колос-

ит по такому же

ье, верхней —

лезных клепан-

го дутья, отво-

и швельшахты как из зольных куда он вычертается из генератора

водяного газа, а фиг. 46.

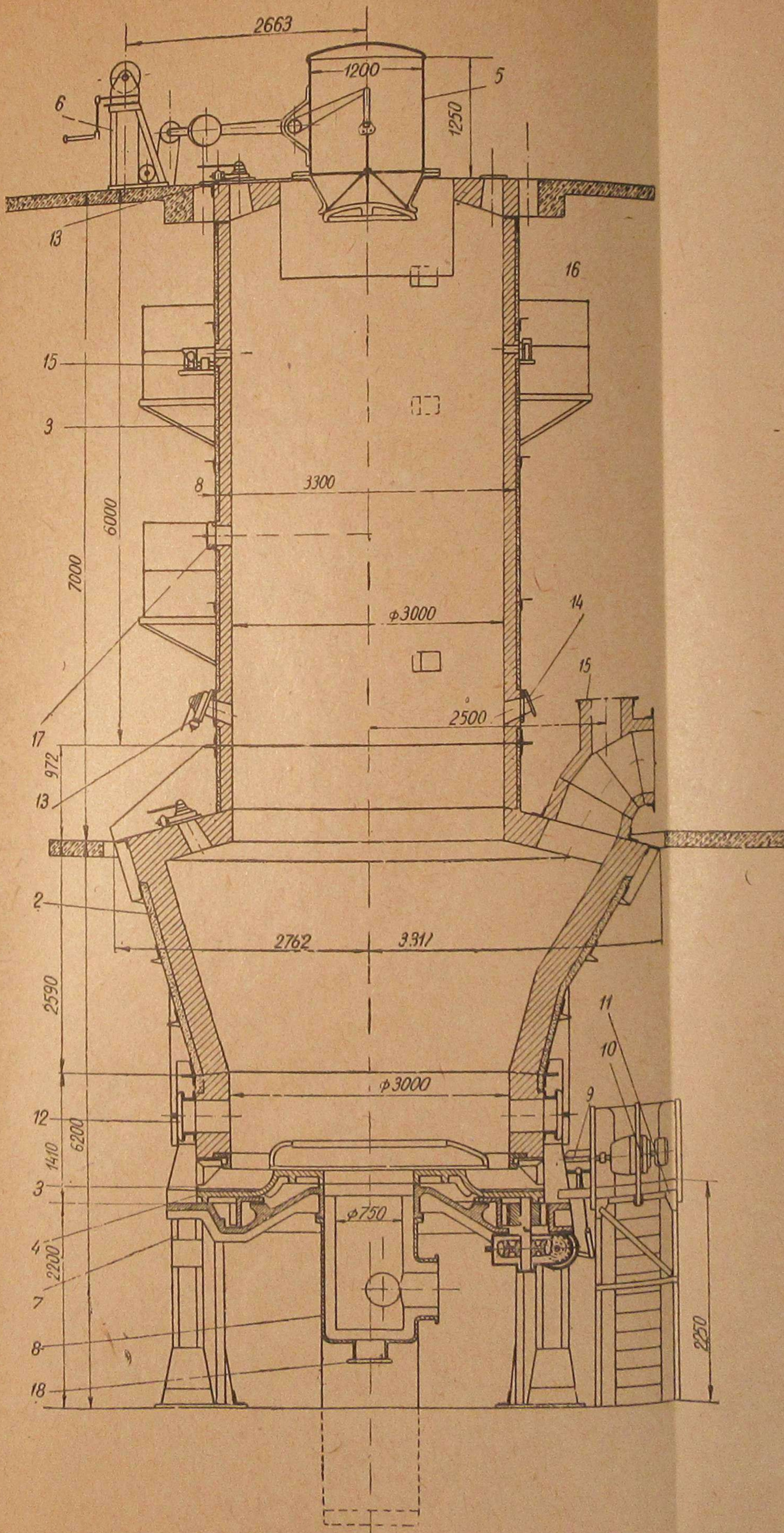
яного газа

ным подъемником над топли-

ручную к бунду кузова вагона рываются двух-

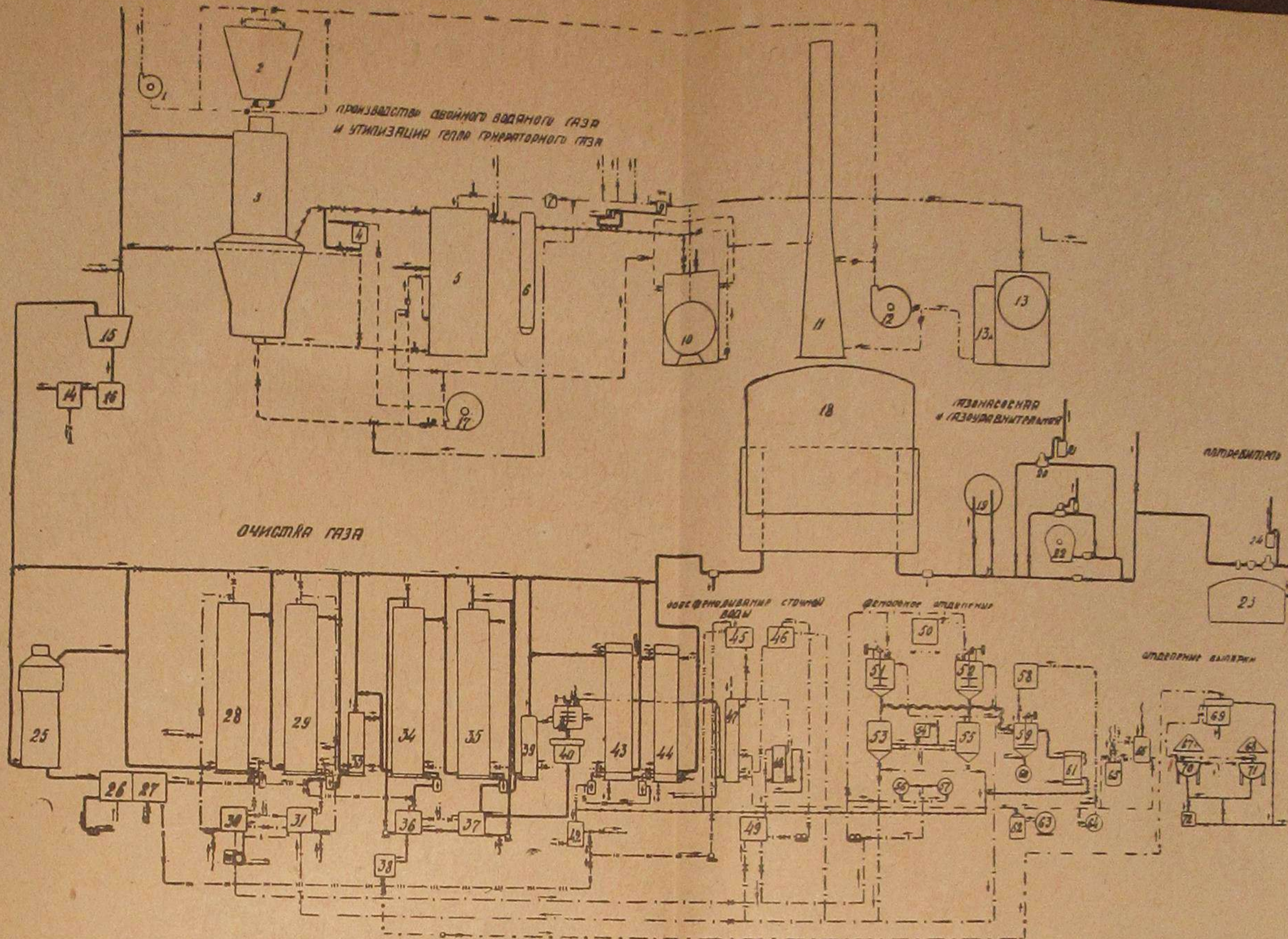
ми газами котельной;ым дымососом, вое физическое

Спецификация



№ позиций	Наименование
1	Кожух нижней части генератора
2	» средней » »
3	» шведьшахты
4	Решетка газогенератора
5	Загрузочная коробка
6	Лебедка к загрузочной коробке
7	Опора газогенератора
8	Тройник 980 × 650 × 600
9	Редуктор привода колосн. решетки
10	Электромотор
11	Площадка для привода колосников. решетки
12	Шлаковая дверь
13	Шуровочный лючек
14	Патрубок для шуров. лючка
15	Фотоэлемент
16	»
17	Дверца 200 × 300
18	» 200 × 300

Фиг. 45. Газогенератор двойного газа.



Спецификация

№ позиции	Наименование	№ позиции	Наименование
1	Дымосос	38	Яма для уксуснокислого кальция
2	Бункер	39	Капдеуловитель
3	Газогенератор двойного вод. газа	40	Фильтр
4	Горелка	41	Известковая смесь
5	Регенератор	42	Маслоуловитель
6	Пылевой мешок	43	Трубчатый холодильник
7	Рег. арка	44	« »
8	Конденсационный горшок	45	Напорный бак
9	Водоотделитель	46	« »
10	Котел-утилизатор	47	Колонка для обесфеноленной воды
11	Дымовая труба	48	Сепаратор
12	Дымосос	49	Бак для масла
13	Ланкаширский котел	50	Бак для щелочи
13а	Экономайзер	51	Реактор щелочи
14	Отстойная яма	52	« »
15	Гидравлика	53	Сепараторный отстойник
16	Приемник смолы и воды	54	Конденсационный горшок
17	Вентилятор	55	Сепараторный отстойник
18	Газгольдер	56	Маслосборник
19	Газовые часы	57	« »
20	Предохранительный клапан	58	Бак для серной кислоты
21	Выхлопной горшок	59	Реактор кислоты
22	Экстаустер	60	Приемник фенолов
23	Мартеновская печь	61	Холодильник
24	Выхлопной горшок	62	Акумулятор воздуха
25	Электрофильтр	63	Компрессор
26	Яма для смолы	64	Монжус кислотный
27	Отстойная яма	65	« щелочный
28	Скруббер масляный	66	Приемник щелочной
29	« »	67	Колпак
30	Бак для масла	68	« »
31	« »	69	Фильтр
32	« »	70	Выпарная чаша
33	Конденсационный горшок	71	« »
34	Капдеуловитель	72	Конденсационный горшок
35	Скруббер известковый		
36	« »		
37	Бак для известкового молока		
	« »		

Фиг. 46. Газогенераторная станция двойного газа.

Содержание легуч
Расход пара сост
Температура пере

С
Двойного газа в
Верхней части п
Нижней части п
Нижней части к
Верхней части к

С
Соста

CO₂ . . .
C_mH_n . . .
CO . . .
CH₄ . . .
H₂ . . .
N₂ . . .

Средняя теплотв
Удельный вес га
Напряжение сече
Производительном
ности торфа 26,6 т
Выход двойного г
Дальнейшим раз
торфа являются ра
в 1931 г. им была ра
завода. Проект в ос
осуществлению на т
средств работы эти
мом было вынесе
ной установки на
торфа поручена был
стороннее исследова
В настоящее время
вление и монтаж у
окончательный ее п

4. Газогенер

Газогенератор д
диалом инсторфа и
на фиг. 45.

Газогенератор с
1. Верхней час
зный кожух высот
пичем. Диаметр ц

2. Нижней части корпуса — газификатора, конусообразного железного кожуха (высота конусной части 2600 мм, диаметр цилиндрической части 1400 мм), облицованного изнутри огнеупорным кирпичем.

Между кожухом и кладкой швельшахты имеются зазоры толщиной 25 мм, между кожухом и кладкой газификатора толщиной 100 мм, заполненные нетеплопроводным изолирующим материалом.

Швельшахта соединена с газификатором железной конусной плитой с диаметром в 5200 мм. В плите имеется эллипсообразный нарост для вывода патрубка газа воздушного дутья.

3. Колосниковой решетки, которая состоит из двух основных частей: неподвижной нижней части и подвижной вращающейся верхней части. В неподвижной части решетки имеются зольные карманы емкостью на 6—8-часовой запас шлака. К нижней части решетки прикреплены детали приводного механизма для верхней вращающейся части.

Подвижная часть решетки состоит из вращающейся чаши — поддона, приспособления для ломки шлаков и набора съемных колосников.

Опорным кольцом подвижная часть решетки скользит по такому же кольцу неподвижной части решетки.

Материал нижней части решетки — стальное литье, верхней — огнестойкий чугуун.

Корпус газогенератора установлен на четырех железных клепаных ногах, высотой 5 м.

Генераторный газ, получающийся в период горячего дутья, отводится из верхней части газификатора.

Двойной водяной газ отводится из верхней части швельшахты на высоте 8,5 м от чепца колосниковой решетки. Шлак из зольных карманов идет в зольные ямы, наполненные водой, откуда он вычерпывается ковшем, нагружается в вагонетки и отвозится из генераторного помещения.

Принципиальная схема всей установки двойного водяного газа, осуществляемой на Ижорской установке, показана на фиг. 46.

Описание работы станции двойного водяного газа

Торф со склада в вагонетках емкостью $\frac{3}{4}$ т шахтным подъемником подается на подвижную платформу, находящуюся над топливным бункером газогенератора.

Вагонетка по подвижной платформе подвозится вручную к бункеру, в один из люков которого путем опрокидывания кузова вагонетки высыпается торф. Отверстия бункера плотно закрываются двухстворчатými дверцами.

Подсушка торфа в бункере производится дымовыми газами котельной, отсасываемыми дымососом, находящимся в котельной; сквозь слой торфа дымовые газы просасываются вторым дымососом, установленным над газогенератором. Отдавая торфу свое физическое тепло, дымовые газы снижают его влажность.

Чтобы дымовые газы могли продолжительно прогревать торф, бункер разделен перегородкой на два отсека, работающих поочередно.

Из бункера через ковшевые затворы торф засыпается в загрузочную воронку газогенератора, закрывающуюся снизу конусообразным колоколом.

Устройство газогенератора приведено выше.

В период воздушного дутья воздух подается под колосниковую решетку газогенератора воздуходувкой.

Газ, образовавшийся в период воздушного дутья, отводится в пароперегреватель, где и сжигается в смеси с воздухом. Дымовые газы с температурой 700—900° идут через пылевой мешок — железную трубу, футерованную огнеупорным кирпичем, в газовую топку котла-утилизатора, где и дожигаются с добавочным подведенным сюда воздухом. Кроме котла-утилизатора имеется еще добавочный паровой котел с топкой на кусковом торфе. Котел-утилизатор является основным агрегатом, добавочный же покрывает потребности в паре очистного отделения в условиях опытной установки и для отопления в зимний период. В случае невозможности покрыть максимальные пики в расходе пара за счет тепла дымовых газов и парообразования дополнительного котла, в топке котла-утилизатора сжигается подведенный двойной водяной газ в смеси с воздухом.

Оба котла соединены общей магистралью насыщенного пара, разветвляющейся на пароперегреватель (с предварительным дросселированием пара до 1,1 ат) и с давлением 4 ат в очистное отделение к газгольдеру и на отопление с предварительным дросселированием у потребителя пара до необходимого давления.

Перегретый пар из пароперегревателя по футерованному трубопроводу подводится под колосниковую решетку газогенератора.

Двойной водяной газ, образовавшийся в период парового дутья, отводится через патрубок в верхней части швельшахты и поступает в вертикальный впрыскивающий холодильник-трубу из кислотоупорного чугуна, снабженную форсункой для разбрызгивания воды.

Холодильник регулирует температуру газа, поступающего в аппараты очистительной системы.

Снизу он (холодильник) опирается на гидравлический затвор, служащий для очистки газа от пыли и наиболее тяжелых частиц дегтя.

Гидравлический затвор представляет собой корытообразный бак, сваренный из листового железа. Вверху затвора имеется короткая труба, к которой присоединен впрыскивающий холодильник; нижний конец трубы погружен в воду, наполняющую затвор до определенного уровня.

Из водяного затвора газ идет на очистку — в электрофильтр.

В случае недостаточно высокой температуры двойного водяного газа он подогревается специально установленной горелкой.

Очистка газа осуществляется в такой аппаратуре: стояке, гидравлическом затворе, электрофильтре, скруббере, каплеуловителе и холодильнике.

Кроме того, имеется вспомогательная аппаратура для обесфеноливания масла и воды, приготовления известкового молока и получения уксуснокислого кальция.

Температура газа, поступающего в аппаратуру, должна быть на 10° выше точки росы; при меньшей разнице между точкой росы и температурой газа можно сконденсировать влагу и получить сбросные воды.

При большой разнице температур ухудшаются условия эксплуатации аппаратуры и понижается ее производительность.

В стояке происходит регулирование температуры газа: при низкой температуре он подогревается подводом в стояк водяного газа и пара. Охлаждается газ в стояке за счет испарения вбрызгиваемой в стояк воды.

Из гидравлического затвора двойной водяной газ поступает в электрофильтр, где из газа выделяются взвешенные твердые и капельножидкие частицы (смола, остатки пыли).

При работе электрофильтра выше точки росы получается безводная смола.

Из электрофильтров газ идет в 4 скруббера, в которых он очищается от фенолов и уксусной кислоты.

В виду того, что газогенераторная установка опытно-промышленная, предусмотрено два варианта работы очистного отделения:

По I варианту из газовой фазы фенолы вымываются торфяным маслом, уксусная кислота — известковым молоком.

По II варианту фенолы и уксусная кислота вымываются из газовой фазы водой.

По обоим вариантам очистная аппаратура остается та же; меняются реагенты и порядок включения некоторых аппаратов.

Скруббер — железный клепанный цилиндр диаметром 2300 мм и высотой 10,5 м с деревянной хордовой насадкой высотой 7,5 м.

Газ проходит снизу вверх скруббера; промывающая жидкость, распыленная в соответствующих устройствах, стекает вниз по насадке.

По I варианту в первых двух скрубберах из газа вымываются фенолы нейтральным торфяным маслом (фракцией 225—275°С) или же, что еще лучше, смесью нейтрального торфяного масла с пиридиновыми основаниями. Чтобы поддерживать температуру масла на 2—3° выше температуры газа, в циркуляционных баках имеются змеевики отработанного пара.

После масляных скрубберов газ проходит каплеуловитель, где освобождается от увлеченных частиц масла и поступает в следующие два скруббера. Последние орошаются известковым молоком 10—11° Вé, нагретым на 2—3° выше точки росы; при этом из газа вымывается уксусная кислота.

Температура известкового молока регулируется подачей острого пара в циркуляционные баки.

После известковых скрубберов газ проходит каплеуловитель, где остаются увлеченные газом капли известкового молока.

Масло и известковая вода движутся во всех скрубберах по принципу противотока.

Из каплеуловителя газ идет в водяные холодильники, где охлаждается до 25°C и освобождается от паров воды и легких масел.

Наконец, из холодильников двойной водяной газ идет на газгольдер, а оттуда к потребителю; для нагнетания газа имеется специальный эксгаустер. Кроме того, имеется аппаратура для регулирования, обеспечивающая постоянное давление в напорном газопроводе.

Обесфеноливание масла. Насыщенное фенолами масло из циркуляционного бака масляных скрубберов насосом перекачивается в щелочные реакторы, в которых масло обрабатывается 13-процентным раствором NaOH в количестве в 1,5 раза большем теоретически необходимого.

Щелочной реактор — железный аппарат цилиндрической формы с коническим днищем снабжен мешалкой с двумя вращающимися в противоположные стороны пропеллерами.

Сепаратор — аппарат, служащий для расслаивания эмульсии фенолята и нейтрального масла и для подогрева масла перед спуском его в циркуляционный бак, аналогичен щелочному реактору, но только в нем отсутствует мешалка. Для обогрева жидкости сепаратор снабжен змеевиком для пара.

Раствор фенолята натрия из щелочных реакторов спускается в кислотный реактор — цилиндрический с коническим днищем аппарат, в котором происходит выделение фенолов из раствора. Перед выделением фенолов из раствора в кислотный реактор подается острый пар, удаляющий нейтральные масла, растворенные в фенолятах, а также механически увлеченные.

После отгонки масел феноляты при перемешивании подкисляются серной кислотой 60° Вё; получают фенолы и глауберова соль.

Фенолы, благодаря разнице в удельном весе, отделяются от серно-кислого натрия и из реактора спускаются в сборник; раствор же глауберовой соли выпускают в канализацию.

Известковое молоко готовится в смесителе, имеющем лопа-стную мешалку.

К нему подведены коммуникации воды и острого пара для растворения извести и подогрева известкового молока. Смеситель является одновременно и отстойником.

Насыщенный раствор уксуснокислого кальция из сборника насосом подается в песчаный фильтр, а оттуда самотеком сливается в выпарные чаши — сферические медные сосуды с двойными стенками для впуска пара. Сырой порошок уксуснокислого кальция перегружается в ситчатые корзины, подвешенные над чашей, где и подсушивается. Для удаления вредных паров, образующихся при выпаривании, над чашами устроены колпаки, соединенные с вентилятором.

II вариант очистки газа. Газ после электрофилтра проходит последовательно два скруббера, в которых при температуре выше точки росы вымываются горячей водой фенолы и уксусная кислота.

Насыщенная вода направляется на переработку. В виду того, что при нейтрализации уксусной кислоты известью часть фенолов образует фенолят кальция и не извлекается при последующей обработке,—

сначала производят обесфеноливание воды, а потом нейтрализацию уксусной кислоты.

Вода очищается с утилизацией фенолов, которые извлекаются растворителями. Растворитель — нейтральное торфяное масло с температурой кипения 225—275°C.

Вода из циркуляционного бака у скруббера подается насосом в напорный бак над обесфеноливающей колонкой. Колонка наполнена деревянной хордовой насадкой.

Из напорного бака вода подается наверх колонки и по деревянной насадке стекает вниз.

Нейтральное торфяное масло (или смесь его с пиридоновыми основаниями) тоже из напорного бака поступает вниз колонны.

Масло, имея меньший удельный вес, поднимается вверх и отводится в сепаратор, где оно отделяется от воды, стекает в циркуляционный бак у колонны и далее насосом снова подается в напорный бак.

Обесфеноленная вода поступает после колонны в смеситель, где и нейтрализуется известью. Насыщенное масло обесфеноливается аналогично I варианту.

Раствор уксуснокислого кальция после смесителя подается через песчаный фильтр снова в скруббер. Вода, насыщенная уксуснокислым кальцием, после обесфеноливания выпаривается в чашах.

5. Непрерывное производство водяного газа и газификация во взвешенном состоянии

Для полноты освещения вопроса отметим основные направления, ставящие задачей дальнейшее совершенствование процесса получения двойного газа и повышение термического к. п. д.

При всей значимости метода газификации Штрахе он имеет ряд больших недостатков, как то:

1. Периодичность действия (чередование горячего и холодного дутья), уменьшающая производительность установки (перерывы в работе во время горячего дутья, перестановки клапанов, периодичность карбюрации).

2. Неравномерность в газообразовании (падение температуры в слое кокса в период газификации и замедленность процесса швелевания).

Вследствие этого научно-исследовательская мысль ищет путей к непрерывному производству водяного газа.

Наибольший интерес в этом направлении представляет генератор Гиллебрандта. В нем тепло, необходимое для реакции водяного газа, восполняется не за счет сгорания некоторой части углерода самого топлива, как это имеет место в прерывных газогенераторах, а за счет внешнего источника.

В газогенераторе Гиллебрандта таковым источником является физическая теплота водяного пара, перегреваемого в расположенных перед генератором двух регенераторах до температуры 1250—1300°.

В виду наличия двух попеременно нагреваемых регенераторов перегрев водяного пара и подвод его в зону газообразования производится непрерывно, следовательно, и самый процесс газификации топлива на водяной газ становится процессом непрерывно действующим.

Преимуществом непрерывного способа является совершенно одинаковый состав водяного газа, который при прерывном способе во время газования колеблется в весьма значительных пределах.

При установке Гиллебрандта коэффициент полезного действия газификации составляет около 70%.

Другое направление получения высококалорийного газа — это применение в качестве газифицирующего реагента кислорода.

В связи с развитием синтетической промышленности с использованием азота воздуха для получения аммиака кислород становится отбросным продуктом и его стоимость сильно снижается.

С другой стороны, малоценное топливо, содержащее большое количество летучих веществ, требует для своей газификации по сравнению с каменными углями небольшое количество кислорода.

Это выявляется предпосылками газификации торфа помощью кислорода.

Работы по получению высококалорийного газа этим путем ставились в Германии на опытном генераторе Драве, Металлообрабатывающим обществом в Франкфурте и Майне и проф. Натта в Милане (Италия).

Опыты промышленного значения не получили.

У нас в СССР смонтирован газогенератор на парокислородном дутье на заводе «Красная звезда» в Москве.

Все указанные выше методы получения высококалорийного газа касались кускового топлива.

Для газификации же фрезерной крошки, производство коей и удельный вес в общей торфодобыче с каждым годом возрастает, особенное значение имеет газификация во взвешенном состоянии.

Превращать в газ мелкозернистое и пылевидное топливо побудила за границей необходимость рационального использования топливной мелочи.

В этом направлении особое значение имеют работы Винклера, который применил в своем газогенераторе принцип параллельного тока топлива и паровоздушного дутья.

В нем пылевидное топливо подвергается непрерывной газификации во взвешенном состоянии.

Однако, таким путем удалось пока получить не водяной, а смешанный газ.

На принципе наружного обогрева основан метод получения водяного газа в круглом ячейковом газогенераторе Геллера.

В опытной работе, продолжавшейся в течение нескольких недель, газогенератор Геллера себя оправдал, — выявилась техническая возможность этого метода газификации.

Для газификации фрезерной пыли была установлена лабораторная установка Центральным инсторфом, которая дала вполне благоприятные результаты.

Был получен как воздушный, так и смешанный газ с теплотворной способностью до 1200 кал.

В настоящее время на Редкино продолжают работы по полному освоению этого метода.

6. Очистка торфяного газа

Полученный газ необходимо тщательно очищать не только от смолы, что очень важно для газотранспорта, но и от значительных количеств уксусной кислоты и фенолов.

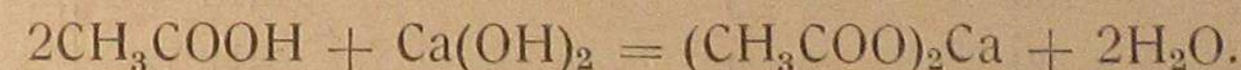
Выходы уксусной кислоты по данным Ленинградского филиала инсторфа колеблются в пределах от 0,212 до 0,624%, а фенолов от 0,47 до 4,12% (в переводе на абсолютно сухое вещество торфа), причем уксусной кислоты содержится наиболее в древесном торфе, тростниковом и осоковом торфе и наименее в сфагновых и гипновых торфах.

Уксусная кислота, концентрируясь в смолоочистителях, каплеуловителях, скрубберах и трубопроводах, вызывает коррозию металлических частей этих элементов установки, причем особенно сильно разъедает вращающиеся части — ротеры Тейсен-аппаратов и трубопроводов.

Фенолы отравляют естественные водоемы, так как они губительно влияют на растительный и животный мир.

Кроме того, высокие концентрации фенолов вызывают коррозию в циркуляционной системе.

Для борьбы с разъедающим действием уксусной кислоты смолоотделители системы Тейсена заменяют электрофильтрами; кроме того, в систему газоочистки непосредственно за электрофильтром вводят промыватель Штредера, в котором содержащаяся в газе паробразная уксусная кислота вступает в реакцию с распыленным капельножидким известковым молоком, давая водный раствор уксуснокальциевой соли по уравнению:



Промыватели Штредера для улавливания уксусной кислоты установлены на Уралмашстрое, где в настоящее время испытываются.

Кроме метода отмывки уксусной кислоты, намечаются и другие пути, в частности пирогенетическое расщепление уксусной кислоты в особых крекерах.

В настоящее время проектирующие организации ограничиваются электроочисткой газа и соответствующей регулировкой температуры.

Считая, что уксусная кислота, находясь в парах, не производит коррозии металла, стараются проводить газ в смолоочистку при температуре выше точки росы (температура конденсата уксусной кислоты — 2°C), выделяя ее уже при промывке в скрубберах вместе с другими компонентами в то время, когда ее разъедающее действие не вызывает опасности.

Температура газа при выходе из газогенератора в зависимости от влажности торфа и форсировки лежит в пределах 100—75°C. Поэтому во избежание конденсации из газа по пути от генератора до очистной аппаратуры предусматривается возможность его подогрева (примерно на 10—15°C). В случае же высокой температуры газа, чтобы выделить наибольшее количество безводной смолы, газ охлаждают, вбрызгивая в него воду.

Подогрев или охлаждение газа проводится с таким расчетом, чтобы газ поступил в смолоочистку с температурой порядка на 15°C выше точки росы водяных паров.

Для выделения фенолов сооружаются специальные для этого установки.

Выделенные фенолы являются ценным сырьем для ряда химических производств, а потому операция извлечения фенолов не только окупает первоначальные затраты, но и удешевляет стоимость газа.

Имеются два метода обесфеноливания скрубберных вод: один разработанный Харьковским углехимическим институтом, — бензолхинолином, второй — Инсторфом — легкими торфяными маслами.

Второму способу нужно отдать предпочтение из тех соображений, что экстрагент будет получаться на смолоперерабатывающих установках, т. е. в районах самих торфяных станций.

Данные лабораторных исследований Инсторфа по извлечению фенолов следующие:

Таблица XXIX

№ опы- тов	Подача легкого масла в % от количества об- рабатываемой воды	Г/л фенолов до опыта	Г/л фенолов до опыта	% извлече- ния
1	50	} 5,04	1,37	74,7
2	100		0,92	81,8
3	50	} 4,02	0,98	75,65
4	100		0,93	76,8
5	50	} 4,30	1,11	72,0
6	100		0,72	—
7	50	} 6,72	2,33	65,3
8	100		2,02	69,8
9	50	} 6,65	1,75	73,7
10	100		1,07	83,9
11	50	} 6,14	1,28	79,0
12	100		0,92	85,0

Данные эти относятся к однократной промывке, но и при этом процент извлечения фенолов достаточно высокий.

На базе этих работ по очистке воды разработаны схемы технологического процесса дефеноляции.

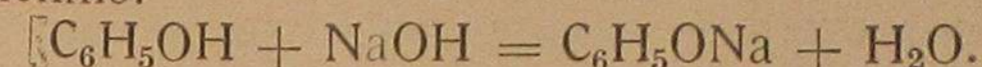
Основной принцип работы — непрерывность действия ее.

В специальные промывные башни непрерывным равномерным потоком подается экстракционное масло снизу вверх. В противоположном направлении проходит дефеноляционная вода. При такой промывке фенолы переходят в масло.

Для полноты промывки можно извлекать фенолы и во второй промывной башне.

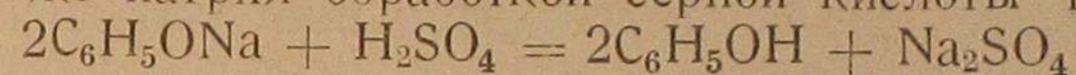
Регенерация экстракционного масла построена в основном на аналогичном принципе и ведется в регенерационных башнях с сепараторами.

Раствор едкого натра концентрацией 8—10% из напорного бака поступает вверх колонны, опускается вниз, промывая масло, отстаивается в сепараторе и давлением столба жидкости выжимается в один из двух промежуточных бачков для фенолята. Реакция протекает по такому уравнению:



Для того, чтобы получить растворы фенолята достаточной концентрации, щелочной раствор несколько раз циркулирует через башню до полного использования щелочи раствора. Регенерированное масло снова возвращается в цикл.

Феноляты же натрия обработкой серной кислоты по уравнению:



дают фенолы и глауберову соль.

Описание установки для очистки газа и обесфеноливания было приведено выше.

7. Торфяной деготь и его переработка

Весьма ценным побочным продуктом, получающимся при газификации торфа, является торфяной деготь, получающийся в виду невысоких температур в швельшахте газогенератора в первичном, неразложенном виде.

Состав торфяного дегтя следующий:¹

Таблица XXX

	C %	H ₂ %	O ₂ %	N ₂ %	S %	W _л %	Q _в кал
По данным проф. Ланина В. А. по Редкино	80,0	9,86	8,96	1,06	0,11	0,48—3,66	9283
По нашим данным ¹							
Мнево	68,41	7,49	19,02	4,85	0,22	2,60	8069
Моства	69,07	11,55	14,19	5,00	0,19	2,0	8264

Удельный вес от 0,997 до 1,009.

Выход в практических условиях колеблется от 6,3 до 8,5% по весу торфа,

Разгонка такого дегтя дает такие результаты (в процентах):

Таблица XXXI

Выхода фракций	До 180°	До 200°	До 220°	До 240°	До 260°	До 280°	До 300°	До 310°
По данным проф. Ланина В. А. по Редкино	1,5	3,0	10,1	19,1	22,4	35,0	62,0	77,0
По нашим данным								
Мнево	1,5	4,0	8,0	12,0	22,0	30,0	39,0	42,5
Моства	2,6	4,5	10,5	19,5	30,5	39,5	51,0	57,5

¹ Инж. Канторов М. В. и Бровчинский И. В., Предварительные материалы по исследованию торфяного дегтя украинских торфов. Жур. «Торфяное дело» № 9, 1934.

Содержание кислых составных частей составляет до 20%.

До последнего времени торфяной деготь перерабатывался кустарными способами с получением шпалопрпиточного масла, колесной мази, креолина, строительной массы и др.

Лабораторные и полузаводские испытания на опытном заводе в Редкино показали возможность получения из торфяного дегтя ряда наиболее дефицитных химических продуктов, в которых особенно нуждается наша химическая промышленность и которые частично импортировались из-за границы.

Таковыми продуктами являются монтан-воск, кристаллический фенол, крезолы и ксиленолы.

Метод химической переработки, обеспечивающий выделение этих продуктов, следующий.

Торфяной деготь разбавляется фракциями торфяного дегтя, кипящими до 250°C и обрабатывается 50%-серной кислотой.

Это обеспечивает удаление асфальтенов, которые выделяются из дегтя в количестве около 10% в виде кислого гидрона. Последний осаждается внизу и отделяется в виде густого слоя; рафинированный деготь охлаждается при температуре около 0°C. При этом выкристаллизовывается наибольшая часть воскообразных веществ и частично парафинов; воски и парафины выделяются фильтрованием. По отделении восков фильтрат разгоняется по фракциям на масла. Из полученных масел раствором едкого натра выделяют фенолы и их производные, отдельно: а) карболовую кислоту, б) трикрезолы, в) многоатомные фенолы. Из нейтральных масел (фракция выше 270°) выделяют при комнатной температуре кристаллы парафина.

Масла, освобожденные от восков, парафинов, фенолов и их гомологов переводятся в стандартное жидкое топливо.

При такой переработке получают следующие продукты (в процентах):

Таблица XXXII

Наименование	По данным опытного завода в Редкино	По данным Инсторфа	Предположительные выходы
1. Воск горный	4,5	5—10	4,0
2. Парафин	4,0	3—6	4,0
3. Фенолов и их гомологов:			
Фенол кристаллический	1,0	0,8—1,5 2,2—2,5 5,0	8—10
Крезолы	3,0		
Ксиленолы	5,0		
4. Нейтральные масла	30	40—50	35—40
5. Асфальтены	20	5—12	20
6. Пек	25	10—15	25

Значение этих продуктов следующее:

1. Воск с температурой плавления около 80°C, как показали испытания, вполне заменяет монтан-воск, применяемый в кожевенной промышленности.

Помимо того, он может найти применение для изоляции кабелей, пропитки тканей с целью придания им непроницаемости, для изготовления грамофонных пластинок, изготовления кремов для обуви и др.

2. Фенолы и их гомологи (крезолы, ксиленолы) были испытаны для приготовления пластических масс (карболит, бакелит) и оказались для этого вполне пригодными. Кроме того, они находят применение, как дезинфицирующее средство, для изготовления медицинских препаратов, в парфюмерной промышленности, для изготовления некоторых красителей и др.

3. Парафин с температурой плавления 47—48°C получается обыкновенно невысокого качества; может быть использован в спичечной промышленности.

4. Нейтральные масла — самая крупная по выходам составная часть торфяной смолы.

Исследования научно-исследовательского сектора Ленинградского машиностроительного института доказали, что эти масла близки к нефтяным топливам и при соответствующих методах обработки могут заменить керосин и моторную нефть, причем получается около трети тракторного топлива (до 250°C) и две трети дизельного топлива.

Для получения моторных масел сырые нейтральные масла подвергаются очистке серной кислотой и последующей перегонке.

5. Асфальтены после отмывки серной кислотой могут быть использованы в автодорожном строительстве.

6. Пек может быть использован в дорожном строительстве.

В отношении экономичности переработки по такой схеме торфяного дегтя имеются подсчеты Бейлина С. М. и Руковяткина К. М.,¹ которые дают такие данные:

Стоимость выходов из 1 т торфяного дегтя

	Количество (кг)	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
1. Воск	40	1,5	60
2. Парафин	40	0,6	24
3. Фенолы и их гомологи	100	1,5	150
4. Тракторное топливо	200	0,1	20
5. Дизельное топливо	50	0,2	10
6. Асфальтены и пек	70	0,45	31,5
Всего	—	—	295,5

¹ Бейлин С. М. и Руковяткин К. М., Экономика переработки торфяной смолы на моторное топливо. Сборник «Торфяные масла — моторное топливо», Л. 1934, стр. 6—11.

Расходы по переработке на 1 т торфяного дегтя составляют:

1. Сырье (смола)	60 руб.
2. Топливо и энергия	16 »
3. Зарплата с начислениями	33,4 »
4. Накладные расходы	25,1 »
Всего	134,5 руб.

Если для осторожности принять стоимость переработки смолы в 175 руб., то и тогда получается весьма значительная экономия, составляющая около 120 руб. на тонну перерабатываемой смолы, заметно снижающая себестоимость основного продукта — газа.

В настоящее время широко разворачивается промышленная переработка торфяных дегтей.

ГЛАВА VI

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГАЗИФИКАЦИИ УКРАИНСКИХ ТОРФОВ

1. Газификация многозольных топлив в механизированных решетках

Одним из основных вопросов в проблеме газификации крупных украинских торфяных массивов в виду их повышенной и высокой зольности несомненно является вопрос о технической возможности газификации многозольного торфа.

По этому вопросу мы располагаем достаточно исчерпывающей заграничной и частично союзной практикой, которые дают возможность дать определенный ответ на вопрос, можно ли технически газифицировать украинский многозольный торф.

Трудности, возникающие при газификации многозольного топлива, как и при его сжигании в топочных устройствах, происходят не только вследствие большого количества образующейся золы, но также и вследствие шлакования. Последнее обуславливают неравномерность сгорания топлива и неправильное распределение напора воздуха, необходимого для процесса газификации в шахте.

Основной конструкцией, которая, однако, устранила эти трудности и фундаментально разрешила этот вопрос, явился газогенератор с вращающейся решеткой и автоматическим удалением золы и шлаков.

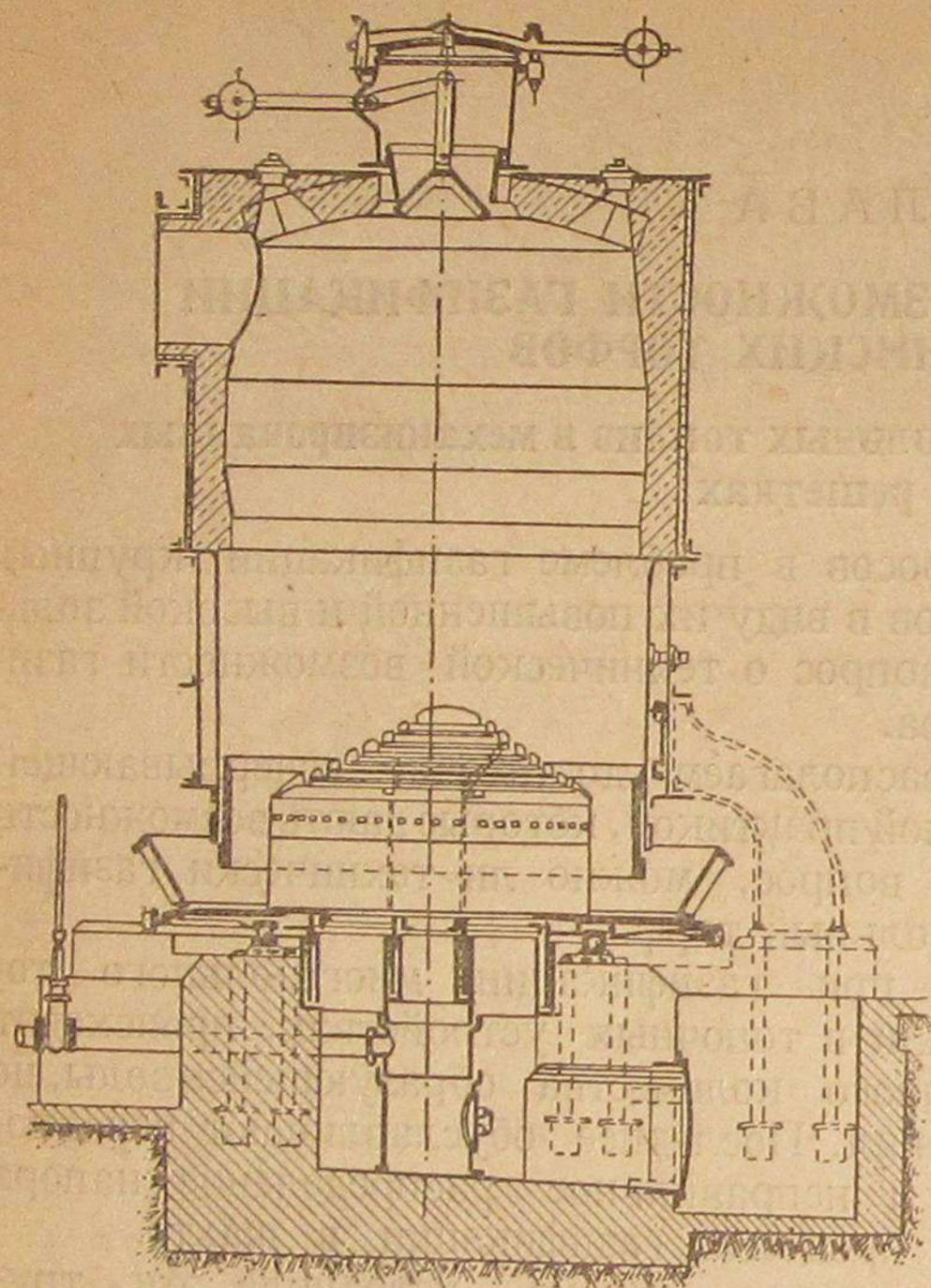
Эта конструкция газогенератора впервые была разработана Керпели на Штирийском железоделательном заводе в Дановицах.

Основной частью газогенератора Керпели является эксцентрически поставленная круглая решетка с большой поверхностью и с незначительной высотой, в цилиндрической части коей имеются дутьевые каналы для обеспечения выгорания золы. Под неподвижной шахтой газогенератора помещается чаша с решеткой. Чаша заливадается водой, в которую погружается нижняя часть стенок газогенератора — это изолирует генератор от наружного воздуха, создавая необходимый гидравлический затвор.

Водяная ванна играет весьма существенную роль, облегчая удаление шлаков — горячая зола перед удалением гасится; от этого внезапного охлаждения золовые и шлаковые пироги распадаются, а получающийся при этом пар поддерживает химические процессы в газогенераторе; это же предохраняет вышележащие слои от образования шлаков.

Для удаления золы в зольном корыте газогенератора устанавливается радиально золоудалитель, касающийся самого дна.

Большая величина и эксцентрическая форма решетки в газогенераторе Керпели обеспечивает при вращении задевание большого сечения шахты, что способствует предотвращению зашлаковывания и образованию мостов в газогенераторе.



Фиг. 47. Газогенератор Керпели.

Колосниковая решетка, вращаясь непрерывно, воздействует на колонну топлива, обеспечивая этим равномерное распределение напора воздуха; при этом зола постоянно медленно перемешивается, что обеспечивает полное выгорание углерода из нее. Вследствие этого содержание горючих в массе золы в газогенераторах с вращающейся колосниковой решеткой незначительно по сравнению с газогенератором без такой решетки.

Для сравнения можно привести таблицу XXXIII. При сравнении этих данных нужно учесть различное содержание золы в торфе.

Таблица XXXIII

Показатели	Газогенератор без вращающейся колосниковой решетки		Газогенератор AVG с вращающейся решеткой	
	Газогенератор ступенчатой колосниковой решеткой ¹	Газогенератор дахрост ¹	По данным ЛОТИ ²	По данным Центрального инсторфа ³
Содержание углерода в абсолютно сухой массе золы и шлаков (%)	38,3	23,4	2,9	0,5

¹ Канторов М. В. и Куда Г. И., Исследование газогенератора воздушного газа, Труды Украинского инсторфа, 1933 г., стр. 24.

² Труды Ленинградского отделения теплотехнического института, 1932 г., вып. II, стр. 10.

³ Гаврилов Н. Н. и Богданов Н. Н., Основы термической переработки торфа, 1932 г., стр. 159.

При испытаниях торфа в газогенераторах без вращающейся колосниковой решетки зольность в переводе на абсолютно сухую массу торфа составляла 13—14%, а в газогенераторах с вращающейся колосниковой решеткой 5—6%.

Но столь значительная разница в содержании горючих в золе и шлаках объясняется, конечно, не этим, а совершенно отличными условиями выжига золы и шлаков и удаления их в этих конструкциях газогенераторов.

То же подтверждает и Винкельман, устанавливающий, что остаток горючего в золе снижается в газогенераторе с вращающейся решеткой до 1,0%.

При повышении золы в торфе содержание горючих в золе и шлаках будет возрастать; однако, мы не располагаем опытными данными, чтобы установить, в какой именно мере будет происходить это возрастание.

Во всяком случае несомненно, что содержание горючих будет намного ниже, чем в системах газогенераторов с ручным и периодическим золоудалением.

Удаление золы в газогенераторе Керпели, как и в последующих за ним конструкциях газогенераторов с вращающейся колосниковой решеткой, механизировано — золу удаляют автоматически, так как вращающаяся решетка конструктивно связана с зольниковой ванной, а неподвижно поставленный и погруженный в ванну железный лист действует, как золоудалитель.

Конструкция газогенератора с вращающейся решеткой имела большой успех, так как давала целый ряд весьма существенных преимуществ, как-то:

- 1) большую пропускную способность установки;
- 2) более равномерный газ вследствие воздействия на слой топлива;
- 3) лучшее выгорание золы наряду с уменьшением расходов на удаление ее;
- 4) непрерывную работу при незначительности ремонта.

Вышеуказанные преимущества сделали возможным применение для газификации и многозольных топлив.

Газогенератор Керпели сразу же занял в газогенераторостроении исключительное положение. И, хотя впервые он был предложен в 1903 г., а с тех пор было введено в разных странах большое количество отдельных конструктивных улучшений,¹ тип генератора с вращающейся решеткой не претерпел и до сего времени существенной переработки.

Это обстоятельство подтверждается и более поздними данными вплоть до состояния этого вопроса на конец 1933 г.²

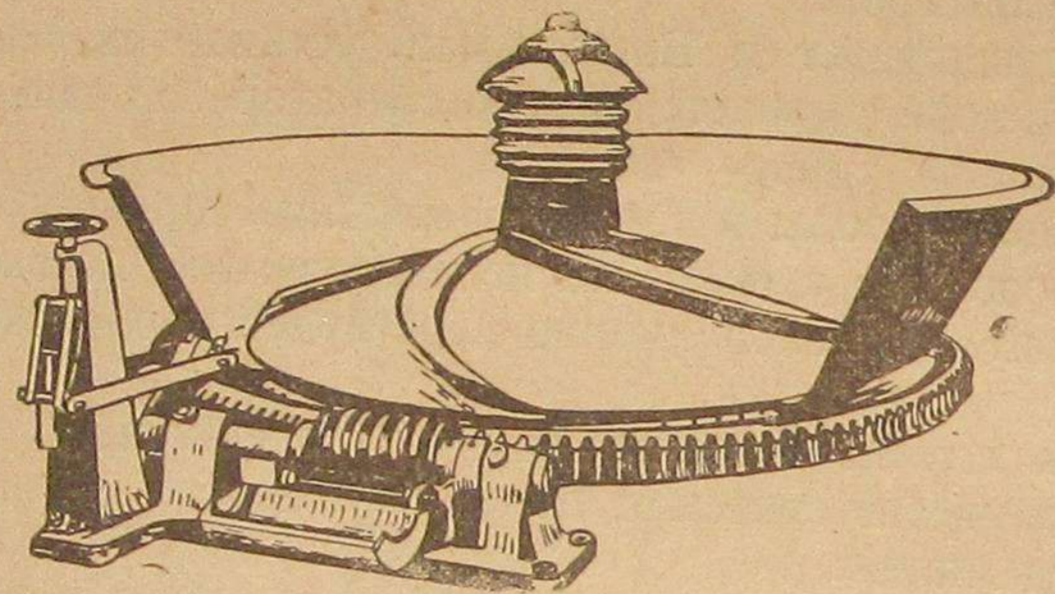
Из отдельных улучшений, касающихся удаления золы при газификации многозольных топлив, следует упомянуть:

¹ В одной Германии в области развития или введения газогенераторов с вращающейся решеткой работало много десятков крупнейших фирм, среди них фирмы Тиссен, Бамаг, Пинч, Барт, Мана и др.

² См. Dip. ing. gottfried Reitböck, Die mechanische Betriebene gaserzeuger seine Entstehung und Entwicklung, «Feuerungstechnik», 15. XI. 1933, стр. 148.

1. Применение глубоководного корыта с укреплением в нем захватывающих лопаток.

2. Конструкция вращающейся решетки Коллера, в частности установленная на получившем у нас распространение типе газогенераторов AVG, имеющая спиральной формы собиратель золы на наклонном дне корыта с дутьевыми отверстиями, обеспечивающими хорошее распределение воздуха для газификации.



Фиг. 48. Решетка-чаша системы Коллера

В отличие от вращающейся решетки Керпели, в решетке Коллера дутьевая часть неподвижна, а вращается только чаша, где скапливается зола.

При работе газогенератора чаша все время находится в медленном вращении, а неподвижный плужок, связанный со стенками шахты, выгребает из нее накопившуюся золу в вагонетку. Удаление золы происходит с такой же быстротой, с какой она образуется, для чего скорость вращения чаши регулируется в зависимости от производительности газогенератора и зольности топлива.

Так, например, при понижении нагрузки газогенератора скорость движения чаши уменьшается, в противном случае вследствие несоответственно быстрого удаления золы (по сравнению с загрузкой) слой

Система газогенератора	Вид топлива	Балласт топлива	
		Воды %	Золы %
Газогенератор с вращающейся решеткой различных конструкций	Мелочь саарского угля	2,4	27,0
	Сланцевый уголь из Верхней Силезии	7,0	37,0
	Сланцевый уголь шведский	10,0	45,0
	Низкосортный антрацит	3,3	23,5
	Буроугольный сланец	15,9	19,7
	Лигнитовая мелочь из Вестфальда	18,6	36,7

ее на решетке уменьшится — зона горения приблизится к решетке и последняя может прогореть.

В виду этого толщина слоя золы на решетке держится около 0,3 м. При увеличении нагрузки скорость вращения чаши увеличивается. В соответствии с этим и регулируется скорость вращения решетки (в пределах от 1 до 0,2 оборотов в час).

Для вращения решетки обыкновенно пользуются червячной передачей. Расход работы на вращение невелик, а именно не превышает 1,5—2,0 л. с.

Изнашивание червяка и червячного колеса тоже невелико. Червячное колесо не слито с ванной, а ввинчено в стенку у самого дна.

Оно делится на сегменты, из которых каждый в отдельности может быть заменен. Это облегчает монтаж и понижает стоимость решетки.

Решетка вращается вместе с ванной на шариках (такое устройство имеет и газогенератор AVG) или на роликах, имеющих форму усеченного конуса.

Газогенераторы с вращающейся колосниковой решеткой вследствие ряда введенных конструктивных улучшений и автоматичности в работе до крайности ограничивают потребность в обслуживании и совершенно устраняют работы по шлакоудалению.

Основные средние характеристики производства генераторного газа в газогенераторах с вращающейся решеткой за 1930/1931 г.¹ следующие:

1. Использование теплопроизводительности топлива до 92%.
2. Остаток горючего в золе снижен до 1%.
3. Требуемая мощность на обслуживание 0,5—2 квт.¹

Это обстоятельство сделало возможным применение конструкции вращающихся решеток не только для получения генераторного газа, но и двойного, газа Монда и др.

2. Данные о газификации многозольных топлив за границей и в СССР

В отношении результатов газификации многозольных топлив мы располагаем данными о работе различных газогенераторов с различ-

Таблица XXXIV

Низшая производительность кал	Производительность кг м ² сечения	Состав газа				Низшая производительность газа кал м ³
		CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	
5600	110	3,5	27,0	2,6	9,0	1320
4000	115	13,0	14,6	1,8	17,3	1045
3000	125	9,9	17,7	4,5	11,2	1215
5800	155	4,7	26,8	0,6	10,9	1100
4200	220	9,3	21,0	1,8	16,3	1210
2600	Ок. 150	7,8	20,1	4,0	13,7	1300

¹ Winkelmann, Konstruktion und Vorzuge des Drehrostgenerators, Chem. Technische Rundschau, т 44, стр. 762.

ными видами топлива с содержанием золы от 20 до 45%, приводимыми крупнейшим специалистом по топочной технике Тренклером Г. Р. 1 (см. таблицу XXXIV).

В отношении наших союзных многозольных топлив мы располагаем данными по газификации шунгита 2 — отдельной разновидности твердого минерального топлива (Карелия близ Ленинграда).

Характеристика шунгита:

Влажность W_p	2,32%	N_2^p	0,56%
Золы A_p	35,81%	S_p	1,58%
C_p	54,16%	O_2^p	4,81%
H_2^p	0,76%		100,0%

Неоднократные попытки сжигания шунгита в котельных топках были безуспешны, результаты же газификации оказались вполне благоприятными.

Газификация бурых и многозольных углей СССР в значительной степени технически разрешена работами Мосхимэнергостроя и Тепло-технического института.

Большой интерес в аспекте настоящей работы имеют опыты по газификации горючих сланцев. Последние представляют собой наиболее зольные из всех существующих видов горючих.

Гдовские (Ленинградская обл.) и кашпирские сланцы (Средняя Волга) имеют зольность около 50% (в переводе на абсолютно сухую массу). К тому же зола их обладает весьма низкой температурой плавления (до 1100—1200°) и при разложении дает большое количество минеральной углекислоты.

Высокий выход смол соответственно снижает выход полукокса и абсолютное содержание углерода, сгорающего на колосниковой решетке, составляет около 10% от веса топлива.

Отсюда ясно, что коэффициент газификации должен быть низким. Несмотря на наличие, помимо высокого содержания золы, ряда весьма неблагоприятных для осуществления газификации факторов, газификация горючих сланцев все же осуществлена в ряде конструкций газогенераторов — с швельшахтами, с обращенным процессом и при газификации в тонком слое.

Для осуществления этого процесса приходится добавлять к сланцу теплоценное топливо (антрацит или уголь) или вводить в газогенератор специальный теплоноситель.

Как пример осуществления газификации исключительного по содержанию золы топлива можно привести газификацию фушунских горючих сланцев. 3

Состав газифицируемого сланца следующий (в процентах):

$C_p = 12,52$	$S_p = 0,71$
$H_p = 2,00$	$W_p = 4,00$
$O_p = 6,52$	$A_p = 73,87$
$N_p = 0,38$	100,00

1 Trenkler, Gaserzeuger, 1924 г., стр. 215.

2 Климов Б., Ланин В. и Пугачов Н., Опыты газификации шунгита, «Химия твердого топлива», № 9 — 10, 1932.

3 См. журнал «Горючие сланцы», 1934, № 1.

Теплотворная способность 1390 кал.

Конструкция газогенератора видна из фиг. 49.

Верхняя швельшахта 1 оканчивается внизу усеченным конусом, который при помощи горловины 2 соединен с основной газификационной шахтой 3.

В основании верхней шахты имеются сопла 4, через которые в швельшахту направляются генераторный газ и теплоноситель из регенераторов.

Сопла соединены с коллектором 5, который связан с шахтой газификации специальным обводным газопроводом 6; к последнему проводится добавочный теплоноситель.

В нижней части генератора находится вращающаяся решетка Кerpели 7.

Через отверстия свода верхней части газификационной шахты 8 полукокс проваливается из швельшахты в основную шахту.

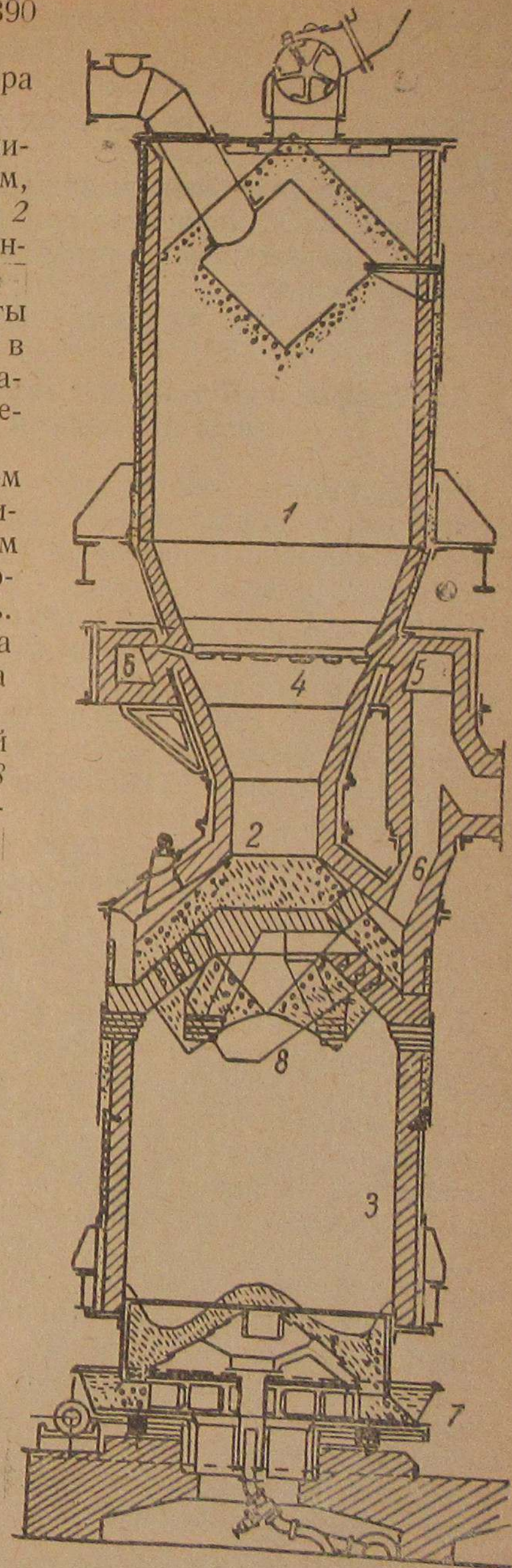
Теплотворная способность получаемого генераторного газа — 1170 кал/м³.

Состав газа (в процентах):

$CO_2 + H_2S$	20,0
O_2	0,2
CO	5,5
H_2	18,0
CH_4	6,0
N_2	50,3

Для достижения более высоких результатов целесообразно полное разложение смолы при высоких температурах.

Нужно, конечно, учесть, что вследствие исключительно высокой зольности фушунских сланцев и их особенностей в газогенератор вводят специальный теплоноситель, для нагрева которого в регенераторах сжигается около 40% всего количества газа.



Фиг. 49. Газогенератор для фушунских сланцев.

Это обстоятельство приближает газогенератор к швельпечи.

Термический коэффициент газификации составляет 65 — 70% (в том числе по смоле 35 — 40%).

Для достижения более высоких результатов необходимо проводить полное расщепление смолы.

Предельным содержанием золы в топливе, при котором возможна газификация его с хорошими результатами в газогенераторах с вращающейся колосниковой решеткой и автоматическим удалением золы, нужно считать около 50,0%; при более высокой зольности требуется специальный подогрев воздуха.

3. Газификация топлив с низкой температурой плавления золы и с жидким шлакоудалением

На ухудшение работы газогенератора влияет неблагоприятный состав золы, а именно низкая температура ее плавления. Однако, и в этом отношении современная техника газификации ввела весьма действенные средства.

Помимо водяной ванны и прибавления водяного пара к воздуху, подаваемому в генератор, благотворное влияние на уменьшение шлакования и облегчение удаления остатков оказывают еще и другие вспомогательные средства — введение охлаждающих рубашек и периодических подводов пара. Для этого в современных механизированных газогенераторах AVG, Маришка, Пинча и др. внизу газогенератора в зонах высоких температур стенки имеют водяную охлаждающую рубашку. Последняя состоит из двух вставленных один в другой железных цилиндров; кольцевое пространство между ними заполняется проточной водой. Перегретая в рубашке вода в специальном паровом сборнике превращается в пар, освобождая место следующему количеству воды.

Водяное охлаждение стенок способствует сохранению их, при этом зола получается в несплавленном виде, удаление ее значительно облегчается, а потери горючего в шлаках уменьшаются.

По данным Hermanns'a¹ продолжительным опытом на Венском газовом заводе, где имеется 20 газогенераторов с производством пара системы инж. Маришка (по схеме Копперса), установлено, что практический коэффициент полезного действия достиг 90,0%.

Для того чтобы полно осветить вопрос газификации многозольных топлив, следует остановиться еще на газогенераторах с плавлением золы. Основная идея этого типа газогенераторов — удаление золы в расплавленном виде.

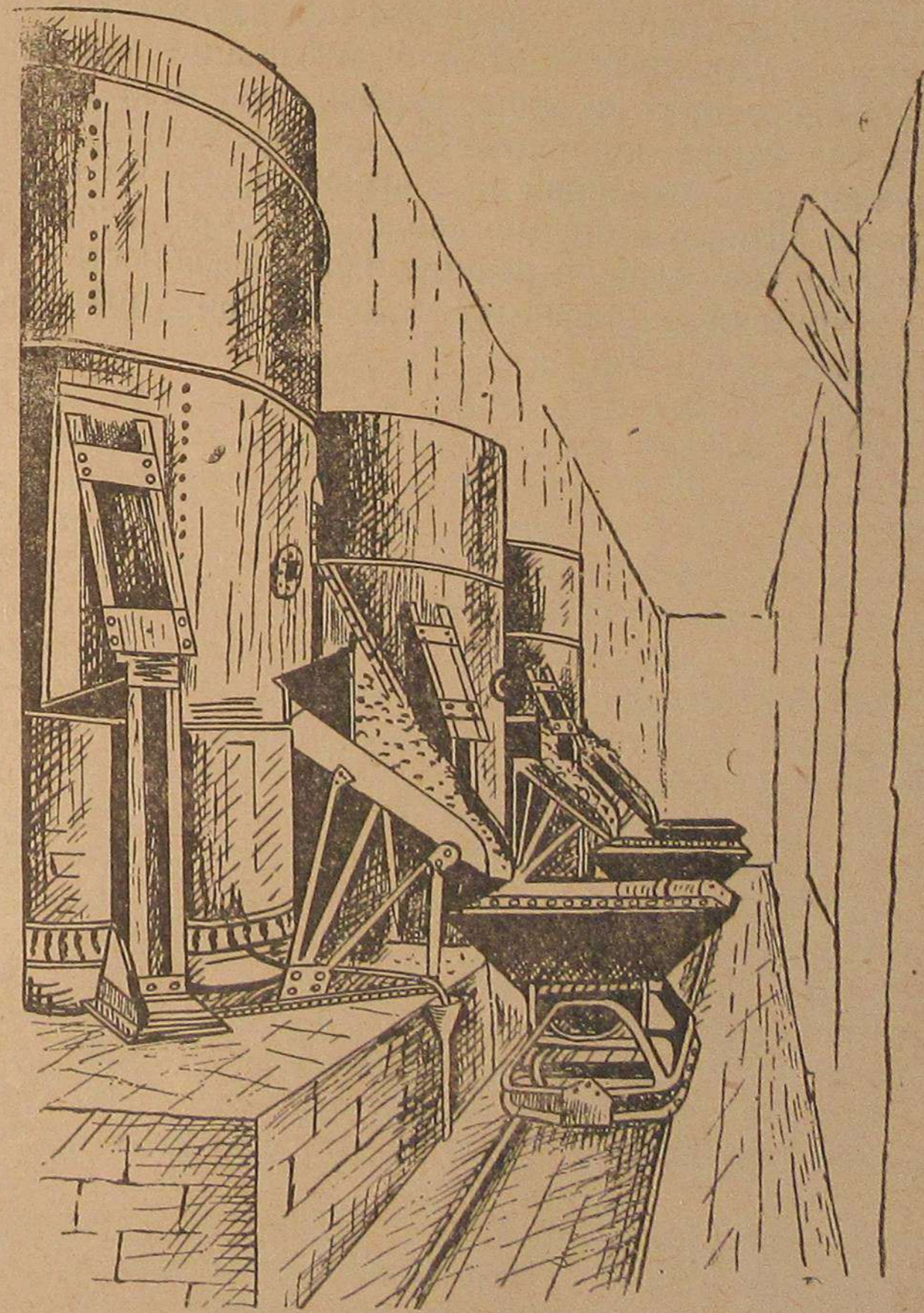
Получение жидких шлаков, особенно при газификации многозольного топлива, достигается примешиванием в шахте специальных добавок. Этот тип газогенераторов наряду с газогенераторами с вращающейся решеткой может считаться наиболее предпочтительной конструкцией, отличающейся к тому же высокой газопроизводительностью.

¹ Hermanns, Gasogeneratoren und gasfeuerungen, Halle (Saale) 1924, стр. 102.

Однако, при многозольных топливах предпочтение нужно все таки отдать газогенераторам с вращающейся решеткой, так как необходимые добавки для шлакообразования с повышением золы становятся очень значительными, а это повышает эксплуатационные расходы и ухудшает тепловой режим. К тому же вращающиеся решетки изготавливаются нашей союзной промышленностью.

4. Удаление золы и шлаков

Чтобы исчерпать вопрос газификации многозольного топлива следует вкратце осветить вопрос организации золоудаления на газогенераторных установках.



Фиг. 50. Удаление золы от газогенераторной станции.

Из газогенераторов с механическим обслуживанием зола выбрасывается в вагонетки или же в нижний бункер. Вагонетки с золой

вывозят на отвалы или же кюбельными кранами погружают в железнодорожные вагоны.

В последнее время для понижения расходов на откатку вагонеток применяют ленточные, скребковые транспортеры или качающиеся желоба.

Помимо этого стали применять также удаление золы водой (гидравлическое золоудаление) и отсасывание воздухом (пневматическое золоудаление).

Все эти механические транспортеры передают золу в нижний бункер, где она накапливается и оттуда выгружается для вывозки при помощи крана, подвесной дороги и пр.

Общий вывод относительно технической возможности газификации украинских многозольных торфов можно сделать такой.

Хотя непосредственных опытов газификации многозольных торфов на газогенераторах с вращающейся решеткой и не производилось (подобные торфа концентрируются преимущественно в УССР), но на основании заграничной и союзной практики с рядом других топлив вопрос газификации многозольного украинского торфа (обладающего к тому же высокой реакционной способностью) можно предполагать технически разрешимым с достаточно удовлетворительными результатами.

ГЛАВА VII

НАПРАВЛЕНИЯ ГАЗИФИКАЦИИ УКРАИНСКИХ МНОГОЗОЛЬНЫХ ТОРФОВ

1. Общие соображения. Объекты применения смешанного генераторного газа

Выше, рассматривая особенности наших украинских торфяных массивов, мы видели, что значительная часть наших массивов отличается весьма высокой зольностью, что средняя зольность укр. торфяного фонда принимая во внимание исследования последних лет, доходит до 22,5% (в переводе на абсолютно сухую массу), что значительно выше таковой всех других районов Союза.

В виду того, что в настоящее время эксплуатируются преимущественно менее зольные торфа (по нашим данным средняя зольность в переводе на рабочее топливо украинских торфов, поступающих в настоящее время потребителю, составляет 11,5%), остается бесспорным положение, что в наших торфяных резервах остаются в значительной мере торфяные массивы с повышенной и высокой зольностью (если не считать переходных торфяных массивов бывш. Коростенского, частично Волынского и Черниговского округов).

По отдельным областям это положение сказывается особенно ярко: так, например, в Харьковской области, в которой сосредотачивается до 30% всех запасов торфа УССР, почти все торфяники (97,2%) имеют зольность выше 20% (в переводе на абсолютно сухую массу).

Ряд крупнейших торфяных массивов, являющихся ближайшими нашими резервами (по 1 варианту второго пятилетнего плана они были намечены к эксплуатации), как то: Сула с запасом торфа-сырца в 155,5 млн. м³, Хорол с запасом торфа в 55,6 млн. м³, Трубайло с запасом торфа-сырца в 116,2 млн. м³, Дочь с запасом торфа-сырца в 65,5 млн. м³ и Перевод с запасом торфа-сырца в 102,8 млн. м³, обладают зольностью в 40,0% и выше (в переводе на абсолютно сухую массу).

Возможности сжигания многозольных торфов подробно были освещены выше.

Не касаясь вопроса понижения коэффициента полезного действия при переходе на сжигание многозольного торфа вследствие увеличения механического недожога, в особенности при легкоплавкой золе, увлекающей значительные количества несгоревшего углерода, влияния высокой зольности торфа на производительность топки и котельной и ряда других весьма существенных моментов, связанных с сжиганием многозольного торфа (о чем было сказано выше), нужно

очевидно сказать, что самая возможность сжигания их лежит в определенных ограниченных рамках.

Пределы допустимой зольности в различных конструкциях торфяных топков были приведены выше и доходят, как максимум, в существующих конструкциях до 20—25% (на рабочую массу) при более или менее благоприятном составе золы.

Таким образом, мы видим, что для значительной массы украинских многозольных торфов реальным техническим путем освоения следует считать не прямое сжигание его в топке парового котла, для чего при существующем уровне топочной техники нет достаточно надежных и рентабельных средств, а газификацию его.

Современная техника газификации многозольных топлив в механизированных газогенераторах с вращающейся колосниковой решеткой позволяет превращать в горючий газ зольные виды торфов независимо от их плавкости.

Газогенераторы с механизированными колосниковыми решетками получили распространение не только в методах получения смешанного генераторного газа, но и газа Монда, водяного и двойного газа. Это позволяет при всех направлениях газификации торфа использовать в виде сырья многозольный торф.

С другой стороны, наше развивающееся молодое газогенераторостроение целиком освоило производство механизированных газогенераторов для различных видов топлива, обеспечивая выпуск наших отечественных газеров.

Переходя к вопросу о возможных направлениях газификации многозольных украинских торфов, следует отметить для них такие возможные пути:

- 1) получение смешанного генераторного газа;
- 2) получение газа Монда по способу Франко-Каро из торфов, богатых азотом, и
- 3) получение двойного газа с дальним газотранспортом.

Получение смешанного генераторного газа из торфа, как мы видели выше, вполне освоено. Совершенно бесспорно применение генераторного газа из торфа во всех видах промышленных печей (стекольная, керамическая, металлургическая и машиностроительная промышленность), где твердое топливо не может быть применено по характеру технологического процесса и когда приходится применять жидкое топливо. Дискуссионным остается использование генераторного газа под топками паровых котлов, но и оно должно быть признано целесообразным, когда прямое сжигание торфа невозможно как вследствие технической неразрешенности вопроса сжигания, так и нерентабельности и практической неосвоенности его.

Вопрос перехода на отопление котельных смешанным генераторным газом из многозольных торфов не может быть разрешен одними лишь подсчетами экономического порядка. В тех случаях, когда далекопривозное топливо оказывается более выгодным, вопрос должен стоять о «выгоде» с точки зрения народного хозяйства в целом — развития производительных сил района, использования энергетических ресурсов, которые иначе использованы быть не могут, а потому и в

тех случаях, когда отопление котельных на генераторном газе из торфа оказывается более дорогим по сравнению с сжиганием каменного угля (вследствие высокой зольности торфа), оно все же может быть признано допустимым и целесообразным сообразно с конкретным соотношением экономических показателей в каждом отдельном случае.

В отношении транспортирования смешанного генераторного газа необходимо отметить, что газ этот нетеплоценный, местного значения с содержанием тепла в 1500—1600 кал/м³ и, хотя из американской и европейской практики известен ряд случаев транспортирования самого бедного газа — доменного, калорийностью в 900 кал/м³, на расстояние до 16 км (например, район Питсбурга, США) при диаметре газопровода до 1,0 м и что передача смешанного торфяного газа проектировалась и у нас для Сормовского завода на расстояние 11 км с переходом газопроводов через Волгу,¹ мы бы считали возможным ограничить радиус передачи до 3—5 км.

2. Возможности газификации по способу Монда-Франко-Каро с отъемом аммиака

Второе направление — газификация по способу Монда-Франко-Каро — в отличие от получения смешанного генераторного газа из торфа в СССР пока еще не освоено.

Целесообразность постановки этого метода газификации базируется на таких положениях:

1. Содержание азота украинских торфов сравнительно высокое.
2. Газификация по способу Монда-Франко-Каро, требующая добавки больших количеств водяного пара к воздушному дутью, особенно целесообразна при газификации многозольных топлив

Таблица XXXV

Название торфяника	Количество произведенных исследований	Среднее содержание азота %	
		в абсолютно сухой массе	в органической массе
1. Моства	20	2,75	3,00
2. Мнево	10	2,20	3,02
3. Замглай	16	3,07	3,36
4. Супой	2	2,14	3,38
5. Кодра	12	2,72	3,17
6. Буча	15	1,80	2,63
7. Шостка	38	2,69	3,11
8. Оржица	2	1,69	3,28
Средневзвешенное	—	—	3,07

¹ Инж. Л. А. Ремизов, Газификация сормовских заводов, «Торфяное дело», № 1, 1932.

с легкоплавкой золой, так как такая добавка пара сама по себе содействует устранению шлакования и полному выжигу золы.

Содержание азота по произведенным Украинсторфом исследованиям ряда крупных украинских торфяников подано в табл. XXXV (см. стр. 135).

Среднее содержание азота в органической массе германских и среднесоюзных торфов, по данным Берша и Богданова Н. Н., следующее:

Таблица XXXVI
Содержание азота в органической массе торфа

Типы торфов	Среднегерманские данные		Среднесоюзные данные	
	пределы	среднее	пределы	среднее
1. Верховой (моховой) . . .	0,87—2,54	1,60	0,86—2,11	1,26
2. Переходной	1,41—2,91	1,95		
3. Низинный	1,81—4,28	2,88	1,61—3,42	2,84

Из сопоставления вышеприведенных данных мы можем констатировать преобладание азота в органической массе украинских торфов.

Принимая во внимание, что установки для отъема аммиака по способу Монда обходятся дорого, они могут быть рентабельными только для сравнительно крупных установок силового газа, при чем в силовой установке возможны такие варианты:

- 1) установка газовой машины;
- 2) установка паровой турбины с газовой топкой.

В последнем случае турбина работает с котлами на газе, а газогенераторная установка применяет пар из промежуточного отбора турбины.

Разумеется, целесообразность установки силовой станции с отбором аммиака (в виде сульфат-аммония) по способу Монда-Франко-Каро и первичной смолы должна определяться в каждом конкретном случае в зависимости от ряда факторов — содержания азота (отсюда и выход сульфат-аммония), выхода смолы, стоимости сульфат-аммония и смолы и т. п.

Тренклер предлагает рассчитывать сравнительную стоимость различных топлив с учетом получающихся побочных продуктов по такой формуле:

$$B = \frac{100 K \frac{s \cdot S + t T}{10}}{W}$$

где B — стоимость 1000 кал топлива;

K — цена топлива за 1 т;

W — теплопроизводительность 1 кг;

s — выход сульфат-аммония в килограммах из 1 т топлива;

S — стоимость 1 т сульфат-аммония за вычетом стоимости кислоты;

t — выход смолы в килограммах из 1 т топлива;

T — стоимость 1 т смолы.

Подсчеты по этой формуле показывают, что на стоимость топлива весьма сильно влияет выход побочных продуктов, а это полностью при высоком содержании азота может окупить повышенные расходы на амортизацию и капитальные затраты, связанные с установкой турбоцентрали или газомашинной установки, по сравнению с паровой турбиной на твердом топливе, и сделать такую установку вполне рентабельной.

Не входя в детали этого вопроса, приходится только констатировать, что в ряде случаев, при наличии благоприятствующих показателей по сырью (повышенное содержание азота, высокая битуминозность и наличие значительного потребителя энергии), газификация по способу Монда-Франко-Каро может оказаться вполне целесообразным методом освоения многозольного украинского торфа.

3. Сфера применения двойного газа

Наконец, третье направление газификации — получение двойного газа — может явиться особенно актуальным при необходимости передачи газа на более далекое расстояние и для централизованного снабжения промышленных установок и городов.

Данные для ленинградской промышленности показывают, что крупную машиностроительную промышленность, отапливаемую до того жидким топливом, и технически, и экономически лучше переводить на двойной водяной газ из торфа. В этом случае, помимо достижения более высоких, необходимых для производства, температур, сильно сокращаются необходимые капиталовложения.

О преимуществах двойного водяного газа при транспортировании было сказано выше.

Естественно, что чем больше тепловых единиц заключено в единице объема, тем меньше, при прочих равных условиях, нужно подать газа и, следовательно, тем дешевле транспортирование газа. Для потребных капиталовложений имеется еще более резкая зависимость, так как количество транспортируемого газа прямо пропорционально квадрату диаметра газопровода.

Централизованное снабжение двойным или высококалорийным газом промышленности так же, как и при централизованном энерго-снабжении, не только сокращает необходимые капиталовложения, но и создает независимость работы установки от нагрузки предприятия и сокращает расходы при холостом ходе.

Применение двойного водяного газа для снабжения городов практически осуществлено в ряде крупнейших городов Германии, Англии и США, сначала как добавка к ретортному и коксовому газу, а в последнее время и для самостоятельного газоснабжения.

Помимо теплотехнического значения, двойной водяной газ имеет в перспективе несомненное значение и для химической промышленности, как исходный материал для получения водорода, потребление

которого сильно возрастает по мере развития синтетической промышленности,—получение синтетического аммиака, синтетического алкоголя, бергинизации и др.

Если при гидрировании и получении синтетического аммиака используется только водород газа, то для синтеза спирта требуются уже обе составные части газа — водород и окись углерода.

Развивающаяся синтетическая промышленность будет интересоваться получением водяного газа не из сравнительно дорогого кокса, а из сырых низкоценных топлив, в особенности из малосернистого торфа.

Наиболее интересным объектом газификации по этому способу на Украине является Киев, имеющий вокруг себя ряд весьма крупных торфяных массивов, ныне не эксплуатируемых, но являющихся основным энергетическим резервом города.

Ниже мы постараемся рассмотреть этот вопрос более детально.

ГЛАВА VIII

ПРЕДПОСЫЛКИ ГАЗИФИКАЦИИ И ГАЗОЕМКОСТЬ КИЕВА

1. Топливный бюджет Киева и пути реконструкции энергетики

Киев, как крупный индустриально-культурный центр, потребляет ежегодно огромное количество топлива. По данным Киевского горплана потребность всех потребителей Киева в 1934 г. составляет 671 000 т условного топлива, в том числе электростанции 168 000 т или 25%, промышленность — 192 000 т или 29%, бытовое потребление — 311 000 т или 46%.

В натуральном выражении топливный бюджет Киева в 1934 г. представляется в следующем виде:

Таблица XXXVII

Топливный бюджет г. Киева в 1934 году

(в тоннах натурального топлива)

Потребители	Каменный уголь, антрацит	Штыб	Кокс	Торф	Дрова	Отходы производств	Жидкое топливо
1. Электростанции	150 000	—	—	—	—	—	19 000
2. Промышленность	76 000	12 000	16 000	91 000	47 000	117 000	12 000
3. Быт	110 000	30 000	—	92 000	354 000	—	11 000
Всего	336 000	42 000	16 000	183 000	401 000	117 000	42 000
Уд. в. (%)	48,0	5,0	2,0	10,0	22,0	4,0	9,0

Таким образом, как видим из приведенных данных, существующий топливный бюджет г. Киева характеризуется:

1. Значительным удельным весом бытового топливопотребления (46%).

2. Децентрализацией производства тепла и в связи с этим крайне низким коэффициентом полезного действия сжигания топлива, особенно в быту.

3. Незначительным применением местных и низкосортных топлив (торф, штыбы).

4. Значительным расходом крайне дефицитного дровяного топлива, являющегося в быту основным.

5. Относительно большим потреблением дефицитного жидкого топлива и горючего (мазут, нефть, керосин).

Необходимо отметить, что до 1934 г. топливный бюджет быта г. Киева ориентировался почти исключительно на дрова и нормальная потребность в дровах его определялась в размере 500 000 т. При скудности дровяных ресурсов на Украине эта потребность никогда полностью не удовлетворялась и бытовой топливный баланс постепенно сводился с большим дефицитом.

В 1934 г., с целью ликвидации этого дефицита, согласно установкам Топливного комитета при СНК УССР как временная, вынужденная мера до иного кардинального решения вопроса, запроектировано значительное внедрение антрацитов и каменных углей в печные установки населения.

Основной характерной особенностью топливного хозяйства Киева является чрезвычайно низкий коэффициент использования сжигаемого топлива в связи с полной децентрализацией производства тепла. Приняв средний коэффициент полезного действия для станций — 0,14, для промышленности — 0,46, для быта — 0,28 (к. п. д. для промышленности и быта выведены с учетом различных объектов потребления), получим, что из 671 000 т условного топлива, расходуемого всеми потребителями, полезно используется (тонн):

на электростанциях]	168 000 · 0,14 =	23 600
в промышленности	192 000 · 0,46 =	88 000
в быту	311 000 · 0,28 =	87 000
Всего		198 600

Таким образом, $671\ 000 - 198\ 600 = 472\ 400$ т условного топлива, что составляет 71% всего завозимого в Киеве количества топлива, при современной системе энергоснабжения ежегодно теряется. В натуральном выражении это составляет, если пользоваться существующими соотношениями отдельных видов топлива в балансе: донецкого топлива 300 000 т, торфа 135 000 т, дров 280 000 т и жидкого топлива 30 000 т.

Во второй пятилетке роль Киева, как крупного промышленного и культурного центра, значительно возрастает. Превращение Киева в столицу Украины, широкий размах нового промышленного строительства, в частности строительство таких гигантов, как заводы вагоноремонтный, станкостроительный, автосборочный и т. д., завершение технической реконструкции существующих предприятий («Большевик», «Ленкузня» и пр.), и, наконец, грандиозные масштабы коммунального и жилищного строительства, — все это предъявляет совершенно новые и исключительно ответственные требования к энергетической системе г. Киева. Энергетическая база Киева во второй пятилетке должна быть тщательно расширена, а существующая примитивная система энергоснабжения коренным образом реконструирована в соответствии с повышенными количественными и качественными

требованиями образцового социалистического города, каким должен стать Киев.

Основным рычагом реконструктивных сдвигов в системе энергоснабжения Киева (и в соответствии с этим изменение структуры его топливного хозяйства) должна стать централизация производства значительного количества необходимого городу тепла на основе осуществления *теплофикации и газификации* промышленного и бытового топливопотребления.

Централизация производства тепла путем теплофикации и газификации города решительно повысит коэффициент использования сжигаемого топлива, что приведет к реальной экономии значительного количества топлива, в частности таких его видов, как нефть и дрова, являющиеся чрезвычайно дефицитными.

Особенно разительная экономия вносится при переходе на газовое топливо в быту.

Громадные потери тепла, возникающие при многочисленных разрозненных домовых топочных устройствах, в значительной мере устраняются переводом их на централизованное газоснабжение.

Разница в коэффициенте полезного действия при этом будет весьма существенной — вместо 10—15% использования тепла твердого топлива в домашних очагах, общий коэффициент использования газа в газовых плитах составит $(0,6 \cdot 0,75) \cdot 100 = 45\%$ (где 0,6 — коэффициент использования газа в газовых плитах, 0,75 — коэффициент газификации), т. е. в 3—4,5 раз выше.

Теплофикация и газификация явятся мощным фактором внедрения в топливный баланс местных и низкосортных топлив — торфа и штыбов, поскольку характер и масштабы теплосилового хозяйства теплоэлектроцентралей, газозаводов и газогенераторных станций позволяют широко использовать эти виды топлива.

Особенно это должно быть отнесено к области газификации, поскольку, как мы видели выше, таким путем имеются достаточно оснований освоить весьма зольные торфа, расположенные вокруг Киева.

Наконец, как теплофикация, так и газификация в домашнем быту дают значительные преимущества как с точки зрения бытовой и санитарно-гигиенической, так и с точки зрения экономической, являясь культурным и легко используемым, наиболее дешевым источником тепла.

2. Предпосылки газификации Киева

Плановая система, присущая советской экономике, исключает всякую возможность конкуренции также и в области энергоснабжения между отдельными носителями энергии. В энергетическом хозяйстве Киева отдельным применяемым видам энергии (электрической, тепловой и газа) отводится определенная область применения:

1. *Электрификация* в энергетической системе Киева охватит в основном область силы и света.

2. *Теплофикация*, как источник тепла низкого потенциала, подающегося в виде горячей воды и пара, должна обслуживать в основном:

отопление и вентиляцию жилых, общественных и промышленных помещений, бани, прачешные, больницы, ванны и домашнюю стирку белья.

3. Газификация охватывает в быту тепло высокого потенциала — приготовление пищи как в домашних условиях, так и по предприятиям общественного питания (столовые, фабрики-кухни и пр.), в коммунальном хозяйстве, главным образом — хлебопечение; в промышленности — предприятия применяющие огневые процессы (силикатная, керамическая, производство стройматериалов, машиностроение и др.).

Такое деление сферы применения отдельных видов энергии определяется не только техническими особенностями и конкретными условиями в перспективе ближайших лет, но и экономической выгодностью.

В области тепла низкого потенциала теплофикация является наиболее экономичной. Точно также в области тепла высокого потенциала газовое топливо является наиболее дешевым и экономичным источником тепла, значительно более дешевым, чем электроэнергия.

Крупнейший специалист по газовой технике Dr-ing. Bertelsmann дает на основании продолжительных исследований такие сравнительные цифры по варке газом и электричеством.¹

Таблица XXXVIII

Количество киловатт-часов электроэнергии заменяемое 1 м³ газа

Приготовление пищи на семью	Число членов семьи		
	3 чел.	5 чел.	7 чел.
При общей работе на горелке или камфорке	3,13	3,10	3,21
При получении горячей воды	3,30	3,13	3,42
При получении горячей воды в специальных приборах	4,04	3,86	3,83

Такое же примерно соотношение между электроэнергией и газом имеет место и в наших союзных условиях.

В среднем можно считать, что 1 м³ газа теплопроизводительностью в 4200 кал в электрической кухне эквивалентен расходу 3,5 квт-ч.

Схема теплофикации во второй пятилетке, согласно пятилетнему плану развития народного хозяйства г. Киева, разработанному Киевским горпланом в июле 1934 г., представляется в следующем виде.

В течении 1935, 1936 и 1937 гг. в Киеве должны быть построены и введены в эксплуатацию к 1937 г. две теплоэлектроцентрали.

Кроме того, существующая ГЭС I (бывш. ЦЭС) частично реконструируется в теплоцентральный, что дает дополнительную теплофикационную мощность в 12 000 квт.

¹ Blum и Bertelsmann, G.W.F, 1932, № 46, стр. 910.

Таким образом, в 1937 г. Киев будет располагать тремя ТЭЦ'ами¹ с общей установленной мощностью в размере 48 000 квт с годовой выработкой электроэнергии в 216 млн. квт-ч.

Полезный отпуск тепла со всех этих станций в 1937 г. в виде горячей воды и частью пара составит 650 000 мегакалорий, в том числе:

для промышленности 310 000 мегакал
» быта 340 000 »

В связи с получением тепла от ТЭЦ'ов непосредственный расход топлива на промышленных предприятиях и у бытовых потребителей значительно сократится. Приняв средний коэффициент полезного действия для промышленных котельных установок равным 0,6, а для бытовых потребителей (в основном центральное отопление) 0,4, получим, что сокращение непосредственного расхода топлива в связи с централизованным теплоснабжением составит:

$$\text{в промышленности } \frac{310\,000 \cdot 10^6}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,6} = 74\,000 \text{ т}$$

$$\text{в быту } \frac{340\,000 \cdot 10^6}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 120\,000 \text{ т,}$$

где: 7000 — теплопроизводительность условного топлива,
1000 — коэффициент перевода в тонны.

Таким образом, общее сокращение непосредственного расхода потребителями условного топлива составит 194 000 т.

Согласно качественным показателям второго пятилетнего плана Киева средний удельный расход условного топлива на выработанный киловатт-час в 1937 г. составит: а) на конденсационных станциях 0,65 кг, б) на теплоцентралях 0,9 кг.

При общей средней годовой выработке электроэнергии на ТЭЦ'ах Киева в 1937 г. в 216 млн. квт-ч дополнительный расход топлива для теплофикационной мощности составит:

$$216\,000\,000 \cdot (0,9 - 0,65) = 53\,000 \text{ т условного топлива.}$$

Следовательно, экономия в топливе в связи с теплофикацией выразится в размере:

$$194\,000 - 53\,000 = 141\,000 \text{ т условного топлива.}$$

Переводя это количество в натуральное топливо соответственно существующей структуре топливного баланса, получим, что, благодаря централизованному теплоснабжению от ТЭЦ'ов, Киев сэкономит около 120 000 т донецкого топлива, 30 000 т торфа и 55 000 т дров и соответственно этому железная дорога получит также значительное облегчение, выражающееся в освобождении 16 000 вагонов от перевозки топлива в Киев, в частности по линии Донбасс — Киев в размере около 7500 вагонов.

Параллельно и одновременно с развитием теплофикации топливного хозяйства г. Киева, охватывающей область тепла низкого

¹ Соответственно перспективным энергетическим планам разработанным Киевэнерго и Горпланом.

потенциала, необходима такая же реконструкция в теплоснабжении потребителей тепла высокого потенциала.

Централизация теплоснабжения потребителей теплом высокого потенциала (печи, приготовление пищи, хлебопечение и т. д.) тем более необходима, что именно в этой области, главным образом, расходуются дефицитные и дорогостоящие виды топлива — дрова, нефть, мазут и керосин.

Роль газификации, как наиболее рационального и выгодного пути централизованного теплоснабжения потребителей тепла высокого потенциала, показана выше.

Что касается технической выгоды применения газового топлива в домашнем хозяйстве по сравнению с непосредственным сжиганием натурального топлива, то она весьма значительна и заключается в следующем:

1. Потребление газа весьма легко, не требуется больших трудовых усилий, процесс пищевого приготовления значительно ускоряется, устраняется ряд работ, необходимых при непосредственном сжигании твердых топлив как транспортирование, хранение и подготовка топлив (распиловка, рубка, растопка, выгревание золы и пр.).

2. Применение газа создает весьма благоприятные санитарно-гигиенические условия в домашнем быту (устраняется дым, копоть и пр.).

Современные газовые приборы за последние годы весьма усовершенствовались, стали дешевле и долговечны (по сравнению с электроприборами). Срок службы их 5 — 10 лет.

Особенно интересны газовые плиты, применяемые в США. Они имеют вид комодов с целым рядом ящичков, имеются автоматические часы для зажигания и гашения пламени, что уточняет и упрощает работу. Плиты хорошо изолированы и надолго сохраняют теплую пищу до ее потребления. По сравнению с европейскими американские плиты дают значительно повышенную интенсивность пламени, что сильно сокращает процесс приготовления пищи.

Все эти обстоятельства, в особенности же ускорение и упрощение приготовления пищи, вносят определенную экономию в общественном труде.

С экономической стороны газ остается наиболее дешевым видом топлива, обходясь дешевле всех других видов горючего в домашнем быту.

Экономическим критерием, определяющим выгоду применения газа в Киеве для быта, помимо вышеуказанных и не расцениваемых в денежном выражении факторов санитарно-гигиенического порядка, является стоимость газа по сравнению с его главным конкурентом: электричеством, дровами и керосином.

Сравним стоимость газа с дровами и керосином — наиболее ходовыми видами топлива в быту.

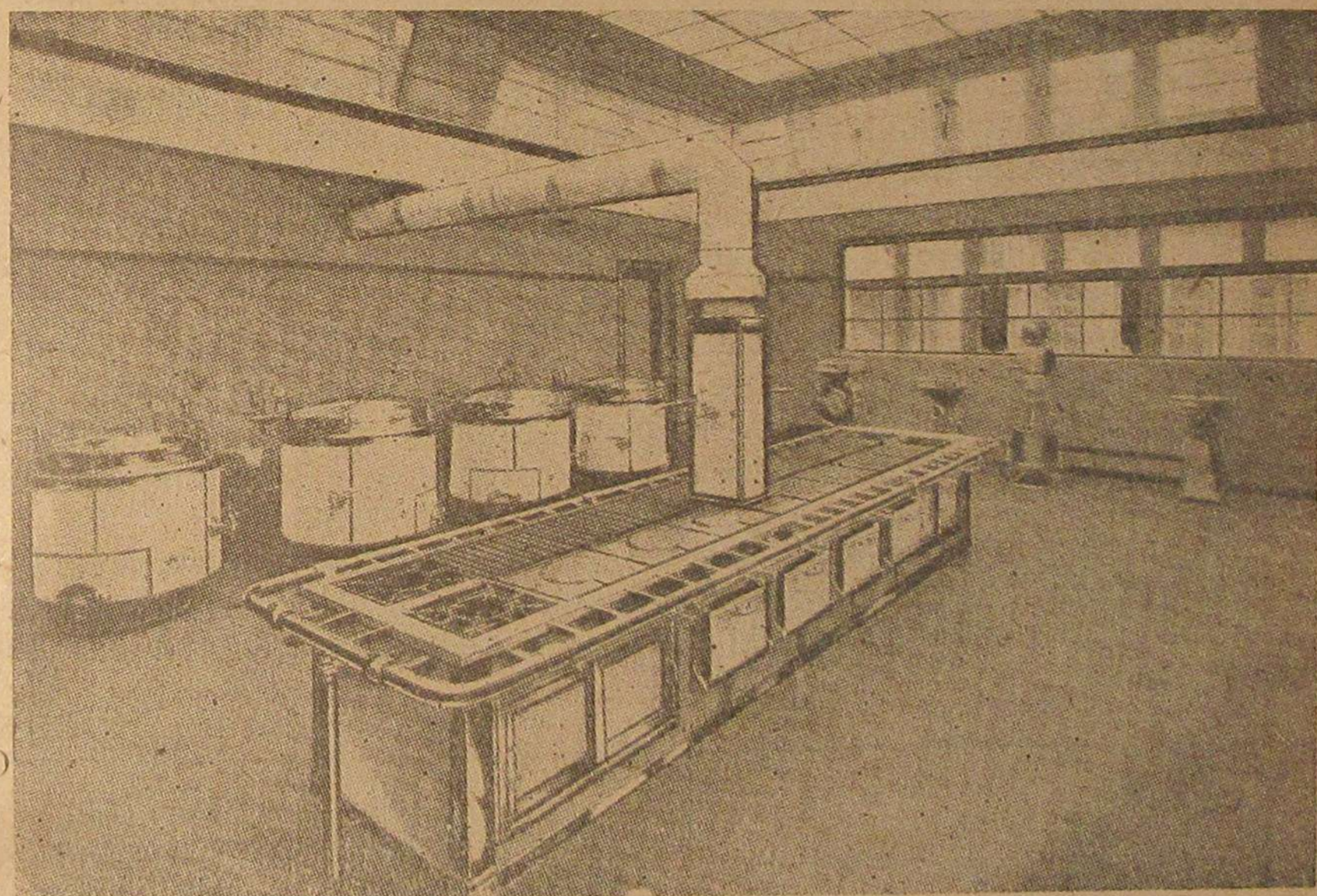
Примем среднюю теплотворную способность 1 кг дров в 2600 кал (принимая дрова среднего качества, поставляемые «Киев-топливом»), 1 кг керосина в 10 000 кал и 1 м³ газа в 4200 кал.

Далее, учтем цены, имевшие место в Киеве в 1933 г. на дрова (франко потребитель) — 65 руб. за тонну и керосина — 46 коп за 1 кг.

Себестоимость газа в 4200 кал м³ на основании расчетов в разд. 9 главы X определится в $\frac{5,9 \cdot 4200}{300} \cong 8,3$ коп. Примем отпускную цену 1 м³ газа в 14 коп. по московским расценкам.

Для объективного технико-экономического сравнения учтем разницу в коэффициентах использования сравниваемых топлив, а именно: к. п. д. кухонных плит — 15%, к. п. д. примусов — 45% и газовых плит — 60%.

При перечисленных условиях 1000 полезных калорий у потребителя будут стоить:



Фиг. 51. Современная большая газовая кухня.

на дровяных плитах

$$\frac{65 \cdot 100 \cdot 1000}{2600 \cdot 0,15} = 16,5 \text{ коп.},$$

на примусах

$$\frac{46 \cdot 100 \cdot 1000}{10000 \cdot 0,45} = 10,2 \text{ коп.}$$

и на газовых плитах

$$\frac{14 \cdot 1000}{4200 \cdot 0,6} \cong 6 \text{ коп.}$$

Как видно из приведенных расчетов, газ является, не считая всех уже перечисленных преимуществ его в бытовых условиях, наиболее дешевым топливом.

Относительная дешевизна газа в быту разрешает введение дифференциального тарифа на газ с максимальным снижением стоимости газа для промышленного потребления.

3. Газоемкость Киева

Для определения газоемкости Киева обратимся к топливному хозяйству тех основных потребителей тепла высокого потенциала, которые должны явиться объектами газификации.

В топливном хозяйстве города этими основными объектами газификации являются:

1. Потребление тепла для приготовления пищи как в предприятиях общественного питания, так и в домашних условиях.
2. Потребление тепла для хлебопечения и, наконец,
3. Потребление тепла в больницах и других стационарных лечебных и оздоровительных заведениях, научно-исследовательских и учебных заведениях.

В промышленности объектами газификации должны явиться промышленные печи, в первую очередь сжигающие жидкое топливо а, затем и печи, работающие на твердом топливе (главным образом, промышленность стройматериалов — потребитель низкокалорийного газа).

По данным пятилетнего плана топливоснабжения г. Киева, составленного Киевским горпланом, топливный и тепловой бюджеты указанных объектов газификации представляются для 1937 г. в следующем виде:

Таблица XXXIX

Объекты газификации	Топливный бюджет в тоннах условного топлива	Тепловой бюджет в полезных мекал
1. Промышленность		
а) Печи, работающие на жидком топливе	25 000	52 000
б) Печи, работающие на твердом топливе	75 000	105 000
Итого	100 000	158 000
2. Быт		
а) Общественное питание	57 000	60 000
б) Приготовление пищи дома	20 000	56 000
в) Хлебопечение	22 000	77 000
г) Лечебные заведения	10 000	21 000
Итого	109 000	214 000
Всего	209 000	372 000

Таким образом, потребность в тепле для указанного круга потребителей выражается в 372 000 мекал в год.

При условии *полной газификации* всех этих объектов потребность в торфяном газе 3000 кал составила бы:

$$\frac{372\,000 \text{ мекал}}{3000 \text{ т} \cdot 0,45} = 279\,000 \text{ тыс. м}^3,$$

где 0,45 — средневзвешенный коэффициент полезного действия газовых установок данной группы потребителей

Кроме того, согласно данным Укркоммунэнергостроя потребность в газе для научно-исследовательских институтов, лабораторий, диспансеров и т. п. заведений составляет 6 млн. м³. Следовательно, вся потребность города в газе в 1937 г. выражается цифрой порядка 285 млн. м³.

Полезный же отпуск газа потребителям, исходя из мощности завода должен составить 200 млн. м³. Соответственно этому охват газификацией города в 1937 г. (по оптимальному варианту) составит 70%.

По отдельным потребителям этот коэффициент газификации и соответственно размеры потребления газа в 1937 г. представляются следующим образом:

Таблица XL

Объекты газификации	Потребность в газе 3000 кал при коэффициенте газификации 100% (млн. м ³)	Коэффициент газификации в 1937 г.	Потребность в газе в 1937 г. (млн. м ³)
1. Промышленность			
а) Печи, работающие на жидком топливе	59,0	0,90	53,0
б) Печи, работающие на твердом топливе	117,0	0,50	58,0
Итого	176,0	0,63	111,0
2. Быт			
а) Общественное питание	25,0	0,85	21,0
б) Приготовление пищи дома	23,0	0,70	16,0
в) Хлебопечение	43,0	0,90	39,0
г) Лечебные заведения	12,0	0,60	7,0
Итого	103,0	0,80	83,0
3. Технические нужды	6,0	100,0	6,0
Всего	285,0	0,70	200,0

4. Народнохозяйственный эффект газификации Киева

В связи с газификацией непосредственный расход топлива в промышленности и в быту значительно сократится.

Приняв *средневзвешенный коэффициент полезного действия* при сжигании топлива в промышленных печах равным 0,23, для бытовых потребителей 0,28, а при применении газа в промышленных печах 0,3 и для быта 0,60, получим, что сокращение непосредственного расхода топлива в связи с газификацией составит (в условном топливе):

в промышленности

$$\frac{111\,000\,000 \cdot 3000 \cdot 0,3}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,23} = 62\,000 \text{ т.}$$

в быту

$$\frac{89\,000\,000 \cdot 4200 \cdot 0,60}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,28} = 115\,000 \text{ т.}$$

Всего 177 000 т.)

Расход торфа на газовом заводе с годовой программой полезного отпуска в 200 млн. м³ газа теплопроизводительностью 3000 кал (без учета карбюрации) составит:

621 000 т. или 200 000 т условного топлива

(считая рабочую теплопроизводительность применяемого высокозольного торфа около 2300 кал).

Основной народнохозяйственный эффект от осуществления дальней газификации Киева на базе высокозольных торфяных массивов заключается в экономии, во-первых, высококачественных и дорогих видов топлива, как нефть, уголь и дрова, и, во-вторых, в разгрузке железнодорожного транспорта, освобождающегося от перевозки значительных количеств топлива в Киев.

Замененные торфяным газом 177 000 т условного топлива в натуральном выражении составляют 27 тыс. т нефтетоплива, 190 тыс. т дров и около 68 тыс. т угля. Такова значительная народнохозяйственная выгода от газификации.

Народнохозяйственный эффект для железнодорожного транспорта при дальней газификации выразится в освобождении от перевозок топлива в Киев свыше 13 500 вагонов, в том числе 2400 цистерн для перевозки нефти и около 4500 вагонов по линии Донбасс — Киев.

Наконец, осуществление широкой газификации торфа позволяет построить на базе переработки значительного количества побочных торфяных дегтей промышленность исключительной государственной важности — торфосмолоперегонное производство.

В разделе 7 главы V было указано назначение отдельных продуктов переработки торфяного дегтя.

Часть этих продуктов (воски, фенолы и их производные) являются крайне необходимыми и остродефицитными для ряда отраслей нашей промышленности. Достаточно указать например, что с 1931 г. нам пришлось перейти на импорт значительных количеств фенолов-кре-

золов. Недостаток этих продуктов в СССР объясняется чрезвычайно бурным ростом потребности в них, с одной стороны, и изменениями в режиме работы каменноугольных коксовых печей (являющихся почти единственным до сих пор источником фенолов и их производных) за последние годы, с другой. Рост потребления фенолов вызван главным образом развитием промышленности пластических масс, являющихся наиболее крупным потребителем феноло-крезолов.

С помощью последних вырабатывается ряд новых материалов, заменяющих более дорогие, в частности литые и прессованные массы (бакелит, карболит и др.), ряд слоистых продуктов — изоплиты, формованные и безшумные шестерни и др.

О бурном росте и значительности промышленности пластических масс свидетельствует хотя бы то, что по плану второй пятилетки продукция этой промышленности в СССР возрастает в 12 раз.

Не останавливаясь на других отраслях промышленности, являющихся потребителем феноло-крезолов и других продуктов, получающихся при переработке торфяного дегтя — восках, парафинах, тракторном и дизельном топливе, асфальтенах и пеке, укажем, что [расчеты показывают (глава X, раздел 8) на возможность производства продуктов на общую сумму около 8 200 000 рублей в год по государственным ценам при принятом масштабе станции.

ГЛАВА IX

ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ ШИРОКОЙ ГАЗИФИКАЦИИ

Ниже приводим качественную и количественную характеристику крупных торфяных массивов, расположенных вокруг Киева в радиусе 65—70 км и могущих вследствие своей значительной мощности явиться объектами крупного энергостроительства и газоснабжения Киева; это болота: 1) Трубеж, 2) Трубайло, 3) Недра, 4) Здвиж и 5) Ирпень.

1. Болото Трубеж

Географическое положение болота. Болото Трубеж (фиг. 52) — одно из крупнейших болот Украины — расположено в пойме р. Трубеж, притока Днепра. Начинается оно у с. Светильное и тянется в юговосточном направлении до г. Переяслава, имея в длину всего 70 км.

По обеим сторонам болота расположены (сверху вниз) следующие населенные пункты: Светильное, Русанов, Остролучье, Селище, Барышевка, Летняки, Коржи, Борщев, Семеновка, Пристромы, Козлов, Волчков, Гланищев, Гайшин.

Между селами Коржи и Летняки проходит железнодорожная линия Киев—Полтава, станция которой Барышевка находится почти на самом болоте. Ближайшая пристань к болоту — Переяслав. Расстояние от болота до Киева составляет 60—70 км.

Краткая топография болота. Болото расположено на второй и третьей террасах Днепровской низины. Водосбор Трубежа относительно равнинный, в нижней части степной. Берега болота местами довольно крутые. Само же болото имеет весьма незначительный уклон.

Водный режим болота. Болото питается атмосферными осадками и грунтовой водой. Водоприемником для болота является магистральный канал осушительной сети. В нижней части болота, начиная от х. Дубова Шоя до р. Днепр, р. Трубеж образует собой естественный водоприемник.

Тип и характер болота. Трубеж является болотом низинным. Геоботанический состав Трубежа в основном осоково-тростниковый. На поверхности болота растут кормовые травы (трекостная осока и др.). Древесная растительность наблюдается только на участке от с. Остролучье до железнодорожного полотна. Пней нет. Подпочва — глина.

Количественная характеристика болота. В 1930 г. детальным гидротехническим исследованием была охвачена почти вся площадь болота от с. Русанов до г. Переяслава. Участок болота от с. Русанова выше до с. Светильное обследован торфяной рекогносцировкой в 1931 г.



Фиг. 52. Болото Трубеж.

По данным первого обследования имеем:

Площадь торфяника	8325 га
» промзалежи	6609 »
Толщина очеса	0,20 м
Максимальная глубина	6,00 »
Средняя глубина	2,00 »
Запасы сырца	139200 тыс. м ³
» воздушно-сухого торфа	23800 тыс. т

Данные второго обследования следующие:

Площадь торфяника	317 га
» промзалежи	268 »
Максимальная глубина	5,0 м
Средняя глубина	1,7 »
Запасы сырца	4550 тыс. м ³
» воздушно-сухого торфа	759 тыс. т.

Таким образом, общие запасы по всему болоту Трубеж составляют 144 000 тыс. м³ торфа сырца или 24 500 тыс. т воздушно-сухого торфа.

Качественная характеристика болота. Основная масса торфа болота Трубеж характеризуется повышенной зольностью, достигающей 40—50% на абс. сухую массу. Но на отдельных участках на глубине до 2—2,5 м средняя зольность значительно ниже и составляет 25—27%.

Ниже приводим подробную качественную характеристику болота на отдельных участках (снизу вверх).

Полигон № 5 — торфа нет.

Полигон № 6 (с. Гайшин — х. Гребля) — залежи торфа обнаружены на всем участке. Средняя глубина 1,67 м. Очес 0,20 м. Средняя зольность 27,24%. Площадь промзалежи 887 га, запасы сырца 13 315 тыс. м³.

Полигон № 7 (х. Гребля — с. Волганово) — торф залегает по всему участку, при этом глубина его сильно колеблется, в среднем она составляет 2 м. Средняя зольность выше 40%.

Полигон № 8 (с. Волганово — х. Заостровный) — с левой стороны этот участок в виде магистральной канавы переходит в р. Недра, пойма которой представляет собой торфяное болото. Средняя глубина торфа на этом участке 2,5 м. Торф многозольный. Средняя зольность выше 40%.

Полигон № 9 (х. Заостровный — с. Волошниково) — залежи торфа весьма значительны. Глубина доходит до 5 м, в среднем 2,14 м. Торф многозольный. Средняя зольность выше 40%.

Полигон № 10 (с. Волошниково — ж. д.) — часть болота на этом участке разрабатывается (Барышевская торфоразработка). Средняя глубина 1,9 м. Очес 0,17 м. Средняя зольность 23,17%. Площадь 347 га. Запасы торфа-сырца 6008 тыс. м³.

Полигон № 11 (ж. д. — с. Пасишное) — залежи торфа расположены по всему болоту равномерно. Средняя глубина 2,36 м. Очес 0,18 м. Средняя зольность 22,3%. Площадь промзалежи 425 га. Запасы сырца 9307 тыс. м³.

Полигон № 12 (с. Пасишное — с. Остролучье) — залежи торфа расположены равномерно. Средняя глубина 2,67 м. Очес 0,12 м. Средняя зольность 22,5%. Площадь промзалежи 295,4 га. Запас сырца 7387 тыс. м³.

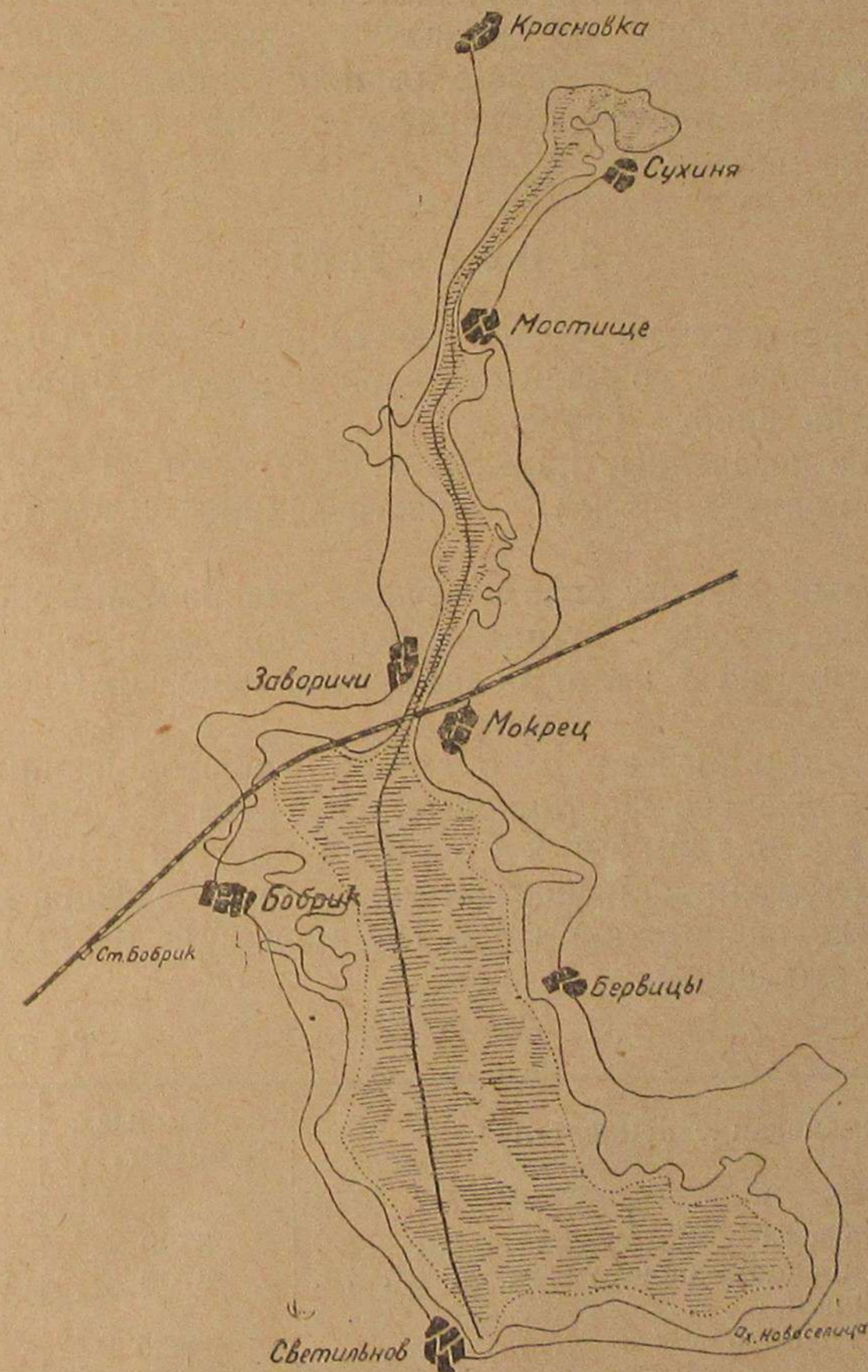
Полигон № 13 (с. Остролучье — с. Русанов) — торф расположен по правой части магистральной канавы. Залегает глубоко. Средняя глубина 2,5 м. Очес 0,17 м. Средняя зольность 21,1%. Площадь промзалежи 508 га. Запасы сырца 10 312 тыс. м³.

Участок с. Русанов — с. Светильное — средняя глубина торфа 1,7 м, максимальная — 5 м. Зольность ниже 25%. Площадь промзалежи 268 га. Запасы сырца 4550 тыс. м³.

Таким образом, запасы торфа с зольностью ниже 25% составляют 50 879 тыс. м³, а запасы с зольностью выше 40% — 93 000 тыс. м³.

2. Болото Трубайло

Географическое положение болота. Болото Трубайло (фиг. 53) расположено в верхнем участке запыла р. Трубеж.



Фиг. 53. Болото Трубайло.

В нижней части болото Трубайло непосредственно переходит в болото Трубеж. Ближайшая станция железной дороги Забаричи лежит почти на болоте. Расстояние от болота до Киева 45 км.

Количественная и качественная характеристика болота. По данным последнего рекогносцировочного

обследования 1930 г. болото Трубайло характеризуется такими показателями:

Исследованная площадь болота в га	6126
Площадь промзалежи в га	4306
Максимальная глубина в м	5,90
Средняя глубина без очеса в м	2,62
Запасы торфа-сырца в промзалежи в тыс. м ³	112811
Средняя зольность в переводе на абсолютно сухую массу по всему болоту (°/о)	42,9

Следует отметить, что по отдельным значительным участкам средняя зольность меньше. Так, по данным предыдущих обследований на участке от с. Заворичи до с. Берлице средняя зольность составляет 28,4°/о, а к югу от с. Заворичи на площади в 1406 га средняя зольность даже несколько ниже — 27,7°/о.

3. Болото Недра

Географическое положение болота. Болото Недра расположено в пойме реки Недра и тянется от м. Круполь до южного участка болота Трубеж.

Ближайшие населенные пункты: м. Круполь — 1 км, М.-Недра — 0,5 км, м. Березань — 0,5 км, х. Заостровский — 3 км, М.-Ярешки — 0,5 км.

Через южный участок болота между с. Недра и м. Березань проходит железная дорога — линия Киев - Полтава, станция которой Березань отстоит на 1 км от болота. Расстояние от Киева до болота 60—65 км.

Тип и характер болота. Болото низинное. Ботанический состав: осоково-тростниковый. Подгрунт — глина.

Количественная характеристика болота. О всей площади торфяника и залежах торфа в болоте Недра имеются данные детальных гидротехнических обследований 1914 и 1925 гг.

Приводим эти данные:

Таблица ХLI

Наименование показателей	Данные 1914 г.	Данные 1925 г.
Площадь болота в га	3700	3700
Исследованная площадь болота в га	3700	3400
Площадь торфяника	—	2400
Максимальная глубина в м	6,25	6,0
Толщина очеса	0,20	0,25
Средняя глубина в м	3,00	2,00
Запасы сырца в тыс. м ³	81900	48000
Запасы воздушно-сухого торфа в тыс. т	13150	10000

В 1930 г. торфяной рекогносцировкой обследован участок болота у м. Березань площадью 755 га. Этот участок характеризуется такими показателями:

Таблица ХLII

Площадь торфа в га	755
Максимальная глубина в м	6,00
Толщина очеса в м	0,20
Средняя глубина в м	1,6
Запасы сырца в тыс. м ³	11325
Запасы воздушно-сухого торфа (30°/о влаги) тыс. т	2230

Качественная характеристика болота. О зольности торфа имеются данные торфяного исследования 1931 г. для участка м. Круполь — с. Ярешки. Согласно этому исследованию минимальная зольность 6,5°/о, средняя 18,67°/о.

По данным торфяной разведки 1930 г. для участка у м. Березань имеем:

Таблица ХLIII

Средняя природная влажность (°/о)	85,5
Зольность абсолютно сухой массы (°/о):	
а) минимальная	10,2
б) средняя	28,0
Теплотворная способность горючей массы (кал):	
а) минимальная	4435
б) максимальная	4496
Средняя температура плавления золы (°С)	1260

4. Болото Здвиг

Географическое положение болота. Массив Здвиг — один из крупнейших на Украине — расположен в пойме реки Здвиг и тянется в северо-восточном направлении от истока до впадения в реку Тетерев. Конечными пунктами болота являются: на севере — с. Лобыдва, на юге — с. Макаров. По обе стороны болота расположены села: Ваховка, Фоневичи, Шибенне, Бородянка, Андреевка и др. Южный участок болота пересекает железнодорожная линия Киев—Коростень, станция которой Бородянка находится почти на самом болоте. К болоту тяготеют следующие райцентры: Дымер — 15 км, Иваньков — 30 км, Макаров — 27 км. Расстояние от болота до Киева 70—80 км.

Краткая топография болота. Болото расположено в заплаве реки Здвиг. Берега песчаные, относительно отлогие, но возле сел Юрьев и Рыжев довольно крутые. Берега с левой стороны покрыты лишайником и сосной; на правой стороне расположены огороды.

Водный режим болота. Река Здвиг, в заплаве которой расположено болото, характеризуется довольно быстрым течением. Средняя ширина реки 8—10 м.

Тип и характер болота. Болото Здвиг относится к типу низинных. Геоботанический состав в основном осоково-тростниковый. Подгрунт — глина.

Количественная характеристика болота. Вся площадь болота исследована гидротехнически в 1929 г. По данным этого исследования имеем:

Общая площадь болота . . .	13000 га	Средняя глубина без очеса .	1,25 м
Площадь торфяника	9000 »	Запасы сырца	112500 тыс. м ³
Максимальная глубина	3 м	Запасы воздушно-су-	
Толщина очеса	0,20 м	хого торфа	18750 тыс. т.

В 1932 г. проведено торфяное обследование верхней части болота от с. Вахновка до с. Шибенное площадью в 6489 га.

Согласно данным этого исследования имеем:

Исследованная площадь болота	6489 га	Очес ?	0,2 м
Площадь торфяника	3968 »	Запасы сырца	32136 тыс. м ³
Площадь промзалежи	2473 »	Запасы воздушно-	
Средняя глубина промзалежи . .	1,5 м	сухого торфа	5356 тыс. т.

Качественная характеристика болота. Систематизированные качественные показатели для всей площади отсутствуют. Ниже приводим качественные показатели для отдельных участков болота:

Участок болота у с. Феневичи (по данным исследования 1932 г.)	Площадь промзалежи	215 га
	Средняя глубина	1,3—1,4 м
	Запас сырца	2892 тыс. м ³
	Запасы воздушно-сухого торфа . .	476 тыс. т
	Средняя зольность	24,0—25,7 ⁰ / ₀
	Q _c	3877—4098 кал
	Q ₂	5194—5236 кал
	W	87—88 ⁰ / ₀
Участок болота у с. Одитель (по данным исследования 1932 г.)	Площадь промзалежи	404 га
	Средняя глубина	1,4 м
	Запасы сырца	5656 тыс. м ³
	Запасы воздушно-сухого торфа . .	942 тыс. т.
	Средняя зольность	22,6 ⁰ / ₀
	Q _c	4305 кал
	Q ₂	5270 кал
	W	86,68 ⁰ / ₀
Участок болота у с. Шибенное (по данным исследования 1932 г.)	Площадь промзалежи	1362 га
	Средняя глубина	1,6 м
	Запасы сырца	217763 тыс. м ³
	Запасы воздушно-сухого торфа . .	3629 тыс. т
	Средняя зольность	20,1 ⁰ / ₀
	Q _c	4169 кал
	Q ₂	5343 кал
	W	25,8 ⁰ / ₀
Участок болота у м. Бородянка (по данным исследования 1929 г.)	Площадь промзалежи	90 га
	Средняя зольность	19,25 ⁰ / ₀
	Q ₂	4551—4927 кал
Участок болота у с. Плахтянка (по данным исследования 1929 г.)	Площадь промзалежи	29 га
	Средняя зольность	12,29 ⁰ / ₀
	Q ₂	5236—5571 кал

5. Болото Ирпень

Географическое положение болота. Начинается болото Ирпень у с. Казаровичи Киевского района и тянется с запада на восток до села Черногородка. Расположено оно в пойме р. Ирпень. По берегам болота расположено ряд селений: Раковне, Гостомель, Ирпень, Игнатовка и другие.

Несколько выше среднего участка через болото пролегает железнодорожная ветка Киев—Коростень, станция Ирпень которой находится у болота.

Другие ближайшие станции: Мотовиловка в 10 км от болота, Васильков — 13 км. Расстояние от болота до Киева 25—30 км.

Тип и характер болота. Болото Ирпень относится к типу низинных. Геоботанический состав — осоково-тростниковый. Подгрунт — песок.

Количественная и качественная характеристика болота. Болото Ирпень также, как и болото Здвиг, мало исследовано. Вся площадь болота охвачена детальным гидротехническим обследованием в 1927 г. Кроме этого исследования произведено исследование в 1929 г. небольшого участка болота от с. Скопинцы до с. Н. Гребля.

По данным исследования 1927 года имеем:

Общая площадь болота	11000 га
Площадь торфяника	9000 »
Максимальная глубина	5,0 м
Толщина очеса	0,25 »
Средняя глубина	2,0 »
Запасы сырца	180000 тыс. м ³
Запасы воздушно-сухого торфа	30000 тыс. т. }

По данным исследования 1929 года имеем:

Площадь торфяника	375 га
Максимальная глубина	6,0 м
Толщина очеса	0,25 »
Средняя глубина	2,1 »
Запасы сырца	7233 тыс. м ³
Средняя зольность	38,48 ⁰ / ₀
Q ₂	4736 кал
Кокс	67,7 ⁰ / ₀
Летучие	32,3 ⁰ / ₀
Сера	0,31 ⁰ / ₀
Температура плавления золы	1320°

В отношении качества имеем также данные детальное торфяного исследования по двум участкам болота:

1. Село Скопинцы — 2234 га; средняя зольность 55,67⁰/₀, Q₂ = 4586—6090 кал кг.

2. Село Ирпень — 2892 га; средняя зольность 29,84⁰/₀, Q₂ = 4930—5836 кал кг

Рассматривая вышеприведенные массивы с точки зрения их использования, как сырьевой базы для газоснабжения Киева, наиболее целесообразным следует признать выбор системы болот Трубеж-Трубайло-Недра.

Общий запас торфа-сырца по этой системе составит:

1. Трубеж	144 000 тыс. м ³
2. Трубайло	112 800 » »
3. Недра	48 000 » »
Всего	304 800 тыс. м ³

Если рассматривать основное болото этой системы — Трубеж то при годовой потребности в 621 000 т воздушно-сухого торфа (см. ниже) и нормальных потерях при торфодобыче (в карьерах и пр.) в 25% и при сушке около 3%, запасы торфа на бол. Трубеж окажутся достаточными на:

$$\frac{24500 \cdot 10^3 \cdot 0,72}{621,0 \cdot 10^3} \cong 28 \text{ лет,}$$

вполне достаточный амортизационный срок.

Болота Трубайло и Недра должны явиться резервными массивами для возможности увеличения газоснабжения и прокладки дополнительного газопровода.

С точки зрения возможности осушки болота по имеющимся предварительным данным оно вполне допускает форсированную осушку и применение механизации гидротехнических и подрывных работ.

Учитывая особенности болота, с одной стороны, и неразрешенность в настоящее время получения двойного газа из фрезерного торфа, с другой, предположена добыча на болоте торфа в кусковом виде.

ГЛАВА X

РАСЧЕТ ТОРФЯНОЙ ГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДВОЙНОГО ГАЗА НА БОЛОТЕ ТРУБЕЖ

1. Место газовой установки

В предыдущей главе нами были рассмотрены сырьевые ресурсы, являющиеся естественной базой широкой газификации Киева.

Учитывая развитие промышленного строительства, нужно будет признать, что донецкое топливо и нефть, несмотря на увеличивающиеся темпы их добычи, будут еще долго оставаться дефицитными видами топлив и максимальное использование местных ресурсов остается весьма актуальной задачей.

Газификация, благоприятствуя применению местных низкоценных топлив, внедряет в топливный бюджет Киева многозольный торф и положительно изменяет структуру топливного баланса, резко снижая роль привозных топлив.

Переходя к вопросу выбора места газогенераторной станции, нужно отметить здесь два возможных варианта:

1) газовая установка находится на болоте, а газ передается Киеву по газопроводу на 60—70 км и

2) газовая установка находится в Киеве или вблизи его, а топливо подвозится по железной дороге.

Снабжение газового завода, расположенного в Киеве, потребует подачи сотен вагонов топлива ежедневно с перевозкой его по городу и значительное количество вагонов для обратного вывоза золы из города.

По лабораторным опытам, поставленным в Укринсторфе (см. таблицу XLIV), объемное содержание золы торфа увеличивается от 1,3 до 7,5 раз по сравнению с весовым его содержанием.

Это означает, что даже при незначительном содержании золы (для наших украинских торфов порядка 12% в переводе на рабочее топливо) объем, занимаемый золой, будет больше 1/3 всего первоначального объема торфа.

Не касаясь технических затруднений в организации подачи в город таких значительных количеств топлива, ухудшения санитарно-гигиенического состояния города и необходимости обратного вывоза громадных количеств золы и шлаков, подача такого количества торфа потребует прокладки с болота специального железнодорожного полотна.

Таблица XLIV

Наименование пробы	A _c	W _л	A _л	Объем золы после сжигания в % к лабораторному объему торфа	Отношение объемного содержания золы	
					к весу A _c	к весу A _л
Шевцова-Нива № 15	1,50	11,64	1,33	10	6,6	7,5
Моства № 18	5,05	15,06	4,29	30	5,9	7,0
Моства № 17	5,12	14,73	4,37	29	5,6	6,6
Моства № 19	5,35	15,02	4,55	27	5,0	6,0
Ромны № 4	12,78	15,47	10,81	37	2,9	3,4
Ромны № 2	14,07	15,00	11,96	38	2,7	3,2
Мнево № 1	21,38	13,06	17,76	39	1,8	2,2
Замглай № 10	24,02	13,22	20,90	31	1,3	1,5
Буча № 38	66,80	9,12	60,79	81	1,2	1,3
Замглай № 9	38,00	19,73	30,50	40	1,0	1,3

Учитывая это обстоятельство и весьма высокую зольность торфяников, могущих быть базой для газоснабжения Киева, придется от второго варианта отказаться.

Газовая установка должна быть построена на болоте в центре сырьевых ресурсов, а газ должен передаваться по газопроводу к газгольдеру франко Киев.

Расматривая конкретную обстановку болота Трубеж в целях максимального уменьшения перевозок добытого торфа на самом болоте, нужно место установки газовой станции выбрать в середине болота, в южной его части за железной дорогой (см. фиг. 54).

Тогда газопровод ориентировочно пройдет через Силичевку, Борисполь и Дарницу в Киев.

2. Расчет процесса газификации в двойной водяной газ

Ориентировочный расчет процесса газификации торфа в двойной водяной газ:

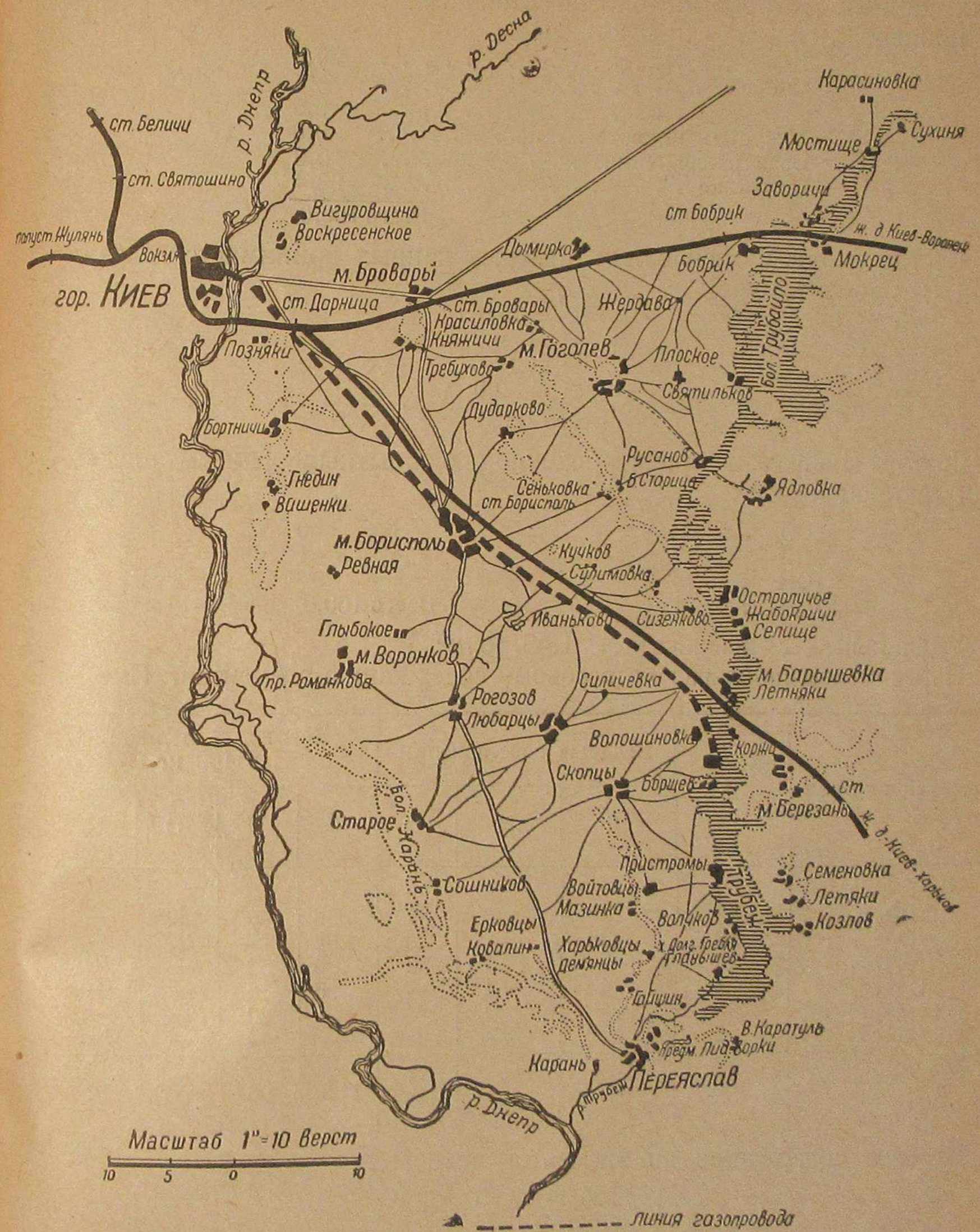
Состав горючей массы трубежского торфа принимаем такой:

$$\begin{array}{ll}
 C_2 = 56,0 & O_2 = 35,3 \\
 H_2 = 5,8 & S_2 = 0,5 \\
 N_2 = 2,4 & \text{Всего } 100,0\%
 \end{array}$$

Зольность в переводе на абсолютно-сухую массу (A_c) примем в среднем по эксплуатационным участкам в 30,0%.

Влажность воздушно-сухого торфа примем в среднем тоже в 30%. Пересчитанный состав абсолютно сухой массы торфа выразится следующим образом (в процентах):

$$\begin{array}{ll}
 C_c = 39,20 & S_c = 0,35 \\
 H_c = 4,06 & A_c = 30,00 \\
 N_c = 1,68 & \text{Всего } 100,0\% \\
 O_c = 24,71 &
 \end{array}$$



Фиг. 54. Карта расположения болот Трубеж, Трубайло и населенных пунктов по отношению к Киеву и линия дальнего газопровода.

Расчет газификации проводим на 100 кг абсолютно сухой массы торфа.

Выход продуктов швелования торфа на основании экспериментальных данных с торфами, близко стоящими к трубешскому, ¹ будет (в процентах):

Швельгаз	20,0
Смола	8,5
Аммиак	0,5
Уксусная кислота	0,6
Вода разложения	10,0
Полукокс	60,4
Всего 100,0	

Состав смолы на основании опытных данных принимается следующий (в процентах):

C = 76,0
H = 9,0
O = 13,0
N = 2,0
Всего 100,0

Состав швельгаза ориентировочно по опытным данным следующий (в процентах):

CO ₂	53	H ₂	10
CO	17	N ₂	1
CH ₄	15		
C ₂ H ₄	4	Всего 100,0	

Удельный вес швельгаза — 1,43 кг/м³

Пересчитаем швельгаз по весовому содержанию элементов. Имеем:

Состав швельгаза	%	Весовые соотношения			Весовое содержание в 100 кг			
		C	H	O	C	H	O	N
CO ₂	53	12	—	32	636	—	1696	—
CO	17	12	—	16	204	—	272	—
CH ₄	15	12	4	—	180	60	—	—
C ₂ H ₄	4	24	4	—	96	16	—	—
H ₂	10	—	2	—	—	20	—	—
N ₂	1	—	—	—	—	—	—	14
	100	—	—	—	1116	96	1968	14

Весовое содержание по элементам швельгаза:

$$C = \frac{20 \cdot 1116}{3194} = 6,99$$

$$H = \frac{20 \cdot 96}{3194} = 0,60$$

¹ Канторов М. В. и бригада, Лабораторное и опытное коксование и полукоксование торфов торфоразработок Украины, Стеклографическое изд. Украинского торфа, 1933, стр. 140.

$$O = \frac{20 \cdot 1968}{3194} = 12,32$$

$$N = \frac{20 \cdot 14}{3194} = 0,09$$

Всего .20,00

Отсюда имеем распределение вещества 100 кг абсолютно сухого вещества торфа.

Продукты швелования	Элементы						Всего
	C	H	O	N	S	A	
Исходный торф (абсолютно сухой)	39,20	4,06	24,71	1,68	0,35	30,0	100,0
Швельгаз	6,99	0,60	12,32	0,09	—	—	20,0
Смолы	6,46	0,76	1,11	0,17	—	—	8,5
Аммиак	—	0,09	—	0,41	—	—	0,5
Уксусная кислота	0,24	0,04	0,32	—	—	—	0,6
Воды разложения	—	1,11	8,89	—	—	—	10,0
Всего	13,69	2,60	22,64	0,67	—	—	39,6
Полукокс (по разности)	25,51	1,46	2,07	1,01	0,35	30,0	60,4

Теоретически для получения 1 м³ водяного газа согласно химической реакции требуется 0,268 кг углерода. Практически в виду имеющих потерь со шлаками, горячим дутьем и пр. при подаче в газогенератор в период парового дутья перегретого пара расход этот составит 0,5 кг углерода кокса на 1 м³ газа.

Отсюда выход водяного газа составит на 100 кг абсолютно сухого торфа:

$$25,51 \cdot 2,0 = 51,0 \text{ м}^3 \text{ при } 0^\circ \text{C и } 760 \text{ мм ртутного столба.}$$

Выход швельгаза из 100 кг абсолютно сухого торфа составляет²

$$\frac{20,0}{1,43} = 14,0 \text{ м}^3 \text{ при } 0^\circ \text{C и } 760 \text{ мм ртутного столба.}$$

Выход двойного водяного газа из 100 кг абсолютно сухого торфа отсюда будет:

$$51,0 + 14,0 = 65,0 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Выход двойного водяного газа из 1 кг рабочего торфа составит:

$$0,65 \cdot 0,70 = 0,46 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Ориентировочный состав двойного водяного газа может быть принят следующий (в процентах):

CO ₂ = 12,0	H ₂ = 40,0
CO = 35,0	O ₂ = 0,2
CH ₄ = 8,0	N ₂ = 3,3
C ₂ H ₄ = 1,5	Всего 100,0%

Теплопроизводительность газа высшая

$$Q_p^v = 30,4\text{CO} + 30,6\text{H}_2 + 94,9\text{CH}_4 + 165\text{C}_2\text{H}_4 = 1064 + 1224 + 759 + 248 = 3295 \text{ кал.}$$

Теплопроизводительность газа низшая (полезная)

$$Q_p^h = 30,4\text{CO} + 25,8\text{H}_2 + 85,3\text{CH}_4 + 142\text{C}_2\text{H}_4 = 1064 + 1032 + 682 + 213 = 2991 \approx 3000 \text{ кал.}$$

Состав газа горячего дутья принимаем (в процентах):

CO ₂ —	9,0
CO —	18,5
H ₂ —	5,0
N ₂ —	67,2
O ₂ —	0,3
Всего 100,0	

$$Q_p^h = 30,4 \cdot 18,5 + 25,8 \cdot 5,0 = 562,4 + 129 = 691,4 \text{ кал} \approx 700 \text{ кал/м}^3.$$

Выход газов горячего дутья из 100 кг абсолютно сухого торфа определяется из баланса углерода.

Углерода в двойном водяном газе из 100 кг абсолютно сухого торфа $0,536 (0,12 + 0,35 + 0,03 + 0,08) \cdot 0,65 = 20,2$ кг.

Принимая потерю углерода со шлаком в 15% от веса золы, имеем на 100 частей абсолютно сухого торфа:

$$0,15 \cdot 30 = 4,5 \text{ кг углерода.}$$

Углерода в 1 нм³ газа горячего дутья будет:

$$0,536 (9,00 + 0,185) = 0,147 \text{ кг/нм}^3.$$

Отсюда выход сухого газа горячего дутья из 100 кг абсолютно сухого торфа составит:

$$\frac{39,2 - (6,46 + 0,24 + 20,2 + 4,5)}{0,147} = \frac{7,8}{0,147} = 56,0 \text{ нм}^3.$$

Выход газа горячего дутья из 100 кг рабочего торфа будет:

$$56,0 \cdot 0,70 = 39,2 \text{ нм}^3 \text{ рабочего торфа.}$$

Ориентировочный расход пара на газификацию 1 кг рабочего торфа определяется из баланса водорода.

Водорода в двойном водяном газе на 100 кг абсолютно сухого торфа содержится:

$$0,0890 (0,40 + 0,16 + 0,03) \cdot 65 = 3,41 \text{ кг.}$$

Водорода и шпельгаза в 100 кг абсолютно сухого торфа содержится

$$0,089 (0,10 + 0,08 + 0,30) 20 = 0,85 \text{ кг.}$$

¹ 1 нм³ сокращенно обозначает 1 м³ при нормальных условиях (0° С и 760 мм давления).

Отсюда количество водорода, подводимое с паром, на 100 кг абсолютно сухого торфа, считая, что в газ попадает еще 25,0% водорода кокса, будет:

$$3,41 - (0,85 + 0,25 \cdot 1,46) = 2,2 \text{ кг.}$$

Количество разложенного водяного пара на 100 кг абсолютно сухого торфа будет:

$$2,2 \cdot 9 = 19,8 \text{ кг.}$$

Считая, что 35% всего вводимого в генератор пара проходит неразложенным, определяем расход пара на газификацию 1 кг рабочего торфа:

$$\frac{19,8}{0,65 \cdot 100} = 0,30 \text{ кг/кг.}$$

Количество пара, которое необходимо подвести в шпельшахт у составляет по ориентировочным подсчетам 0,10 кг на 1 кг рабочего торфа.

Отсюда полный расход перегретого до 650° С водяного пара на 1 кг рабочего торфа составляет:

$$0,30 + 0,10 = 0,40 \text{ кг/кг рабочего торфа.}$$

Расход воздуха на газификацию определяется из азотного баланса. Содержится азота в 1 нм³ газа горячего дутья:

$$1,25 \cdot 0,672 = 0,84 \text{ кг/нм}^3.$$

Отсюда расход воздуха на газификацию 1 кг рабочего торфа будет:

$$\frac{0,84 \cdot 100 \cdot 39,2}{1,254 \cdot 79} = 0,33 \text{ нм}^3/\text{кг рабочего торфа.}$$

Расход воздуха на сжигание газа горячего дутья из 1 кг рабочего торфа составляет по подсчетам 0,22 кг.

Отсюда полный расход воздуха, считая на 1 кг рабочего торфа, газифицируемого в двойной водяной газ, составляет:

$$0,33 + 0,22 = 0,55 \text{ нм}^3/\text{кг.}$$

3. Определение расхода топлива, воздуха, пара, воды и выходов побочных продуктов газификации в двойной водяной газ

Предполагая получить на станции $200 \cdot 10^6$ м³ двойного водяного газа калорийностью в 3000 кал/м³, мы должны рассчитать установку не на это количество (нетто), а принять во внимание добавочные расходы газа как для своих нужд, так и для двигательной силы на компрессию: для газотранспорта, а также утечку газа.

Добавочный расход газа выразится в таких цифрах.

1. Утечка газа в размере 5 ⁰ / ₁₀₀	10 · 10 ⁶ м ³
2. На котельную компрессионной станции, работающую на газе (см. ниже)	34 · 10 ⁶ »
3. На котельную своей станции (см. ниже)	12,4 · 10 ⁶ »
4. На газомоторы своей станции (см. ниже).	3,6 · 10 ⁶ »
Всего	60,0 · 10 ⁶ м ³

Таким образом общая производительность станции должна быть в 260 · 10⁶ м³ в год.

Часовую загрузку для газа, идущего на компрессию, определяем в 30 000 м³/час, а для дополнительного расхода в:

$$\frac{60 \cdot 10^6}{7200} = 8350 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Общий часовой расход составит 38 350 м³/час.

1. *Расход торфа.*

Расход торфа составляет:

в час:

$$\frac{38\,350}{0,46} = 83,37 \text{ т,}$$

в год (расчетный):

$$\frac{260 \cdot 10^6}{0,46} = 565\,200 \text{ т.}$$

Годовой расход рабочего торфа с учетом 10⁰/₁₀₀ накладки на разжиг, утечку, крошку и пр. составит:

$$\frac{260 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{0,46} = 621\,700 \text{ т.}$$

2. *Расход воздуха* на газификацию и сжигание газа в пароперегревателе составляет:

$$83\,370 \cdot 0,55 = 45\,850 \text{ м}^3,$$

в час, с учетом периодичности работы генераторов двойного водяного газа и определенный по максимальному секундному расходу:

$$45\,850 \cdot 3 = 137\,550 \text{ м}^3,$$

в год: 565,2 · 10⁶ · 0,55 = 310 860 тыс. м³

3. *Расход пара*

в час: 83,37 · 0,40 = 33,35 т,

в год: 565 200 · 0,40 = 226 000 т.

4. *Выход шлака:*

в час: 83,37 · 0,30 · 0,7 · 1,15 = 20,12 т,

в год: 565 200 · 0,30 · 0,7 · 1,15 = 136 500 т.

5. *Выход смолы:*

в час: 83,37 · 0,085 · 0,70 = 4,96 т.

в год: 565 200 · 0,085 · 0,70 = 33 630 т.

4. Расчет основного оборудования станции двойного водяного газа

1. *Газогенераторы.* Выбираем газогенераторы двойного водяного газа, запроектированные Ленинградским отделом ВНИГИ с такими показателями:

Диаметр основной и швелловой шахты	3000 мм, □
Высота основной шахты	4000 мм,
Высота швелловой шахты	7000 мм,
Сечение газогенератора	0,785 · 3,0 ² = 7,07 м ² .

Напряжение сечения генератора двойного водяного газа принимаем по рабочему торфу 600 кг/м²/час; следовательно, пропускная способность газогенератора выразится:

$$\begin{aligned} \text{в час:} & \quad 0,600 \cdot 7,07 = 4,24 \text{ т,} \\ \text{в год:} & \quad 0,600 \cdot 7,07 \cdot 360 \cdot 24 = 35\,700 \text{ т.} \end{aligned}$$

Необходимо газогенераторов:

$$\frac{565\,200}{35\,700} = 15,8 \text{ газ} + 2,2 \text{ резервного газогенератора} = 18 \text{ шт.}$$

2. *Пароперегреватели.* Для каждого газогенератора двойного водяного газа устанавливаем один пароперегреватель, работающий на отходящих газах горячего дутья. Пар, подаваемый в генератор двойного водяного газа, перегревается здесь до 650° С.

Необходимый вес насадки по ориентировочным подсчетам составляет 12 000 кг. При объемном весе посадки 900 кг/м³ объем посадки пароперегревателя будет:

$$\frac{12\,000}{900} = 13,4 \text{ м}^3.$$

Объем топочного пространства при напряжении 600 000 кал/м³ по подсчетам составляет 3,3 м³. При диаметре пароперегревателя 2,0 м высота его будет:

$$\frac{13,4 + 3,3}{0,785 \cdot 2,0^2} = 5,32 \text{ м.}$$

Общая высота пароперегревателя равна ориентировочно 7 м.

3. *Котельное хозяйство и котлы-утилизаторы.* Расход пара на установке складывается из таких статей:

а) Потребности пара на газификацию	226 000 т
б) На отопление по практическим данным (0,1 т на 10 тыс. м ³ газа)	26 000 т
в) Прочие нужды в размере ориентировочно	9 800 т
	<hr/>
	261 800 т

За счет отходящих газов может быть получено из расчета 0,37 т пара на 1 кг рабочего торфа, т. е.:

$$565\,200 \cdot 0,37 = 209\,100 \text{ т пара.}$$

Остальное количество в размере 52 700 т пара необходимо получить за счет добавочного топлива — двойного водяного газа.

Работу добавочных котлов предусматриваем на двойном водяном газе из тех соображений, что торф Трубежского болота весьма зольный и потому технически пока не может считаться освоеным для непосредственного сжигания в топках паровых котлов.

Необходимая поверхность нагрева:

а) На отходящих газах (котлы-утилизаторы), считая по 15 кг пара с 1 м² в час:

$$\frac{209\,100\,000}{7200 \cdot 15} = 1930 \text{ м}^2.$$

Выбираем 9 котлов-утилизаторов с поверхностью нагрева по 275 м² каждый.

б) На двойном водяном газе, считая 30 кг пара с 1 м² поверхности нагрева:

$$\frac{52\,700\,000}{7200 \cdot 30} = 243 \text{ м}^2.$$

Выбираем 2 котла по 275 м² каждый.

Котлы снабжаются экономайзерами, общей поверхностью нагрева из расчета 0,8 м² на 1 м² установленной поверхности нагрева котлов; всего в:

$$11 \cdot 275 \cdot 0,8 = 2400 \text{ м}^2.$$

Котлы-утилизаторы снабжаются эксгаустерами.

4. Электрофилтры. Для очистки генераторного газа от смол за границей применяются электрофилтры или центробежные смолоотделители (аппараты Тейсена). У нас в СССР на газогенераторных станциях очистка газа центробежными смолоотделителями ведется только на тех станциях, которые сооружены иностранными фирмами (например, Гусь-Хрустальный).

На всех торфяных станциях, осуществленных по союзным проектам, очистка ведется в электрофилтрах (Уралмашстрой, Гомель, Горький и др.). Преимущества последних по сравнению с центробежными смолоотделителями заключаются в следующем:

1. Расход энергии на очистку газа значительно меньший, даже если принять во внимание необходимость устанавливать отдельные газососы.

2. Отсутствуют вращающиеся части, из-за которых тейсена часто останавливаются на ремонт.

3. При более полной очистке газа стоимость электроочистки на 30—40% ниже.

4. В то время как тейсена являются импортным оборудованием, электрофилтры изготавливаются у нас в Союзе (Ленинград, Опытный завод Электрофизического института).

Электрофилтры включаются в систему таким образом, что имеется возможность в случае их аварий пускать газ из коллектора сырого газа непосредственно в скрубберы.

Количество газа, подлежащего очистке при 0°С и 760 мм ртутного столба составляет 38 350 м³/час.

Коэффициент перевода на влажный газ ориентировочно принимаем в 1,5; учитывая температуру газа, поступающего на электрофилтры в 100°С, получим часовое количество газа, проходящее через электрофилтры:

$$\frac{38\,350 \cdot 1,5 (273 + 100)}{273} = 78\,500 \text{ м}^3.$$

К установке принимаем камеры производительностью в 15 500 м³/час; тогда понадобится:

$$78\,500 : 15\,500 = 5,06 \text{ камер.}$$

Устанавливаем 7 камер, из них 5 действующих и 2 резервных. 5. Скрубберы. Необходимый метраж насадки составляет: 700 м² на 1000 нм³ двойного водяного газа в час.

Следовательно, нам понадобится:

$$\frac{38\,350 \cdot 700}{1000} = 26\,845 \text{ м}^2.$$

Устанавливаем 10 скрубберов в две ступени, расположенных в две параллельные ветви.

Удельную поверхность насадки принимаем в 50 м²/м³. Диаметр скруббера берем в 2,8 м.

При этих условиях высота насадки в каждом скруббере будет:

$$\frac{26\,845}{10 \cdot 50 \cdot 2,8^2 \cdot 0,785} = 8,7 \text{ м.}$$

Общая высота скруббера около 15,0 м. Часовой расход воды на скрубберы для двойного водяного газа при среднем удельном расходе в 12,0 м/нм³ газа составит:

$$38\,350 \cdot 12 = 460\,200 \text{ л/час.}$$

6. Воздуходувки. Для получения двойного водяного газа необходимо подавать периодически воздух и газ. Рассчитываем по воздуху.

Расходуется воздуха с учетом периодичности работы по максимальному расходу в час:

$$45\,850 \cdot 3 = 137\,550 \text{ м}^3.$$

Выбираем воздуходувки с максимальным напором $H = 800$ мм водяного столба.

Принимаем среднюю температуру воздуха в 25°С. Для этих условий часовой расход составит:

$$\frac{137\,550 (273 + 25)}{273} = 150\,000 \text{ нм}^3.$$

Выбираем воздуходувки производительностью в 15 000 м³/час, тогда понадобится 12 воздуходувок, из них 10 действующих и 2 резервных.

Необходимая мощность электромотора к каждой воздуходувке при коэффициенте запаса 1,25:

$$\frac{1,25 \cdot 15\,000 \cdot 800}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 96,4 \text{ л. с.}$$

7. Н а с о с ы. Необходимо подать воды:

1. В скрубберы $260 \times 10^6 \times 12$	3120 тыс. т
2. В котлы из расчета необходимого количества пара	261,8 » »
3. Прочие надобности из расчета 3%	102,0 » »
Всего	3483,8 тыс. т

Необходимая мощность насосов, принимая напор в 30,0 м и коэффициент полезного действия 0,6, выразится:

$$\frac{3\,483\,000 \cdot 30,0}{7200 \cdot 3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 86,5 \text{ л. с.}$$

Для подачи на градирню можно ориентировочно принять напор в 12 м, что составит:

$$\frac{86,5 \cdot 12}{30,0} = 34,5 \text{ л. с.}$$

Прочие нужды:

$$\frac{15,0\%}{\text{Всего}} = 19,0 \text{ л. с.}$$
$$\text{Всего} \dots 140,0 \text{ л. с.}$$

Запасную мощность принимаем в 50,0%; таким образом общая потребная мощность выразится в 210,0 л. с.

5. Ориентировочная стоимость установки двойного водяного газа

Ориентировочная стоимость станции будет складываться из таких элементов:

1. Генераторы двойного водяного газа диаметром 3,0 м со всеми необходимыми клапанами и вращающимися механизмами:

$$90\,000 \cdot 18 \text{ шт.} = 1\,620\,000 \text{ руб.}$$

2. Пылеуловители к ним из расчета $\frac{2}{3}$ от числа всех генераторов:

$$10\,000 \cdot 12 = 120\,000 \text{ руб.}$$

3. Гидравлические затворы:

$$3000 \cdot 18 = 54\,000 \text{ руб.}$$

4. Механизм автоматического гидравлического управления клапанами с контрольно-измерительными приборами

$$50\,000 \cdot 18 = 900\,000 \text{ руб.}$$

5. Пароперегреватели из расчета числа газогенераторов:

$$17\,500 \cdot 18 = 315\,000 \text{ руб.}$$

6. Котлы-утилизаторы из расчета стоимости 200 руб. за 1 м²:

$$200 \cdot 2475 = 495\,000 \text{ руб.}$$

7. Котлы на двойном водяном газе:

$$200 \cdot 550 = 110\,000 \text{ руб.}$$

8. Экономайзеры, считая по 100 руб. за 1 м²:

$$100 \cdot 2400 = 240\,000 \text{ руб.}$$

9. Эксгаустеры, считая по одному на каждый котел:

$$12\,000 \cdot 11 = 132\,000 \text{ руб.}$$

10. Электрофилтры:

$$30\,000 \cdot 7 = 210\,000 \text{ руб.}$$

11. Трансформаторная подстанция:

$$10\,000 \cdot 7 = 70\,000 \text{ руб.}$$

12. Скрубберы диаметром 2,8 м, высотой 15,0 м с орошением деревянной хордовой насадкой с лазами и предохранительным клапаном:

$$20\,000 \cdot 10 = 200\,000 \text{ руб.}$$

13. Воздуходувки для подачи воздуха в газогенераторы производительностью 15 000 м³ в час с напором в 800 мм водяного столба:

$$12\,000 \cdot 10 = 120\,000 \text{ руб.}$$

14. Электромоторы к вентиляторам по 125 л. с.:

$$3850 \cdot 12 = 46\,200 \text{ руб.}$$

15. Насосы из расчета стоимости 1 л. с. 250 руб:

$$250 \cdot 200 = 50\,000 \text{ руб.}$$

16. Газопроводы и паропроводы из расчета 20 000 руб. на каждый газогенератор:

$$20\,000 \cdot 18 = 360\,000 \text{ руб.}$$

17. Золоудаление и электромоторы к решеткам. Принимая во внимание очень высокую зольность торфа, по 10 000 руб. на газогенератор:

$$10\,000 \cdot 18 = 180\,000 \text{ руб.}$$

18. Торфоподача и подъездные пути из расчета 1 руб. 50 к. на 1 т газифицированного торфа:

$$565\,200 \cdot 1 \text{ руб. } 50 \text{ к.} = 847\,800 \text{ руб.}$$

19. Дефеноляционная установка 75 000 руб.

20. Бункеры, лестницы, площадки, исходя из расчета стоимости в 1 руб. на 1 т газифицируемого торфа 565 200 руб.

21. Здание станции из расчета нормы 4000 м³ на один газогенератор и стоимости 1 м³ 25 руб.

$$25 \text{ руб.} \cdot 4000 \cdot 18 = 1\,800\,000 \text{ руб.}]$$

22. Градирня на 500 м³/час = 60 000 руб.

23. Газгольдеры.

Считая необходимым неравномерное потребление газа регулировать газгольдерами, исходя из двухчасовой потребности, нам понадобится иметь такую емкость газгольдеров:

$$\frac{200 \cdot 10^6 \cdot 3}{7200} = 83\,300 \text{ м}^3;$$

при этом в расчет берем только газ подлежащий транспортированию.

Стоимость газгольдеров принимаем в 20 руб. за 1 м³.

Стоимость газгольдеров выразится:

$$83\,300 \cdot 20 = 1\,666\,000 \text{ руб.}$$

24. Смолоперегонный завод.

Считая стоимость установки завода из расчета 75 руб. за 1 т перерабатываемой смолы, стоимость смолоперегонного завода выразится

$$75 \cdot 33\,630 = 2\,522\,300 \text{ руб.}$$

Полная стоимость станции 12 758 500 руб.

6. Капитальные затраты по установке газопровода и компрессорной станции

1. Газопровод. Проф. Климов Б. К., рассчитывая диаметр газопровода для двойного газа из торфа калорийностью 3000 кал/м³ по упрощенной формуле Штарке:

$$d = \sqrt[5]{\frac{S}{C^2}} \cdot \sqrt[5]{l} \cdot \sqrt[5]{\frac{l}{p_1^2 - p_2^2}} \cdot \sqrt[5]{Q^2} \cdot \sqrt[5]{\frac{S}{0,6}},$$

где: S — удельный вес газа равен 0,65,

C — коэффициент, зависящий от коэффициента трения $\frac{208,1}{\lambda}$,

где:

$$\lambda = \frac{0,008557}{\sqrt[3]{d}},$$

Q — расход газа в м³/сек.,

l — длина газопровода,

нашел величину диаметра газопровода для передачи газа в $140 \cdot 10^6$ м³ в год при начальном давлении в 8 ат в 400 мм.

Принимая во внимание, что количество транспортируемого газа в час прямо пропорционально площади сечения, т. е. квадратам диа-

метра, мы сможем найти диаметр нашего газопровода из такого расчета:

$$\frac{200 \cdot 10^6}{7200} : \frac{140 \cdot 10^6}{7200} = x^2 : 400^2,$$

откуда

$$x = \frac{200 \cdot 400^2}{140} = 480 \text{ мм};$$

примем округленно 500 мм.

Стоимость трубопровода такого диаметра (500 мм) найдем из такого расчета:

1. Вес 1 км труб	155,2 т.
2. Стоимость 1 км трубопровода, считая 500 руб./т труб: $500 \cdot 155,2$	77 600 руб.
3. Стоимость сварки	1520 »
4. Стоимость изоляции	3 300 »
5. Стоимость земляных работ	10 600 »
6. Стоимость сифонных фасонных частей	3 880 »
Полная стоимость	96 900 руб.

Принимая длину газопровода Трубеж — Киев в 65 км и удорожание на переходы в 25%, будем иметь стоимость всего газопровода:

$$96\,900 \cdot 65 \cdot 1,25 = 7\,873\,125 \text{ руб.}$$

Кроме того, потребуется:

а) Установка сторожевых будок для наблюдения трубопровода из расчета 1 будка на 8—10 км трубопровода.

$$7 \text{ будок в } 300 \text{ м}^3 \cdot 7 \cdot 7,5 = 52\,500 \text{ руб.}$$

б) Установка одной ремонтной мастерской со складом и гаражем емкостью в 1000 м³ 35 000 руб.

в) Установка телефонной связи, считая по 500 руб. на 1 км пути: $500 \cdot 65 = 32\,500$ руб.

Общая стоимость газопровода Трубеж — Киев выразится в сумме: $7\,873\,125 + 52\,500 + 35\,000 + 32\,500 = 8\,465\,625$ руб.

2. Компрессорная станция. В час необходимо подать газа

$$\frac{200 \cdot 10^6}{330 \cdot 20} = 30\,000 \text{ м}^3.$$

Теоретическая мощность адиабатического сжатия

$$L_{ад} = n \cdot 10\,000 \cdot p_a \cdot V \frac{k}{k-1} \cdot \left(\sqrt[n]{\left(\frac{p_e}{p_a}\right)^{\frac{k-1}{1}} - 1} \right),$$

где: n — число ступеней сжатия,

p_e — начальное давление 8 ата,

p_a — 1,03 ата,

V — объем всасывания газа в 1 час,

k — показатель адиаб. равен 1,38.

Объем всасываемого газа в час выразится:

$$V = \frac{30\,000 \cdot 760(273 + 20)}{743 \cdot 273} = 32\,100 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Подставляя в вышеуказанную формулу для $L_{aэ}$ значения, получим:

$$L_{aэ} = 748 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^3 \text{ в час} = \frac{748 \cdot 10^6}{75 \cdot 3600} = 2770 \text{ л. с.}$$

Если принять коэффициент полезного действия поршневого компрессора в 0,7, то получим требуемую мощность:

$$\frac{2770}{0,7} = 3950 \text{ л. с.}$$

Для этого ставим 5 поршневых компрессоров по 1000 л. с., из коих один резервный агрегат.

Общая стоимость компрессоров, считая по 400 руб. за установленную лошадиную силу мощности, будет

$$1000 \cdot 5 \cdot 400 = 2\,000\,000 \text{ руб.}$$

Кроме того, сооружение компрессорной станции, считая по 2500 м³ на каждый компрессор и цене 25 руб. за 1 м³, обойдется:

2500 · 4 · 25	250 000 руб.
Ремонтная мастерская	50 000 »
Склад	60 000 »

Прочие помещения (гараж, контора помещений для рабочих) 75 000 руб.
Общая стоимость компрессорной установки будет 2 440 000 руб.

7. Общий объем капиталовложений

1. Полная стоимость станции (включая газгольдеры и смолперегонный завод)	12 758 500 руб.
2. Газопровод	8 465 625 »
3. Компрессорная станция	2 440 000 »
	<hr/>
	23 664 125 руб.

Стоимость капитальных вложений по торфоразработке для подготовки ее и обеспечения намеченного годового выпуска торфа составит (из расчета 30 руб. за 1 т. торфа в год):

$$621,7 \cdot 10^3 \cdot 30 = 18\,651\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, общий объем капиталовложений со включением подготовки и организации торфяного хозяйства составит:

$$42\,315\,125 \text{ руб.}$$

Стоимость канализации газа (сети), напорного кольца в городе, внутренней проводки и аппаратуры к потребителям мы в расчет не принимаем, поскольку эти расходы непосредственно связаны с газопользованием и естественно ожидать покрытия этих статей расходов за счет максимального использования ссуд населения, жилищных товариществ и прочих организованных потребителей.

8. Стоимость эксплуатации завода и калькуляция газа франко станция

1. *Стоимость торфа франко станция* принимаем в 14 руб. 60 к. за 1 т, согласно вышеприведенным расчетам.

Нужно отметить, что на понижение стоимости торфа оказывают влияние не только крупные размеры торфодобычи, благодаря которым имеется возможность максимально механизировать не только процесс подготовительных работ, но и эксплуатацию болота, но также и высокая зольность трубежского торфа, увеличивающая вес торфяного кирпича, а потому при одной и той же производительности торфмашины дающая весовой выход значительно больший по сравнению с торфом нормальной зольности.

В настоящем подсчете принимаем во внимание расход торфа без компрессии и утечки, поскольку эти статьи расходов получают отражение при калькуляции компрессии и газотранспорта.

Расход торфа составляет:

а) На получение газа, предназначенного к передаче по газопроводу:

$$\frac{200 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{0,46} = 478\,260 \text{ т торфа}$$

$$478\,270 \cdot 14 \text{ руб. } 60 \text{ коп.} = 6\,982\,600 \text{ руб.}$$

б) На получение газа для нужд котельной станции, работающей на двойном водяном газе.

Для котлов, работающих на двойном водяном газе, нужно газа:

$$\frac{52\,700 \cdot 1000 \cdot 600}{3000 \cdot 0,85} = 12,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \text{ газа}$$

Здесь 3000 — теплопроизводительность 1 м³ газа,
600 — скрытая теплота парообразования воды,
0,85 — коэффициент использования газа.

$$\frac{12,4 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{0,46} = 29\,645 \text{ т торфа}$$

$$29\,645 \text{ по } 14,60 \text{ руб.} \dots\dots\dots 432\,810 \text{ руб}$$

$$\text{Всего} \dots\dots\dots 7\,415\,410 \text{ руб}$$

Стоимость торфа для получения газа к газомоторам, дающим двигательную силу станции, в расчет не принимаем, поскольку расход этот учтен по гр. «Расход энергии».

2. *Расход энергии и ее стоимость.*

а) Расход энергии на эксгаустеры, принимая коэффициент полезного действия насоса 0,6, величину всасывания в 1,0 м и общее количество газов воздушного дутья в $565\,200 \cdot 1,00 \cdot 0,392 = 221,56 \times 10^6 \text{ м}^3$ выразится:

$$\frac{221,56 \cdot 10^6}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 1360 \cdot 10^3 \text{ л. с. часов.}$$

б) На воздуходувки к газогенераторам для подачи воздуха и пара.

На каждую тонну рабочего торфа подается:

воздуха	0,55 т.
пара	0,40 »
Всего	0,95 т.

Следовательно, расход энергии, учитывая средний напор в 500 мм (в виду высокой зольности торфа), будет:

$$\frac{565\,200 \cdot 0,95 \cdot 500}{3600 \cdot 75 \cdot 0,6} = 1730 \cdot 10^3 \text{ л. с. в час.}$$

в) Расход энергии на насосы для перекачки воды в скрубберы, паровые котлы и пр., принимая длительность работы насосов в 7200 час. в год:

$$217,0 \cdot 7200 = 1560 \cdot 10^3 \text{ л. с. час.}$$

г) Прочие расходы в размере 10,0% — $465 \cdot 10^3$ л. с. час.
Всего... $5115 \cdot 10^3$ л. с. час.

В виду затруднительности подвода электроэнергии к газогенераторной установке из Киева предполагаем установить газомоторы.

При коэффициенте полезного действия газомотора в 0,3 и теоретическом расходе на 1 л. с./час в 630 кал понадобится газа в 3000 кал:

$$\frac{630}{0,3 \cdot 3000} = 0,7 \text{ м}^3,$$

а всего потребуется

$$5115 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 3,60 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \text{ газа.}$$

Стоимость газа (по себестоимости) по	
2,8 коп.	100 800 руб.
Обслуживание	25 000 »
Прочие расходы и материалы	15 000 »
	<u>140 800 руб.</u>

3. Расход воды. Принимая во внимание 10% расход общего потребленного количества воды в год, будем иметь:

$$351,6 \text{ тыс. т. по } 5,0 \text{ коп.} = 17\,580 \text{ руб.}$$

4. Рабочая сила. Потребная для станции рабочая сила определится из такого расчета:

1. Газогенераторщиков

$$10 \text{ чел.} \cdot 4 \text{ см.} = 40 \text{ чел.}$$

2. Кочегаров и паровичников

$$5 \text{ чел.} \cdot 4 \text{ см} = 20 \text{ чел.}$$

3. Рабочих к насосам, эксгаустерам и очистке

$$8 \text{ чел.} \cdot 4 \text{ см.} = 32 \text{ чел.}$$

4. Машинисты, смазчики, мастера и др. — 15 ч.

5. Рабочих по транспортированию торфа.

Подлежит транспортированию для самой станции:

Общий расход торфа без расхода торфа, связанного с газотранспортом, компрессией и утечкой, будет:

$$621,7 \text{ тыс. т} - \left(\frac{44 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{0,46} = 105,2 \text{ тыс. т} \right) = 516,5 \text{ тыс. т.}$$

Кроме того, подлежит транспортированию шлаков и золы в количестве $516,5 \cdot 10^3 \cdot 0,21 \cdot 1,15 = 124,7$ тыс. т, а всего 641,2 тыс. т.

Считая норму по транспортированию (принимая во внимание механизацию) в 30 т на 1 человекодень, нам понадобится рабочих по транспортированию:

$$\frac{641\,200}{30} = 21\,375 \text{ человекодней,}$$

$$\frac{21\,375}{300} = 71 \text{ чел.}$$

6. Обслуживающий персонал 22 чел.

Всего рабочих 200 чел.

Считая средний оклад рабочего по 150 руб в месяц и начисления в размере 15,0%, будем иметь:

$$200 \cdot 160 \cdot 12 \cdot 1,15 = 414\,000 \text{ руб.}$$

Служащих 15% от числа рабочих со средним окладом в 250 руб.

$$30 \cdot 250 \cdot 12 \cdot 1,15 = 103\,500 \text{ руб.}$$

$$\text{Всего . . . } 517\,500 \text{ руб.}$$

5. Амортизация. Поскольку выше в смете стоимости станции мы предусматривали производство $260 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ газа в год, из которого количества $44 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ газа связано с компрессией, газотранспортом и утечкой газа, амортизация нами будет рассчитываться с соответствующими поправками:

Стоимость станции складывается:

а) из стоимости оборудования станции и смолоторгонного завода 8 667 300 руб.

б) из стоимости зданий, сооружений, газгольдеров (статьи сметы 20, 21, 22 и 23):

$$(1\,666\,000 + 565\,200 + 1\,800\,000 + 60\,000) = 4\,091\,200 \text{ руб.}$$

Полная стоимость . . . 12 758 500 руб.

Размер амортизации принимаем для оборудования в 8%, а по зданиям, сооружениям и газгольдерам в 3,5%.

Тогда, принимая во внимание отмеченное выше, амортизация определится в сумме:

а) По оборудованию:

$$\frac{8\,667\,300 \cdot 0,08 \cdot 216}{260} = 575\,940 \text{ руб.}$$

б) По зданиям, сооружениям и газгольдерам:

$$\frac{4\,091\,200 \cdot 0,035 \cdot 216}{260} = 118\,990 \text{ руб.}$$

Всего . . 694 930 руб.

б. Текущий ремонт.

а) Оборудования из расчета в 1,5%:

$$\frac{8\,667\,300 \cdot 0,015 \cdot 216}{260} = 107\,990 \text{ руб.}$$

б) Зданий, сооружений, газгольдеров из расчета в 0,5%:

$$\frac{4\,091\,200 \cdot 0,005 \cdot 216}{260} = 17\,000 \text{ руб.}$$

Всего 124 990 руб.

7. Смазочные и обтирочные материалы по 2 коп. за 100 м³ газа 4300 руб.

Таким образом, расходы по получению двойного газа выразятся по отдельным статьям в следующих суммах:

1. Стоимость торфа	7 415 410 руб.
2. Энергия	140 800 »
3. Вода	17 580 »
4. Рабочая сила и начисления	517 500 »
5. Амортизация оборудования зданий, сооружений и газгольдеров	694 930 »
6. Текущий ремонт	124 990 »
7. Обтирочные и смазочные материалы	4 300 »
	8 915 510 руб.

Себестоимость 1 м³ газа франко станция без учета возврата продуктов составляет, считая на продукцию нетто (200 · 10⁶ м³ газа), 4,46 коп./м³.

При выяснении окончательной цены нужно учесть отходы производства — торфяной деготь.

Последний, как показано было выше, в главе V, представляет собой весьма ценное сырье. Стоимость его, как сырья, должна быть принята в 60 руб. тонна.

В нашем случае предусматривается ее переработка с получением восков, парафинов, фенолов и их гомологов, тракторного и дизельного топлива, асфальтенов и пека.

Принимая во внимание количество дегтя, соответствующего расходу топлива по газогенераторной станции без газотранспорта и утечки, а именно

$$\frac{33\,630 \cdot 214}{260} = 27\,600 \text{ т,}$$

при переработке ее мы получим такое количество продуктов (в тоннах):

1. Восков	27 600 · 0,04 = 1104
2. Парафинов	27 600 · 0,04 = 1104
3. Фенолов, крезолов и ксиленолов	27 600 · 1,10 = 2760
4. Тракторного топлива	27 600 · 0,20 = 5520
5. Дизельного топлива	27 600 · 0,05 = 1380
6. Асфальтенов и пека	27 600 · 0,07 = 1932

Стоимость этих продуктов составит:

1. Воск 1104 т. по 1500 руб.	1 656 000 руб.
2. Парафин 1104 т по 600 руб.	662 400 »
3. Фенолы, крезолы, ксиленолы 2760 т по 1500 руб.	4 140 000 »

4. Тракторное топливо 5520 т по 100 руб.	552 000 »
5. Дизельное топливо 1380 т по 200 руб.	276 000 »
6. Асфальтены и пек 1932 т по 450 руб.	869 400 »
	8 155 800 руб.

Стоимость переработки смолы должна быть принята в 175 руб. тонну (см. выше), что составит:

$$27\,600 \cdot 175 = 4\,830\,000 \text{ руб.}$$

Общая сумма возвратов (нетто), таким образом, выразится в сумме:

$$8\,155\,800 - 4\,830\,000 = 3\,325\,800 \text{ руб.}$$

На 1 м³ газа приходится возвратов 1,66 коп.

Следовательно, окончательная стоимость 1 м³ газа франко станция составит:

$$4,46 - 1,66 = 2,80 \text{ коп.}$$

9. Стоимость дальней газопередачи

А. Стоимость эксплуатации газопровода

1. Амортизация 3 ¹ / ₂ % с 8 465 625 руб.	296 297 руб.
2. Рабсила с начислениями:	
7 сторожей по 100 · 12 · 1,15	9 660 — — »
3 человека ремонтных мастеров по 200 × × 12 · 1,15	8 280 — — »
2 человека телефонистов по 200 · 12 × × 1,15	5 520 23 460 »
Ремонт 2% со стоимости газопровода	169 312 »
	Всего . . . 489 069 руб.

Стоимость эксплуатации газопровода на 1 м³ газа

$$\frac{489\,069}{200 \cdot 10^6} = 0,25 \text{ коп.}$$

Б. Стоимость компрессии газа

1. Амортизация оборудования компрессорной станции:

а) оборудования	
8% с суммы 2 000 000 руб.	160 000 руб.
б) зданий	
3 ¹ / ₂ % с суммы 365 000 руб.	12 800 »
	172 800 руб.

Кроме того, нужно учесть амортизацию газогенераторной станции в той части, которая связана с газотранспортом:

а) По оборудованию:

$$\frac{8\,667\,300 \cdot 0,08 \cdot 44}{260} = 117\,340 \text{ руб.}$$

б) По зданиям, сооружениям и газгольдерам

$$\frac{4\,091\,200 \cdot 0,035 \cdot 44}{260} = \frac{24\,230}{141\,570 \text{ руб.}}$$

Общая сумма амортизации:

$$172\,800 + 141\,570 = 314\,370 \text{ руб.}$$

2. Текущий ремонт

$$\begin{array}{r} 1\frac{1}{2}\% \text{ с } 2\,000\,000 \text{ руб} \dots\dots 30\,000 \text{ руб.} \\ 0,5\% \text{ с } 365\,000 \text{ руб} \dots\dots 5\,500 \text{ »} \\ \hline 35\,500 \text{ »} \end{array}$$

3. Расход энергии:

Компрессоры будут приводиться в движение от 5 паровых машин с общей установленной мощностью в 5000 л. с.

Максимальная мощность находящихся в работе паровых машин будет:

$$1000 \cdot 4 = 4000 \text{ л. с.}$$

Расход пара в час выразится:

$$D = N \cdot d = 4000 \cdot 4,5 = 18\,000 \text{ кг.}$$

Теплосодержание пара при давлении в котле 16 ат будет:

$$\lambda = \lambda_{нас} + C_p (t_{пер} - t_{нас}) = 665 + 0,56(375 - 20) \cong 760 \text{ кал.}$$

Расход двойного газа на котельную компрессионной станции определится из такого расчета:

$$B = \frac{D(\lambda - t_v)}{Q \cdot \eta} = \frac{18\,000(760 - 70)}{3000 \cdot 0,8} = 5175 \text{ м}^3.$$

Таким образом, расход газа на компрессию в год выразится в количестве

$$5175 \cdot 330 \cdot 20 = 34 \cdot 10^6 \text{ м}^3,$$

а стоимость его:

$$34 \cdot 10^6 \cdot 2,8 \text{ коп.} = 952\,000 \text{ руб.}$$

4. Утечка газа принята нами выше в количестве 5% всего транспортируемого газа.

Стоимость утечки газа будет:

$$10 \cdot 10^6 \cdot 2,8 \text{ коп.} = 280\,000 \text{ руб.}$$

5. Рабочая сила с начислениями

Компрессорщики 4 · 4 см. ³	16 чел.
Подсобного персонала 50%	8 »
Служащие	2 »
	<hr/>
	26 чел.

Стоимость рабсилы с начислениями:

Компрессорщики 16 · 175 · 12 · 1,15	38 650 руб.
Подсобный персонал 8 · 125 · 12 · 1,15	13 800 »
Служащие 2 · 250 · 12 · 1,15	6 900 »
	<hr/>
	59 350 руб.

Таким образом, эксплуатационные расходы по компрессии газа будут следующие:

1. Амортизация оборудования	314 370 руб.
2. Текущий ремонт	35 500 »
3. Расход энергии	952 000 »
4. Утечка газа	280 000 »
5. Рабочая сила с начислениями ..	59 350 »
6. Охрана и налоги	25 000 »
	<hr/>
	1 666 220 руб.

Стоимость компрессии 1 м³ газа:

$$\frac{1\,666\,220}{220 \cdot 10^6} = 0,83 \text{ коп.}$$

Общая стоимость дальнего газотранспорта:

$$0,25 + 0,83 = 1,08 \text{ коп./м}^3.$$

Полная стоимость 1 м³ газа франко газгольдер Киев:

$$2,8 + 1,08 = 3,88 \text{ коп./м}^3.$$

Если принять расходы по управлению и канализации газа по городу по низконапорной сети по московским нормам в 2,00 коп./м³, то полная себестоимость франко потребитель будет 5,9 коп./м³.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр
От Укринсторфа	3
Предисловие	5
Введение	7
ГЛАВА I. Место многозольных массивов в торфяном фонде Украины	11
Выводы	16
ГЛАВА II. Зола и ее роль при сжигании торфа	
1. Состав золы и ее плавкость	17
2. Влияние качества золы на поверхность нагрева	20
3. Принципы очистки поверхности нагрева	21
4. Зависимость зашламливания от топочного процесса, ухода за поверхностью нагрева и ее конструкции	22
5. Взаимодействие золы и решетки	24
6. Взаимодействие золы и стенок топки	25
7. Зола и связанные с нею потери	28
8. Зола и производительность топки и котла	29
9. Значение золы как отбросного продукта и влияние на экономику	32
ГЛАВА III. Сжигание украинского торфа в существующих топочных конструкциях	
1. Шахтные топки	35
2. Шахтноцепные топки	42
3. Наклонно-переталкивающие решетки	58
4. Перспективы сжигания украинского фрезерного торфа	64
5. Топка Теплотехнического института	65
Выводы	65
6. Топка системы Шершнева	68
7. Топки для сжигания фрезторфа с предварительной подсушкой	71
8. Топки с жидким шлакоудалением	74
Выводы	80
ГЛАВА IV. Газовая индустрия и дальний газотранспорт за границей и в СССР	
1. Состояние газовой промышленности за границей	83
2. Положение газовой индустрии в СССР	88
ГЛАВА V. Современное состояние техники газификации торфа	
1. Газификация по способу Монда-Франко-Каро	93
2. Получение генераторного и смешанного газа в СССР и на Украине	99
3. Получение двойного и высококалорийного газа	104
4. Газогенератор и установка двойного водяного газа на торфе	110
5. Непрерывное производство водяного газа и газификация во взвешенном состоянии	115
6. Очистка торфяного газа	117
7. Торфяной деготь и его переработка	119

ГЛАВА VI. Технические возможности газификации украинских торфов

1. Газификация многозольных топлив в механизированных решетках	123
2. Данные по газификации многозольных топлив за границей и в СССР	127
3. Газификация топлив с низкой температурой плавления золы и с жидким шлакоудалением	130
4. Удаление золы и шлаков	131

ГЛАВА VII. Направления газификации украинских многозольных торфов

1. Общие соображения. Объекты применения смешанного генераторного газа	133
2. Возможности газификации по способу Монда-Франко-Каро с отъемом аммиака	135
3. Сфера применения двойного газа	137

ГЛАВА VIII. Предпосылки газификации и газоемкость Киева

1. Топливный бюджет Киева и пути реконструкции энергетики	139
2. Предпосылки газификации Киева	141
3. Газоемкость Киева	146
4. Народнохозяйственный эффект газификации Киева	148

ГЛАВА IX. Торфяные ресурсы широкой газификации

1. Болото Трубеж	150
2. Болото Трубайло	153
3. Болото Недра	154
4. Болото Здвиг	155
5. Болото Ирпень	157

ГЛАВА X. Расчет торфяной газовой установки двойного газа на болоте Трубеж

1. Место газовой установки	159
2. Расчет процесса газификации в двойной водяной газ	160
3. Определение расхода топлива, воздуха, пара, воды и выходов побочных продуктов газификации в двойной водяной газ	165
4. Расчет основного оборудования станции двойного водяного газа	167
5. Ориентировочная стоимость установки двойного водяного газа	170
6. Капитальные затраты по установке газопровода и компрессорной станции	172
7. Общий объем капиталовложений	174
8. Стоимость эксплуатации завода и калькуляция газа франко станция	175
9. Стоимость дальней газопередачи	179