

85030

5,45

АКАДЕМИЯ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Б $\frac{402}{336}$

М. В. КРАЖОВСКИЙ

**ТОПКИ
СКОРОСТНОГО ГОРЕНИЯ
ДЛЯ ТОРФА
К КОТЛАМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК
ЛАТВИЙСКОЙ ССР

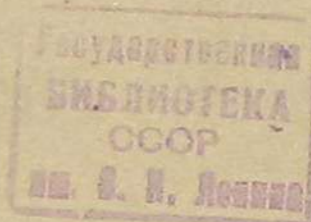
АКАДЕМИЯ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

5 402
336

М. В. КРАЖОВСКИЙ

ТОПКИ
СКОРОСТНОГО ГОРЕНИЯ
ДЛЯ ТОРФА
К КОТЛАМ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР
РИГА 1958



58-12935/

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране большое значение придается широкому использованию местного низкосортного топлива, что позволяет более полно утилизировать топливные ресурсы страны и освобождает транспорт от дальних перевозок. Одним из основных видов местного топлива является торф. Уже в первые годы советской власти В. И. Ленин указывал на важную роль торфяного топлива в народном хозяйстве; по его указанию в СССР было начато создание крупнейшей в мире торфяной промышленности. По масштабам добычи торфа, объему ее механизации и состоянию научно-исследовательских работ в области торфяного топлива Советский Союз уже давно занимает первое место в мире. Директивами XX съезда КПСС в шестой пятилетке предусмотрено дальнейшее увеличение добычи торфа — в целом по СССР на 44%, а по Латвийской ССР — в 2,2 раза.

Запасы торфа только в исследованных залежах, годных для промышленной добычи, могут обеспечить потребность Латвии в этом виде топлива на сотни лет. Однако в буржуазной Латвии добыча торфа развивалась в ничтожных размерах. Ее расцвет начался в годы советской власти. За короткий срок топливная промышленность республики превратилась в крупную отрасль народного хозяйства, и в настоящее время торф уже занял видное место в топливном балансе Латвийской ССР.

Все это особенно настоятельно требует изыскания мероприятий для более интенсивного и рационального сжигания торфа, в особенности высоковлажного и мелкого, какой обыкновенно доставляется потребителям при неблагоприятных климатических условиях полевой сушки.

Институт энергетике и электротехники Академии наук Латвийской ССР в течение ряда лет занимался исследованием вопросов сжигания кускового торфа в топках котлов малой мощности, широко распространенных в Латвийской ССР, и получил некоторые положительные результаты.

В настоящей книге дается характеристика топливного торфа Латвийской ССР, собраны и обобщены имеющиеся материалы по вопросу сжигания местного торфа в топках котлов малой мощности, определена степень пригодности существующих слоевых то-

пок для сжигания торфа, изложены сущность, особенности и преимущества принципа скоростного горения В. В. Померанцева, приведены результаты исследования процессов сушки и горения торфа в топках жаротрубных котлов, для которых Институтом энергетики и электротехники Академии наук Латвийской ССР впервые применен метод скоростного горения; указаны также пути внедрения этих топков в производство и перспективы дальнейшего повышения интенсификации сжигания торфа.

Основной целью книги является описание проведенных исследований и полученных результатов по сжиганию торфа в топках скоростного горения для котлов малой мощности. Результаты этих работ уже используются в производственной практике, и топки скоростного горения для торфа к котлам малой мощности широко внедряются в народное хозяйство.

Книга предназначена для широкого круга энергетиков и научно-технических работников. Можно надеяться, что она представит интерес как с практической, так и с научной точки зрения.

Все исследования производились автором книги совместно с научным сотрудником Института энергетики и электротехники Г. А. Мангулисом. Лабораторные анализы производил научный сотрудник Р. Я. Вилнис.

Методические указания и консультации по выполненным исследованиям получены от автора принципа скоростного горения В. В. Померанцева.

При сооружении первой промышленной топки на комбинате «Засулаука мануфактура», наладке и длительных испытаниях работы установки помощь оказал главный механик комбината Ф. М. Мешков, а второй топки на фабрике «Лента» — главный механик фабрики Н. И. Петров. Начальник отдела главного механика и энергетика быв. Министерства легкой промышленности Латвийской ССР инж. К. В. Секундо, а также его предшественник Р. В. Розанцев всемерно содействовали нашей работе.

Всем лицам, принимавшим участие в работе и оказавшим содействие внедрению топки, автор выражает глубокую благодарность.

Замечания и пожелания автор просит направлять на его имя по адресу: Институт энергетики и электротехники АН Латвийской ССР, Рига, ул. Калею № 10/12.

Глава I

ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФА ЛАТВИЙСКОЙ ССР

1. ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Латвийская ССР обладает богатыми залежами торфа [18, 25, 35]; торфяные болота занимают около 10% территории республики. Систематическая рекогносцировка болот в Латвии начата в 1926 г. [20, 35а]. Общая площадь торфяных болот превышает в республике 640 000 га. Из них разведаны болота с суммарной площадью около 380 000 га (детально — 60 000 га, маршрутно-поисковой разведкой — 320 000 га); остальная часть болот учтена лишь статистически. В отчете Латтоппроекта [18] приведены списки 1120 месторождений торфа с указанием их местонахождения, площади, глубины, запасов торфа, типа залежи и степени разложения торфа; приложена карта торфяных месторождений (рис. 1), на которой показано расположение торфяных болот.

Средняя глубина торфяных залежей составляет 2,8 м, максимальная — 9 м, но в отдельных случаях она достигает до 12 м (например, максимальная глубина торфяного болота Велна в Вентспилсском районе — 12,5 м). Весь запас торфа в залежах достигает 2,4 млрд. тонн (в переводе на нормальную влажность — 33%), но, ввиду того что около третьей части этого торфа залегает в небольших и неглубоких болотах и степень его разложения низка, запас торфа в залежах, годных для промышленной разработки, оценивается в 1,6 млрд. тонн. Часть торфа верховых залежей (с низкой степенью разложения — ниже 15%) должна быть использована в сельском хозяйстве на подстилку и как топливо на местах; кроме того, значительная часть торфа залежей остается на месте из-за неудобства и нерациональности их использования. По расчету Института энергетики и электротехники Академии наук Латвийской ССР, охватывающему месторождения площадью более 100 га, максимальный используемый запас воздушно-сухого топливного торфа составляет в республике свыше 460 млн. тонн. При расчете Институт исходил из того, что коэффициент использования верховых болот равен 0,6, низинных — 0,75, что выход воздушно-сухого торфа из 1 м³ сырца верховых болот составляет 10%, низинных болот — 12%.



Рис. 1. Карта размещения торфяных месторождений на территории Латвийской ССР.

Разведанные торфяные ресурсы распределены по республике весьма неравномерно (табл. 1). Район г. Риги сравнительно богат болотами, пригодными для добычи кускового торфа, но возможности добычи фрезерного торфа здесь невелики; в связи с большим потреблением топлива в Риге добыча торфа в этом районе не успевает удовлетворять быстро растущие потребности в нем. На севере Латвии имеются крупные массивы болот, пригодные для добычи фрезерного торфа; торфяные ресурсы этого района могут быть использованы не только на местах, но и для топливоснабжения Риги. На востоке республики обширные торфяные болота сконцентрированы вблизи Лубанского озера. Западная часть Латвийской ССР бедна крупными болотами, годными для добычи топливного торфа, однако торфом этих болот вполне можно обеспечить местные потребности.

Таблица 1

Топливные ресурсы торфяных залежей площадью более 100 га в млн. тонн воздушно-сухого торфа¹

Территория	Запасы торфа	В т. ч. годный для добычи способом фрезерования
Район г. Риги	81	19
Север Латвии	96	63
Восток Латвии	237	131
Запад Латвии	49	21
Всего	463	234
В т. ч. в болотах площадью более 300 га	355	173

Преобладают в республике болота верхового типа, в которых находится, по опубликованным данным, около 73% всех запасов торфа; около 14% запасов торфа приходится на долю болот переходного типа и около 13% — на долю болот низинного типа, расположенных преимущественно в восточной части Латвии. Степень разложения торфа в залежах колеблется в очень широких пределах; верховые залежи имеют в основном невысокую степень разложения, но отличаются малой пнистостью — 0,5 — 1%.

Несмотря на наличие весьма значительного торфяного фонда, в буржуазной Латвии торфяная промышленность развивалась очень слабо; об ее существовании можно говорить лишь начиная

¹ Здесь и выше приведены опубликованные к настоящему времени данные [18, 20]. Дальнейшие работы по исследованию залежей торфа и разведка ряда новых месторождений внесут, несомненно, в эти цифры существенные изменения.

с 1935 г. В 1939 г. добыча торфа несколько увеличилась, все же на его долю приходилось только около 2% в топливном балансе Латвии.

Годы советской власти явились для топливной промышленности Латвийской ССР периодом чрезвычайно быстрого подъема. Коренным образом реконструированы торфопредприятия республики. Здесь работают теперь такие мощные механизмы, как багерно-элеваторные, многоковшовые и универсальные экскаваторы, машины по уборке торфа. В 1950 г. добыча торфа на топливо уже превышала довоенную более чем в 4 раза; за пятую пятилетку объем добычи торфа механизированным способом возрос более чем в 6,5 раза, что позволило увеличить общую добычу торфа, снизить себестоимость продукции, сократить потребность в сезонной рабочей силе. Рост добычи топливного торфа в Латвийской ССР (в тоннах) характеризуется следующими данными:

	общая добыча	в т. ч. фрезерный торф
1945 г.	145 000	—
1950 г.	623 000	21 000
1955 г.	1 266 000	358 000
1957 г.	1 569 000	681 000

В таблице 2 приводится перечень крупных торфозаводов республики и характеристика разрабатываемых ими месторождений, а также показана добыча в 1957 г. на этих заводах топливного торфа (в процентах к общей добыче) в пересчете на вес с нормальной влажностью.

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану предусмотрено резкое увеличение добычи торфа в Латвийской ССР [1]. В 1960 г. добыча торфа превысит уровень 1955 г. в 2,2 раза, а это позволит покрывать торфом около одной трети всей потребности республики в топливе. В седьмой пятилетке намечается дальнейший рост торфяной промышленности Латвии за счет резкого увеличения добычи фрезерного торфа.

До недавнего времени предприятия топливной промышленности Латвийской ССР добывали в основном кусковой торф, добыча же фрезерного торфа была развита чрезвычайно слабо. В ноябре 1952 г. состоявшаяся в Риге конференция по энергетическому использованию торфа рекомендовала всемерно внедрять фрезерный способ добычи торфа, как наиболее дешевый и прогрессивный, позволяющий механизировать все стадии производства. В 1954 г. добыча фрезерного торфа была начата в широких масштабах торфозаводом «Седа» (для Рижской ТЭЦ). Фрезерный торф добывается также на торфозаводах «Олайне» и «Баложис» — для небольшого торфобрикетного завода; в 1959 г. предполагается ввести в эксплуатацию большой торфобрикетный завод, а в последующие годы — второй такой же завод [29].

Таблица 2

Характеристика месторождений, разрабатываемых торфозаводами с продукцией топливного торфа более 50 000 т в год

№ п/п	Наименование		Площадь торф. болот, тыс. га	Средняя глубина, м	Преоблад. тип залежи	Степень разложения верхн. и нижн. слоя залежи	Зольность А%, %	Процент от общей добычи	
	торфозаводов	торфяных болот						куск. торф	фрез. торф
1	„Олайне“	Ценас тирелис	8,2	3,3	Верхов.	25/35	1,0—3,8	8	6
2	„Марупе“	„						4	—
3	„Баложис“	Медема	3,6	3,6	Верхов., частично низинн.		1,0—15,5	7	2
4	„Слока“	Слокас	0,8	3,5	Верхов.	15/45	Ср. 3	6	—
	„	Лабайс	0,3	2,0	Верхов., низинн.	20/45	Ср. 3		
	„	Кашкю	0,2	2,4	Переходн.	25/40	2,0—14,3		
5	„Смарде“	Мазайс — Тирелис	0,2	2,4	Верхов.	15/45	1,4—3,2	3,5	—
	„	Заляйс	1,1	3,6	Верхов.	15/45	2,5—10,6		
6	„Кукас“	Дрикснас	0,3	3,0	Переходн.	25/65	Ср. 5,1	3,5	—
	„	Вилку	0,3	3,0	Верхов.	15/65	Ср. 4,2		
	„	Бикшу	0,3	1,5	Переходн.	25/45	Ср. 4,8		
7	„Качоры“	Качору	1,4	2,5	Низинн.	Ср. 35	5,5—7,5	3,5	—
8	„Айзпуте“	Плецис	0,4	6,9	Верхов.	15/25	Ср. 2,9	3,5	—
9	„Седа“	Седас	5,8	3,4	Низинн.	26/35	Ср. 5,9	—	30
					Верхов.	10/18	Ср. 3,4	—	
Итого								39	38

Одной из причин, тормозящих в Латвийской ССР добычу торфа фрезерным способом, является низкая степень разложения верховых залежей торфа и неблагоприятные климатические условия. Основные метеорологические факторы — температура, атмосферные осадки — и вообще характер приморского климата создают в Латвийской ССР также значительно худшие условия для сушки торфа в сравнении с центральными районами СССР с их более континентальным климатом (табл. 3) [7,18].

ВНИИТП, Торфяной институт Министерства электростанций

Таблица 3

Климатические условия в ряде пунктов Латвийской ССР
и в Москве в летние и осенние месяцы

Пункт	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За год
Средние температуры воздуха, °С						
Рига	11	15	17	16	12	—
Лиепая	10	13	16	16	13	—
Даугавпилс	12	16	17	16	12	—
Москва	12	16	18	16	10	—
Атмосферные осадки, мм						
Рига	41	64	91	87	52	607
Лиепая	36	96	58	94	63	658
Гулбене	78	90	83	53	36	575
Москва	48	68	76	75	54	539
Число солнечных безоблачных дней						
Рига	18	22	22	19	16	—

СССР и Управление топливной промышленности Латвийского совнархоза [7] ведут испытания новых методов получения из торфяной массы гранулированного (зернистого) фрезерного торфа однофракционного состава с малым содержанием пылевидных фракций. Возможно, что это позволит получать с верховых залежей фрезерный торф, не уступающий добытому обычным способом на низинном болоте; таким образом может быть заложено основание для положительного решения вопроса о расширении добычи фрезерного торфа в республике. Однако независимо от этого народное хозяйство Латвии будет, особенно в ближайшие годы, во все возрастающих размерах потреблять торф верховых залежей, добытый без применения способа фрезерования и в значительной степени недосушенный. Отсюда следует, что особое значение для республики приобретает создание топки, способной использовать низкосортный торф.

2. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КУСКОВОГО ТОПЛИВНОГО ТОРФА

Основными показателями качества топливного торфа являются влажность, зольность, содержание мелочи, степень разложения и теплотворная способность.

Влажность торфа. Важнейшим показателем качества торфа, определяющим его выгоду, а во многих случаях — и самую возможность его сжигания, является содержание влаги в нем. Торф по сравнению с другими видами топлива дает наибольшие колебания влажности. Влажность торфа колеблется в пределах от 15 до

50%, а в неблагоприятных климатических условиях Прибалтики часто достигает 60 и более процентов.

Средняя годовая влажность торфа по данным поставщика обыкновенно значительно ниже той влажности, которую определяют потребители торфа, что объясняется намоканием торфа при перевалочных операциях, транспортировке и хранении, а также зависит от субъективности лиц, отбирающих пробу для анализа. Потребитель оценивает влажность торфа не по среднему результату за год, месяц или неделю, а просто по той влажности, которую показал торф, потребленный в течение одной смены, поскольку в отдельных частях партии влажность распределена чрезвычайно неравномерно, при сравнительно малых отклонениях в средней влажности всей партии.

Это объясняется рядом обстоятельств — различным размером кусков торфа, намоканием нижних слоев и верхнего слоя штабелей, подмесью к поставляемой партии торфа, не прошедшего всех стадий полевой сушки, и т. п. Недосушенный кусковой торф зимою промерзает, а после оттаивания и подсыхания рассыпается в крошку, которая легко пропитывается водой. В партии кускового торфа, высушенного в одинаковых условиях, наиболее влажными остаются большие, толстые торфины.

Техническими условиями на поставку кускового торфа [29] нормальная (исходная) влажность кускового торфа установлена в 33%, а максимальная допускаемая — в 50%; торф с влажностью, превышающей максимальную норму, считается браком и сдаче и приемке не подлежит. При поставке торфа с влажностью выше или ниже исходной нормы расчет производится со скидкой или надбавкой к основной цене по утвержденной шкале.

Влажность торфа определяется по ГОСТу.

Вода с торфяной массой имеет различную связь. Из нескольких предложенных классификаций форм связи воды с торфом [17, 30] можно отметить классификацию Думанского, по которой различаются следующие четыре формы:

- 1) свободная вода, заполняющая ультрапоры и капилляры;
- 2) осмотическая вода, заполняющая неразложившиеся растительные клетки;
- 3) физически связанная вода, представляющая собой слой ориентированных молекул воды на границе с твердой фазой; она имеет большую плотность и диэлектрическую постоянную, замерзает труднее свободной воды;
- 4) химически связанная вода, аналогичная кристаллизационной воде; содержится в торфе в незначительном количестве.

Отжатию из сырого торфа поддается только свободная вода, после чего торф все же сохраняет влажность около 70%.

Разнообразием форм связи воды с торфом объясняются и различные скорости воздушной сушки торфа: при влажности более 50% скорость испарения воды остается постоянной, как и со свободной поверхностью воды, но при дальнейшем уменьшении влаж-

ности торфа скорость испарения воды убывает, поскольку при этом изменяется уже коллоидная часть торфа. Промерзший торф с влажностью ниже 40% не теряет структуры после оттаивания, ввиду того что заключающаяся в нем физически связанная вода замерзает гораздо труднее свободной, а химически связанная вовсе не замерзает. При влажности 40% в лед превращается лишь около 14% влаги.

Влажный торф можно рассматривать как смесь абсолютно сухой торфяной массы и воды [30], т. е.

$$G = G_c + W,$$

где G — общий вес сырого торфа (кг),

G_c — вес абсолютно сухого торфа (кг),

W — вес воды в торфе (кг).

Влажность может быть отнесена к общему весу G , который принимается за 100, и обозначена W^o (индекс o означает «общая, относительная») или к абсолютно сухой массе и обозначена W^c (c означает «сухая масса»). W^c находится в прямолинейной зависимости от содержания влаги в торфе, так как изменение значений абсолютной влажности всегда пропорционально весовому количеству убывающей или прибывающей влаги; W^o прямо пропорциональна убыли или прибыли общего веса торфа, а с количеством потерянной или приобретенной влаги связана зависимостью гиперболического характера.

Пересчет W^c на W^o и наоборот производится по формулам

$$W^c = \frac{W^o}{100 - W^o} \cdot 100\%,$$

$$W^o = \frac{W^c}{100 + W^c} \cdot 100\%.$$

Влажность, отнесенная к торфу со всей влагой, которую он содержит при поступлении в топку, называется влажностью торфа в рабочем состоянии. Влажность торфа в рабочем состоянии обозначается W^p .

Влажность, которую имеет измельченный торф, доведенный до постоянного веса при комнатных условиях (температура 20°C, относительная влажность воздуха — 65%), называется гигроскопической влажностью, а такой торф — воздушно-сухим; влажность, теряемая торфом при переходе из рабочего в воздушно-сухое состояние, называется случайной. В практике называют воздушно-сухим кусковой торф с нормальной влажностью (33%), а фрезерный — с влажностью 40%.

Торф, искусственно высушенный до постоянного веса при температуре 105—110°C, называется абсолютно сухим.

Влажность торфа, отнесенная к 1000 ккал потенциального тепла в торфе, называется приведенной влажностью и обозначается W_{np} :

$$W_{np} = \frac{W^p \cdot 1000}{Q_n^p},$$

где Q_n^p — низшая теплотворная способность рабочей массы торфа.

Для пересчета веса торфа с различной влажностью служат следующие формулы [29,30]:

1) вес кускового торфа в рабочем состоянии по весу с нормальной условной влажностью:

$$G^p = G^n \frac{100 - 33}{100 - W^p} \text{ кг},$$

2) вес кускового торфа с нормальной влажностью по весу в рабочем состоянии:

$$G^n = G^p \frac{100 - W^p}{100 - 33} \text{ кг},$$

3) вес торфа в абсолютно сухом состоянии по весу в рабочем состоянии:

$$G^c = G^p \frac{100 - W^p}{100} \text{ кг}.$$

Высокая влажность торфа является крупным недостатком: она затрудняет розжиг торфа в топке, уменьшает мощность и экономичность котлоагрегата (снижая температуру и интенсивность горения, вызывая неравномерное горение отдельных мест слоя), является причиной смерзания торфа зимой, которое приводит к застреванию его в бункерах и к теплопотерям на оттаивание, требует создания в топке повышенного разрежения.

Следует отметить, что умеренная влажность торфа порядка 30—40% для большинства слоевых топочных устройств имеет положительное значение: при такой влажности предотвращается зашлаковывание колосниковой решетки, равномерно выделяются летучие вещества, что способствует сокращению теплопотерь с химическим недожогом, уменьшается провал и унос мелочи, т. е. потери с механическим недожогом. На устойчивости процесса горения и на характере его влияние такой умеренной влажности почти не сказывается [24], а некоторое снижение температуры в топке, вызываемое такой влажностью торфа, как уже отмечено, уменьшает шлакование и предотвращает бурное выделение летучих веществ.

Влага в торфе является не только балластом, увеличивающим его вес, но, кроме того, требует расхода тепла на ее испарение и нагрев образовавшегося пара до температуры дымовых газов.

На процессе горения повышение влажности сверх 33% сказывается равномерно, но с достижением влажности 60% каждый процент ее дальнейшего увеличения вызывает резкое ухудшение течения процесса горения. Причина этого явления усматривается из приводимого проф. А. К. Сильницким [24] графика (рис. 2), где на оси абсцисс отложена влажность (в %), а на оси ординат — вес влажного торфа, пересчитанный на 1000 ккал тепло-

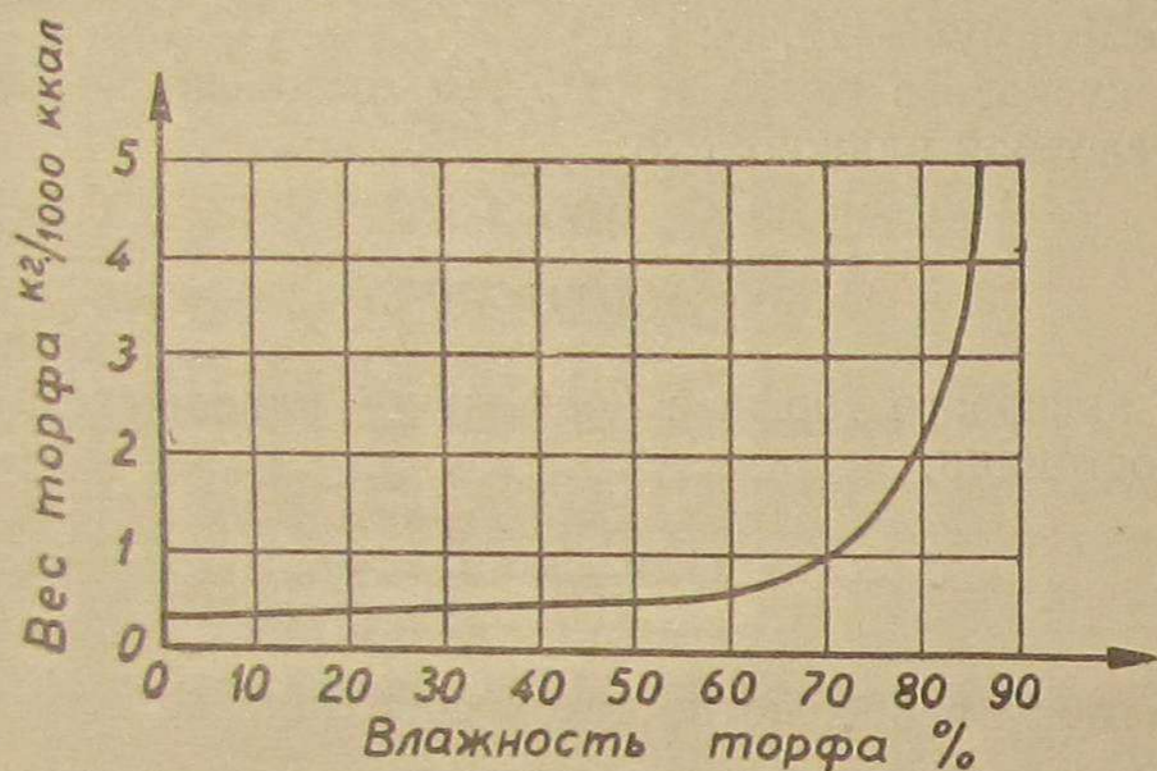


Рис. 2. Вес торфа при различной его влажности, отнесенный к 1000 ккал.

творной способности торфа. Возрастание веса с увеличением влажности вначале незначительно, затем оно увеличивается; при влажности 60% и выше вес увеличивается скачком, что, конечно, резко сказывается на процессе горения. Этим объясняется тот факт, что топка внезапно отказывается работать при ничтожном увеличении высокого содержания влаги.

Способность торфа удерживать в себе влагу под влиянием молекулярных сил называется влагоемкостью. Влагоемкость практически определяет предельную степень увлажнения высушенного торфа под действием атмосферных осадков или грунтовых вод [17]. Она зависит от количества и размера пор и капилляров, степени разложения торфа, типа залежи и температуры.

Зольность торфа. Зола, содержащаяся в торфе, — различного происхождения: это минеральная часть растений, образовавших залежи торфа, взвешенные минеральные частицы, нанесенные водою при ливне, снеготаянии, разливе рек, загрязняющие поверхность болот летучие пески (подобные пески наблюдались нами при испытаниях торфа болот, расположенных вблизи г. Риги). Количество золы в торфе увеличивается также из-за засорения при перевалках и хранения на неукрепленных основаниях складов.

Содержание золы, обозначаемое буквой A , обычно относится к весу сухой массы (A^c , в отличие от A^p — зольности, отнесенной к рабочей массе торфа).

Торф Латвийской ССР отличается невысокой зольностью, поэтому при чистке топки обыкновенно возникают затруднения только при сжигании торфа с легкоплавкой золой. Зольность местного торфа в основном колеблется в следующих пределах: для торфа верхового болота $A^c = 2 \div 5\%$, для торфа низинного $A^c = 5 \div 10\%$; допускаемая техническими условиями максимальная норма зольности ($A^c = 20\%$), таким образом, значительно выше фактической.

Присутствие в торфе золы уменьшает его теплотворную способность, увеличивает вес, а также потери тепла при чистке топки, так как очаговые остатки содержат больше несгоревших угольков.

Для успешного сжигания торфа, особенно сухого, важно определять температуру плавления золы торфа (см. рис. 34 на стр. 69). Следует различать три стадии плавления золы — начало деформации, размягчение и плавление. Торф богатых верховых месторождений Латвийской ССР дает более тугоплавкую золу, чем торф низинных болот:

	торф верховых болот	торф низинных болот
деформация	1100—1200°C	910—1050°C
размягчение	1180—1250°C	920—1100°C
плавление	1200—1350°C	950—1150°C

Содержание мелочи в кусковом торфе. Правилами технической эксплуатации торфопредприятий предусмотрены нормальные размеры торфин 100×100×340 мм. Фракция меньше 25 мм называется мелочью или крошкой.

Технические условия на поставку торфа [29] допускают нормальное содержание мелочи франко погрузочный пункт торфопредприятия для торфа верховых и переходных болот — 15%, для торфа низинных болот — 25%; на каждую перегрузку эти нормы увеличиваются для торфа болот верхового и переходного типа — на 2%, для торфа болот низинного типа — на 3%.

Содержание мелочи в кусковом торфе имеет большое значение при его сжигании (см. ниже, стр. 22).

Степень разложения торфа. Существенным показателем качества торфа является степень его разложения; она играет значительную роль в процессе подсушки и горения, обуславливает элементарный состав, теплотворную способность и физические свойства торфа. С повышением степени разложения увеличивается ценность торфа как топлива, содержание в нем углерода и теплотворная способность, увеличиваются прочность и удельный вес, уменьшается влагоемкость готового топливного торфа.

Степень разложения торфа определяется процентным отноше-

нием объема совершенно разложившегося торфа (гумуса) к общему объему торфяной массы.

В качестве топлива обыкновенно применяется торф верховых болот со степенью разложения не ниже 20% и торф низинных болот со степенью разложения не ниже 15%. Степень разложения верхних и средних слоев залежей торфа верховых болот в Латвийской ССР — в основном слабая.

В Латвийском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации разработан новый метод определения степени разложения торфа по выходу из него кокса [3].

Элементарный состав и теплотворная способность торфа. В основу расчета за поставляемый торф положена его влажность; но для составления отчета по использованию топлива необходимо знать теплотворную способность, а при проектировании торфяных топок — элементарный состав горючей массы торфа. Эти качества торфа тесно связаны между собой и зависят также от степени разложения торфа и его ботанического состава (табл. 4).

Таблица 4

Элементарный состав и теплотворная способность органической массы торфа верховых болот Латвийской ССР различной степени разложения (по проф. П. Номалсу)

Степень разложения	C ² , %	H ² , %	O ² , %	Высшая теплотворная способн. горючей массы (Q _в ²), ккал/кг
Слабая . .	54	6,5	38	5350
Средняя . .	57	6	35	5500
Сильная . .	62	5	32	5700

Для перевода приведенных в таблице 4 показателей на рабочее топливо служат формулы

$$C^p = \frac{C^2 (100 - W^p - A^p)}{100},$$

$$H^p = \frac{H^2 (100 - W^p - A^p)}{100},$$

$$O^p = \frac{O^2 (100 - W^p - A^p)}{100}.$$

Теплотворная способность торфа в рабочем состоянии в основном зависит от его влажности, зольности, степени разложения.

Для точных расчетов теплотворная способность определяется в лаборатории сжиганием средней пробы торфа в калориметрической бомбе. Грубо приближенно теплотворная способность может быть определена по формуле проф. С. В. Татищева [27]

$$Q_n^p = 4800 - 54 W^p.$$

Е. П. Семенским, А. К. Сильницким и другими авторами предложены для практического пользования номограммы, по которым можно определить Q_n^p , зная степень разложения, содержание влаги и золы в данном торфе. А. К. Сильницкий [24] приводит 3 кривые зависимости теплотворной способности от влажности торфа низкой, средней и высокой степени разложения при зольности A^c , не превышающей 10% (рис. 3).

Теплотворную способность верхового торфа для практических целей можно определить по номограммам, которые в Латвийском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации разработал В. Дирба [6]. Если кроме влажности ($W^p, \%$) и зольности ($A^c, \%$) торфа известна степень его разложения ($S, \%$), пользуются номограммой рис. 4, если известен выход кокса, влажность и зольность торфа, — номограммой рис. 5. Прежде всего определяется калорийность торфа при данной его влажности (W^p), затем находится сниженная калорийность при данной зольности A^c , наконец, определяется калорийность для известной степени разложения (S) или содержания кокса. Троекратно скорректированная таким образом калорийность будет окончательной (Q_n^p).

Сравнение величины Q_n^p , определенной с помощью калориметра, с найденной по номограмме показало, что разница в среднем не превышает $\pm 3\%$, а такую точность для практических целей можно считать достаточной. При определении Q_n^p для торфа низинного болота разница оказывается более значительной.

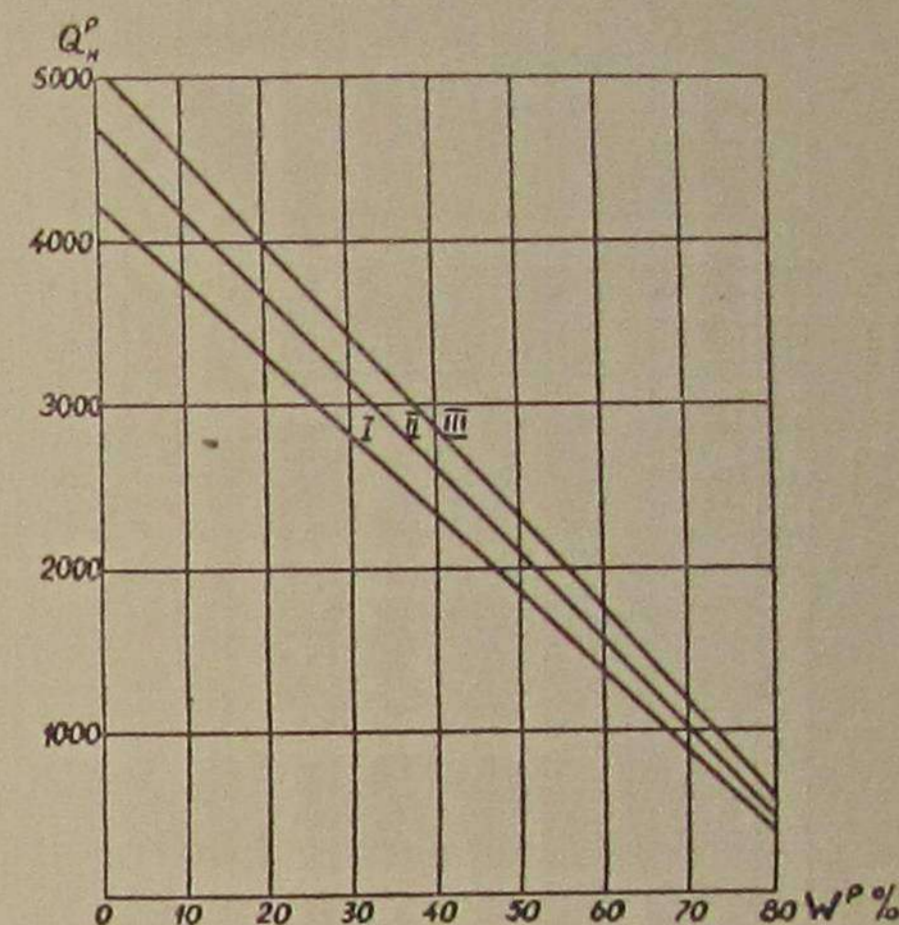


Рис. 3. Номограмма проф. А. К. Сильницкого для определения низшей теплотворной способности торфа в рабочем состоянии по влажности и степени разложения.

I — торф низкой степени разложения, II — средней степени разложения, III — высокой степени разложения.

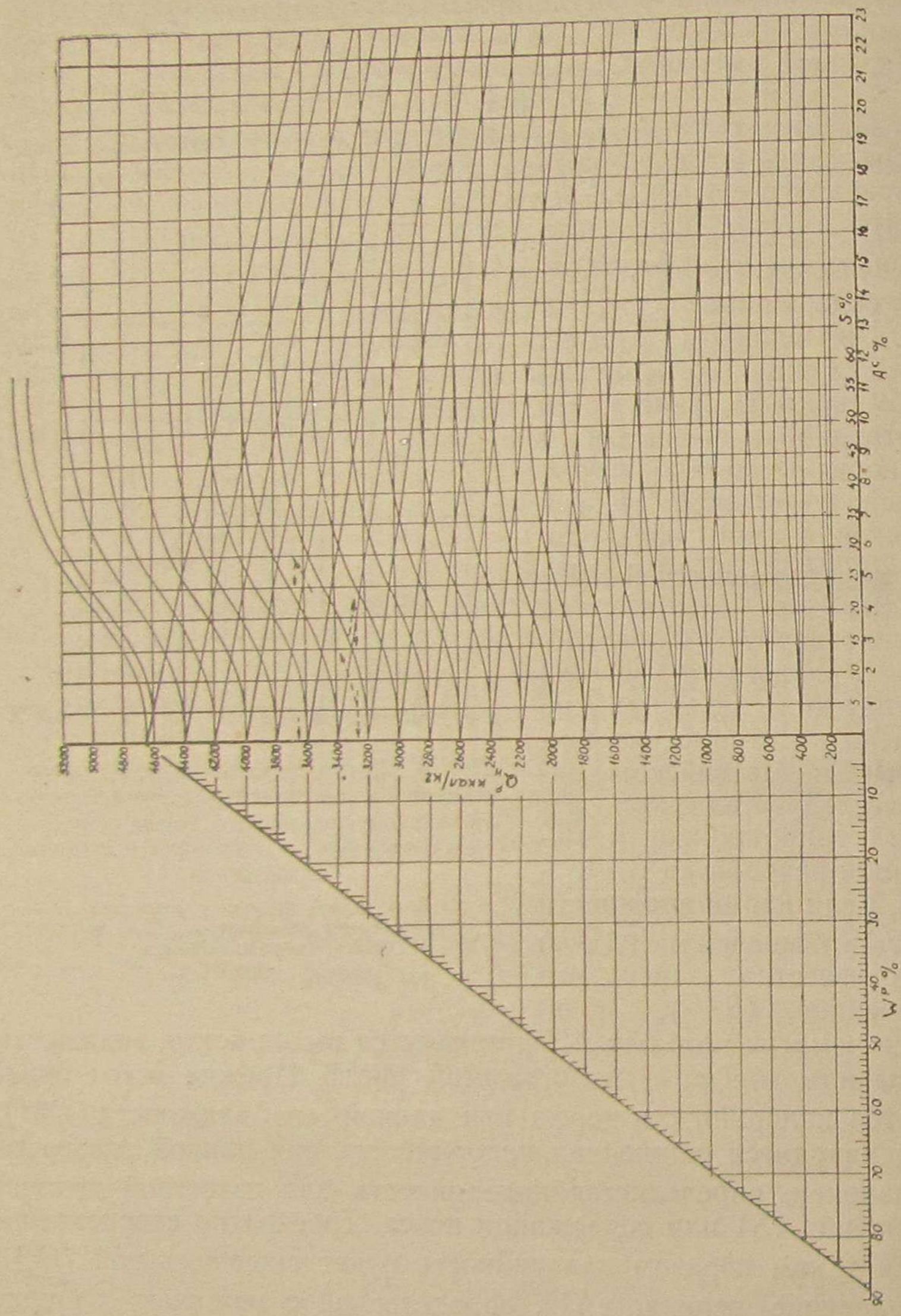


Рис. 4. Номограмма В. Дирбы для определения теплотворной способности торфа в рабочем состоянии по его влажности, зольности и степени разложения.

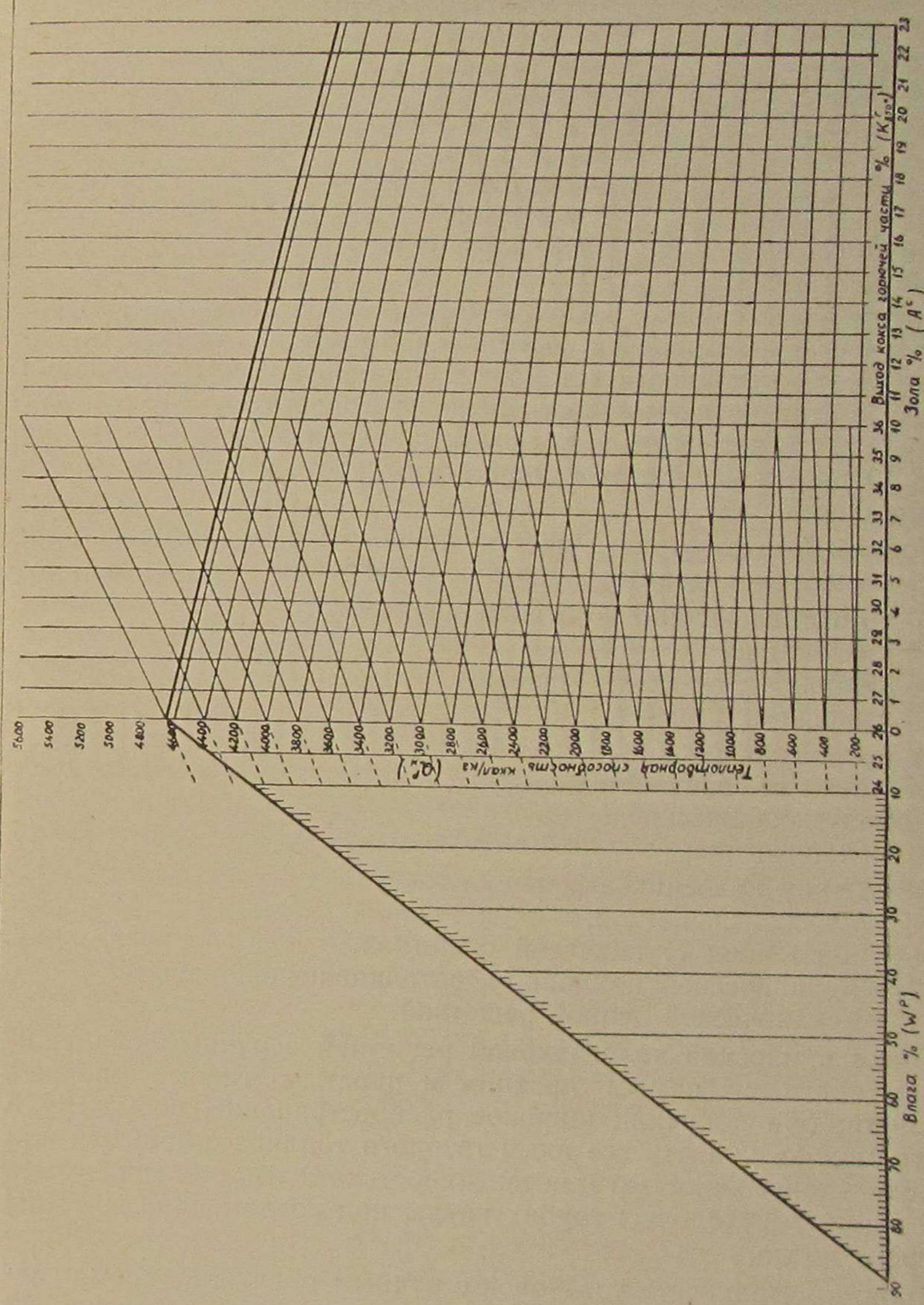


Рис. 5. Номограмма В. Дирбы для определения теплотворной способности торфа в рабочем состоянии по его влажности, зольности и выходу кокса.

СЛОЕВОЕ СЖИГАНИЕ ТОРФА В ТОПКАХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

1. СЖИГАНИЕ ТОРФА В ТОПКАХ СО СВОБОДНО ЗАЛЕГАЮЩИМ СЛОЕМ НА КОЛОСНИКОВЫХ РЕШЕТКАХ

С целью выявления степени пригодности слоевых топков существующих конструкций для сжигания торфа нами был проведен ряд опытов. Полученные в этих опытах результаты и данные других авторов приводятся ниже.

Конструкция слоевых топков, в которых сжигается торф в свободно залегающем слое на колосниковой решетке, зависит от качества торфа и мощности установки. Стандартной классификации котлоагрегатов по их мощности пока не существует. Здесь будут рассматриваться топки для котлов с паропроизводительностью не более 10 тонн в час, которые принято относить к установкам малой мощности.

По своей конструкции существующие у нас топочные устройства можно подразделить на следующие группы:

- 1) по расположению по отношению к котлу —
внутренние,
нижние,
выносные;
- 2) по роду обслуживания —
с ручным обслуживанием,
полумеханические,
механические;
- 3) по типу колосниковых решеток —
с плоской решеткой,
с наклонной ступенчатой решеткой,
с механической наклонно-переталкивающей решеткой,
с механической цепной решеткой.

Топки с плоской колосниковой решеткой с ручным обслуживанием являются самым древним и простым типом топочных устройств; они получили широкое распространение, поскольку в них возможно сжигать все виды твердого топлива с большей или меньшей экономичностью и интенсивностью. Эти топки могут быть расположены в жаровых трубах котла, под котлом или вынесены на фронт котла.

Производительность установок с ручным обслуживанием ограничивается физическими возможностями кочегаров. Форсировка горения связана с увеличением потерь из-за уноса мелких фракций при усиленном дутье, а для повышения производительности установки и сокращения теплотерь с химическим недожогом требуется увеличение габаритов топки.

Толщина слоя торфа должна быть тем больше, чем крупнее куски топлива и чем выше его влажность.

Характерной особенностью и недостатком топков с ручным обслуживанием является периодичность горения: в начальный и особенно в конечный период горение происходит с избытком воздуха и повышенными теплотерями с уходящими газами, а в промежуточные периоды обыкновенно недостает воздуха и горение происходит с химическим недожогом. При загрузке топлива на колосниковую решетку врывается над слоем холодный воздух, охлаждающий топку и уносящий горячие газы в трубу; при этом снижается температура топки, и горение в это время прекращается из-за отсутствия воздуха в слое. Каждый период характеризуется различным тепловыделением.

Во *внутренних топках*, помещенных в жаровых трубах котлов, объем топочного пространства недостаточен для сжигания торфа; притом значительную часть объема занимает толстый слой торфа. Теснота топочного пространства не позволяет увеличить колосниковую решетку до нужной площади, что ограничивает производительность установки. Внутренняя топка со всех сторон окружена металлическими поверхностями, за которыми находится вода, поэтому тепло в топке не аккумулируется и температура в ней невысока. При загрузке торфа температура резко снижается, что особенно сказывается при сжигании влажного торфа; поэтому горение происходит обычно со значительным химическим недожогом.

Для снижения прямой теплоотдачи при сжигании торфа делались попытки футеровки жаровых труб огнеупором, но это оказалось непрактичным ввиду уменьшения и без того тесного объема топки и быстрого разрушения футеровки.

Установлено, что внутренние топки жаротрубных котлов не приспособлены для рационального сжигания кускового торфа даже с нормальной влажностью (порядка 30%), при влажности же выше 40% устойчивость горения не обеспечивается. Наши опыты показали, что сжигание кускового торфа с влажностью порядка 50% во внутренних топках жаротрубных котлов практически невозможно: топка временами затухает, удельный паросъем составляет 6—8 кг/м²ч, а к. п. д. котла не превышает 40% [35 г].

Топки с ручным обслуживанием, размещенные под котлом, при необходимой высоте имеют объем топочного пространства, достаточный для сжигания торфа без значительных потерь с недожогом. Для образования на колосниковой решетке слоя торфа требуемой толщины (не менее 500 мм) топка должна иметь дверцы в 3 этажа: нижние — под колосниковой решеткой, для уборки золы из зольника и подачи воздуха под решетку; средние — над колосниковой решеткой, для шуровки слоя и уборки шлака; верхние — для загрузки топлива в топку, при этом для

облегчения обслуживания кочегар находится на платформе, поднятой выше пола и придвинутой к фронту топки.

В такой топке, иногда называемой универсальной, удовлетворительно сжигается кусковой торф с влажностью не выше 40% и с содержанием мелочи не более 25%.

При использовании *выносных топок*, кроме недостатков, присущих топкам, расположенным под котлом, имеют место повышенные теплотери в окружающую среду; для сооружения топок у фронта котла в котельной требуется много места.

Влияние содержания мелочи (крошки) в кусковом торфе или которым необходим большой объем топочного пространства для сжигания летучих веществ, содержащихся в весьма большом количестве в дровах и торфе. Уменьшение прямой отдачи в топке позволяет сжигать торф с повышенной влажностью.

Существенным недостатком торфа является его крошимость, вызывающая высокое содержание мелочи в кусковом торфе. Для топок различных конструкций существует разный предел содержания мелочи в кусковом торфе; если содержание мелочи превышает этот предел, работа топки резко ухудшается и даже прекращается.

Влияние содержания мелочи (крошки) в кусковом торфе или присадки к нему фрезерного торфа на работу топок с ручным обслуживанием исследовано недостаточно, и в литературе по этому вопросу имеются только краткие, неполные сведения. Так, например, проф. С. В. Татищев [27, 28] отмечает, что при сжигании кускового торфа на ручных решетках представляется возможность подмешивать фрезерный торф в количестве 25—30% от веса кускового торфа, но не поясняет, учтена ли при этом содержащаяся в кусковом торфе естественная крошка, вес которой часто даже превышает упомянутый процент присадки; говоря о том, что больший процент присадки фрезерного торфа вызывает снижение показателей работы топки, С. В. Татищев не указывает степени этого снижения.

Для определения влияния содержания мелочи в кусковом торфе на показатели работы котлоагрегата с выносной топкой, оборудованной плоской колосниковой решеткой, нами был произведен ряд опытов сжигания кускового торфа с мелочью.

Следует отметить, что фрезерный торф по фракционному составу заметно отличается от естественной мелочи (крошки), содержащейся в кусковом торфе, так как имеет обыкновенно больше мелких фракций, наличие которых увеличивает механический недожог и вызывает ухудшение передачи тепла воде котла.

Опытом установлено следующее среднее содержание мелких фракций:

	в натуральной крошке	во фрезерном торфе
фракции выше 5 мм	64%	16%
ниже 5 мм	36%	84%
в т. ч. ниже 3 мм	25%	75%

В связи со сравнительно малым содержанием в крошке мелких фракций она ложится более рыхлым слоем и дает меньше потерь с уносом, чем фрезерный торф, несмотря на то что крайние размеры кусочков торфа в обоих случаях одинаковы: торфяной крошкой считается фракция от 0 до 25 мм, а фракции фрезерного торфа укладываются в эти же пределы.

Так как наряду с присадкой мелочи на показатели работы котлоагрегата влияет также влажность торфа, то для опытов подбирался торф с практически одинаковой средней влажностью — около 45%.

При всех опытах к. п. д. котлоагрегата определялся по прямому балансу и сопоставлялся с косвенным балансом [5].

Во время опытов торф сжигался в выносной топке с плоской горизонтальной решеткой одножаротрубного котла с поверхностью нагрева 67 м²; объем топочного пространства составляет 3,7 м³, тяга — естественная, вентиляционное дутье под решетку — с напором до 40 мм вод. ст., площадь решетки — 1,71 м², высота топки — около 2 м.

Опыты проводились при средней форсировке установки.

При проведении первой серии опытов сжигалась в одном слое смесь кускового торфа (без мелочи) с фрезерным торфом средней влажности (40—45%); присадка фрезерного торфа для каждого следующего испытания увеличивалась на 10%. Влияние присадки фрезерного торфа на к. п. д. установки и на удельный паросъем показано в таблице 5 и отражено на графике (рис. 6).

Из полученных результатов следует, что котлоагрегат работает с максимальным к. п. д. на кусковом торфе без присадки фрезерного торфа; с увеличением присадки фрезерного торфа к. п. д. постепенно снижается, так что при содержании в смеси 40% фрезерного торфа к. п. д. составляет только 41%. Снижение удельного паросъема от присадки фрезерного торфа практически сказывается уже при повышении содержания последнего сверх 30%, когда паросъем резко падает; при содержании фрезерного торфа 50% удельный паросъем составляет только 12 кг/м²ч.

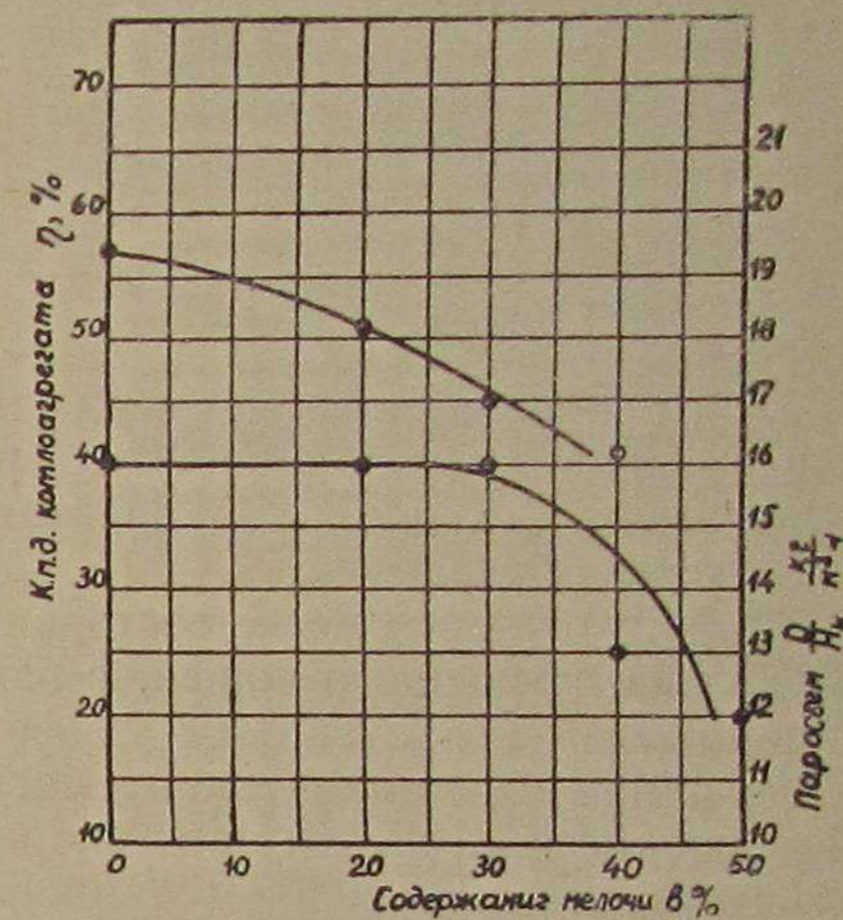


Рис. 6. Влияние присадки фрезерного торфа к кусковому торфу на к. п. д. и удельный паросъем жаротрубного котла с выносной топкой с плоской колосниковой решеткой.

Влияние присадки фрезерного торфа к кусковому торфу на показатели работы жаротрубного котла с выносной топкой с плоской колосниковой решеткой

№№ опытов	Соотношение компонентов, %		К. п. д. установки, %	Удельный паросъем, кг/м ² ч
	кусков. торф	фрезторф		
1	100	—	57	16
2	80	20	51	16
3	70	30	45	16
4	60	40	41	13
5	50	50	—	12

При проведении второй серии опытов сжигался с повышенной форсировкой кусковой торф с фрезерным торфом в отдельных слоях. Результаты опытов показали значительные преимущества такого способа работы.

При сжигании смеси, состоявшей на 70% из кускового и на 30% — из фрезерного торфа, с загрузкой мелочи в нижний слой и покрытием его кусковым торфом, к. п. д. установки составил 55%, а при сжигании такой смеси в одном слое — только 45%. Повышение к. п. д. при загрузке кускового торфа на слой мелочи объясняется уменьшением теплотерь с уносом благодаря зажимающему действию верхнего слоя кускового торфа, сходному с действием зажимающей решетки в топке скоростного горения (см. ниже, стр. 41, 42); кроме того, верхний слой кускового торфа подогревается снизу легковоспламеняющейся мелочью, а это интенсифицирует горение, повышает температуру горения [35г] и снижает химический недожог. Зжатие слоя мелочи кусковым торфом позволяет работать с более сильным дутьем без значительного увеличения потерь с уносом [22].

Таким образом, при сжигании мелочи или фрезерного торфа в отдельном слое, зажатом кусковым торфом, может быть достигнута значительная экономия топлива в сравнении с обычным сжиганием смеси.

Для организации сжигания торфа в зажатом слое мелочи на плоской колосниковой решетке рекомендуется отделение кусков торфа от мелочи производить не трудоемким грохочением, а более простым способом: при погрузке торфа для подачи со склада в котельную мелочью наполняются отдельные вагонетки, и она выгружается на пол котельной в отдельные кучи; кочегары лопатой забрасывают мелочь на решетку равномерным слоем, а затем покрывают ее кусковым торфом. Во избежание потерь с провалом мелочь забрасывают не на голую решетку, а на слой выгорающего топлива со шлаком.

Опыты показали также, что предварительная подсушка высоковлажного торфа на шуровочной плите и передней части колосниковой решетки с последующим выравниванием слоя дает возмож-

ность в топке данного типа сжигать торф со средней влажностью до 47%, т. е. с большей влажностью, чем при обычном способе сжигания без подсушки.

Для испытания влияния толщины слоя на показатели работы установки был проведен опыт на одном из рижских хлебокомбинатов. Выносная топка жаротрубного котла имела здесь загрузочные дверцы на уровне колосниковой решетки, ввиду чего слой торфа у дверец получался очень тонкий и утолщался по мере удаления от дверец; при этом средняя толщина слоя составляла около 200 мм. Горение слоя происходило неравномерно, с большим избытком воздуха ($\alpha = 3 \div 4$).

После снижения колосниковой решетки на 300 мм нижняя дверца (зольника) оказалась над решеткой; для выгребания золы под решеткой в приемке устроена третья дверца (рис. 7). После такой простой реконструкции топки в ней успешно сжигался торф с повышенной влажностью (до 45%), а расход торфа уменьшился примерно на 10%.

Обслуживание топок с плоской колосниковой решеткой требует тяжелого ручного труда кочегара, но этот труд значительно облегчается с устройством качающихся и опрокидных колосников, при условии отсутствия шлакования.

Топка с неподвижной наклонной ступенчатой колосниковой решеткой и расположенной за ней горизонтальной решеткой является фактически уже полумеханической, так как поданное в топку топливо продвигается вниз силой собственного веса. Решетки у этих топок располагаются под котлом или в выносной топке.

Такие топки с успехом применяются для сжигания мелких древесных отходов, но недостаточно исследованы в отношении сжигания в них торфа. Поэтому нами был проведен ряд опытов по изучению эффективности подобных топок при использовании в качестве топлива торфа.

Опыты эти проводились при сжигании малозольного кускового торфа в смеси с фрезерным торфом в выносной топке двухжаротрубного котла (рис. 8) с поверхностью нагрева 68 м². Топка

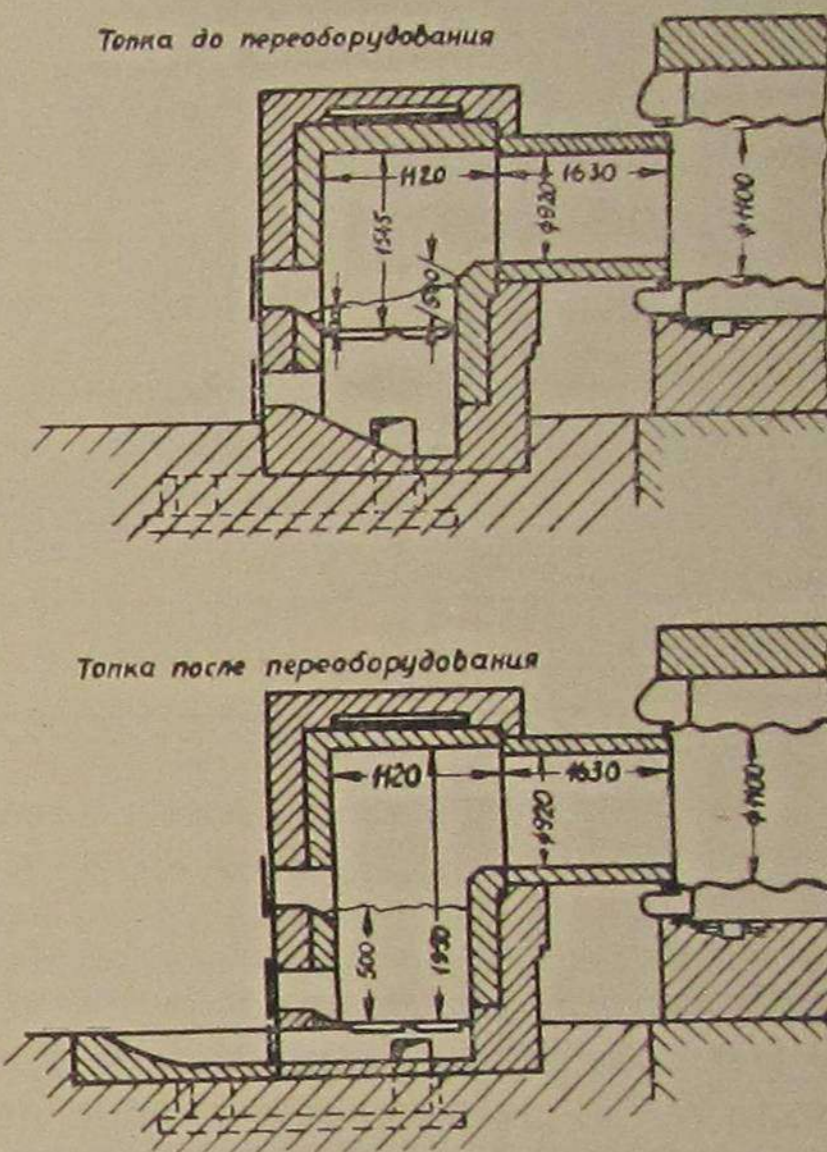


Рис. 7. Переоборудование под торф выносной топки с плоской колосниковой решеткой.

имеет достаточный объем топочного пространства — 6 м³. Ступенчатая колосниковая решетка установлена с углом наклона к горизонту 42° и расстоянием между ступеньками 150 мм, а за ней следует горизонтальная дожигательная решетка. Котельная имеет удобный, глубокий золовой подвал. Водяной экономайзер и воздухоподогреватель отсутствуют.

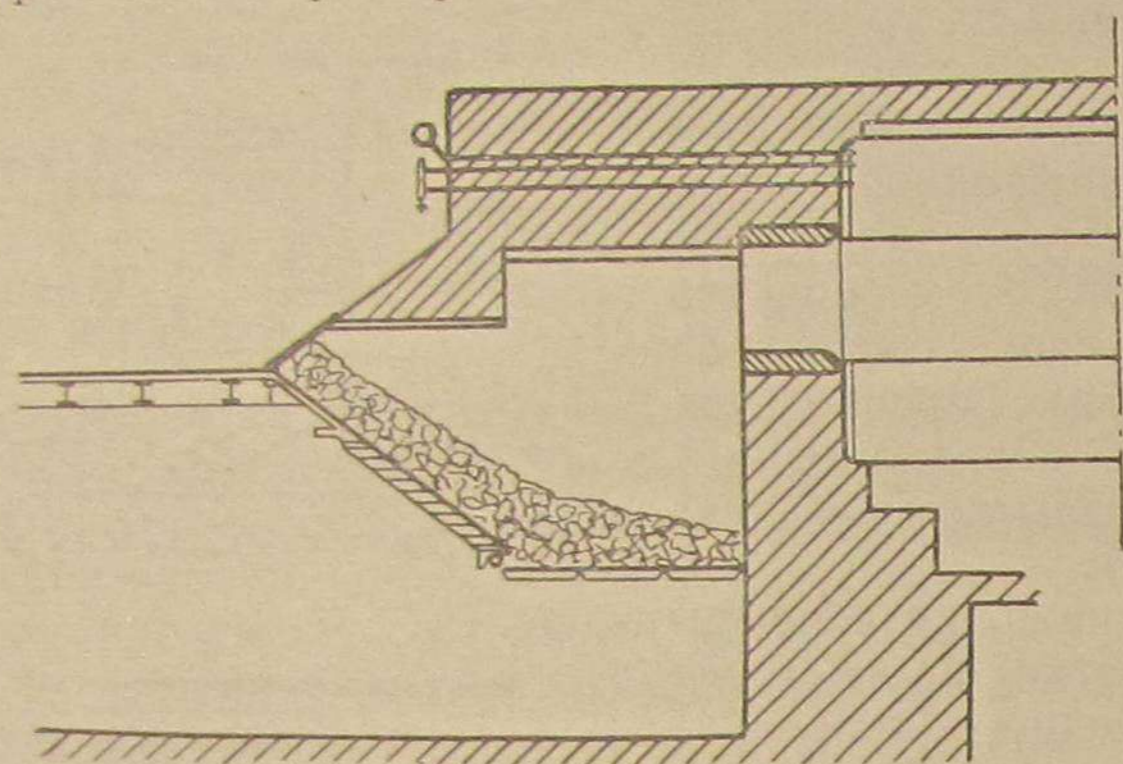


Рис. 8. Схема топки с неподвижной наклонной ступенчатой колосниковой решеткой.

Топка работает за счет сильной естественной тяги порядка 30 мм вод. ст., создаваемой кирпичной дымовой трубой высотой около 50 м. Загрузочное отверстие топки расположено на уровне пола котельной, что позволяет легко стаскивать торф с пола непосредственно в топку.

Практически установлено, что в такой топке возможно сжигать торф с влажностью до 50% при содержании мелочи не более 50%.

Чтобы установить влияние содержания мелочи в кусковом торфе на показатели работы установки, произведены ее балансовые испытания при сжигании торфа со средней влажностью порядка 45%, с практически одинаковой форсировкой. При каждом по-

Таблица 6

Влияние присадки фрезерного торфа к кусковому торфу на показатели работы жаротрубного котла, оборудованного выносной топкой с неподвижной наклонной ступенчатой колосниковой решеткой

№ опыта	Соотношение компонентов, %		К. п. д. установки, %	Удельный паросъем, кг/м ² ч
	кусков. торф	фрезторф		
1	90	10	54	27
2	80	20	56	29
3	70	30	59	32
4	60	40	62	30
5	50	50	66	26

следующем опыте присадка фрезерного торфа к кусковому увеличивалась примерно на 10%.

Опыты дали результаты, приведенные в таблице 6 и отраженные на графике (рис. 9). Они показали, что присадка мелочи к кусковому торфу при умеренной влажности повышает к. п. д. установки, а паропроизводительность ее с увеличением содержания мелочи до 30% повышается, при дальнейшем же увеличении — снижается.

Необходимо отметить, что в данном случае успешному сжиганию торфа способствовали исключительно благоприятные условия — сильная тяга, плотный затвор кормушки топки, удобный золовой подвал, торф равномерного качества, невысокой влажности, малозольный, с тугоплавкой золой; поэтому полученные показатели являются максимальными.

Во время опыта наблюдалось, что при спуске торфа по наклонной ступенчатой решетке значительная часть мелочи проходила через межкусковые пространства в нижний слой и закрывалась верхним слоем кускового торфа; такое зажатие мелочи уменьшало теплотери с уносом при сильной тяге. Кроме того, на ступеньках решетки мелочь образовывала очаги горения, исходившие из которых горящие газы пронизывали слой торфа, опускаясь вниз по колосниковой решетке над этими очагами, что интенсифицировало процесс горения; воспламенению и ускорению сжигания слоя способствовало также излучение топочного свода на поверхность слоя торфа.

Положительное влияние присадки мелочи к кусковому торфу можно объяснить тем, что мелочь имеет значительно большую удельную поверхность, реагирующую с кислородом воздуха, особенно при умеренной влажности.

Анализом дымовых газов установлено, что присадка мелочи с умеренной влажностью к кусковому торфу ввиду хорошей реакционной способности мелочи значительно снижает теплотери с уходящими газами и с химическим недожогом.

В этой же топке сжигается одубина с влажностью не выше 50%, но в смеси с более сухим торфом сгорает и более влажная одубина.

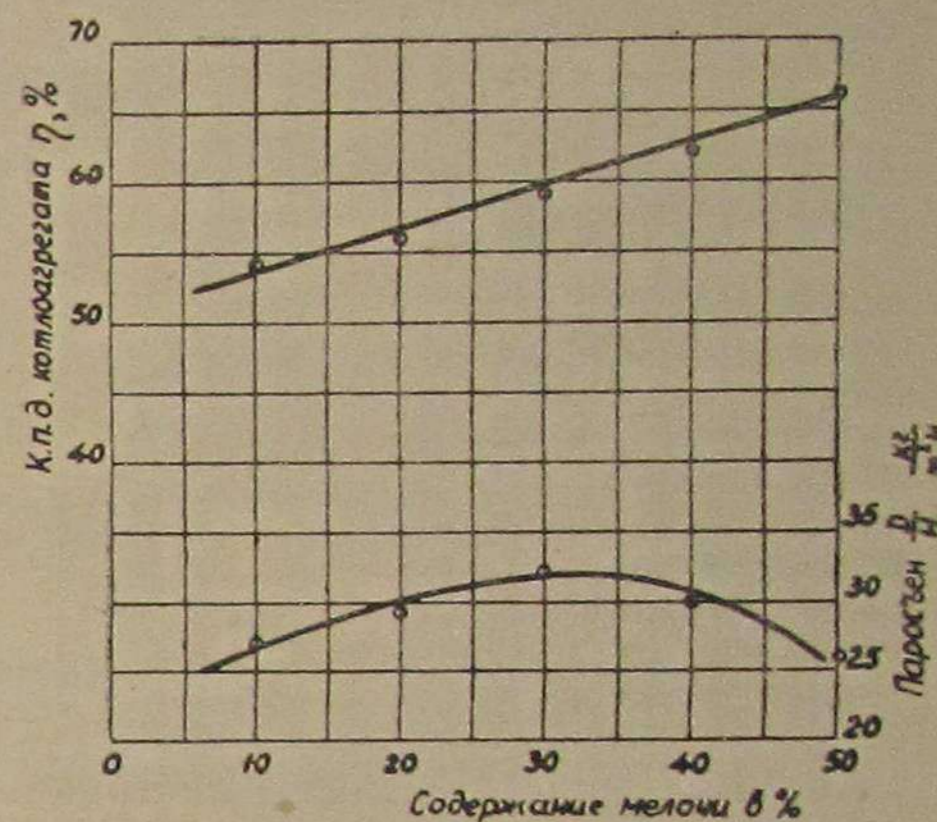


Рис. 9. Влияние присадки мелочи к кусковому торфу на к. п. д. и удельный паросъем жаротрубного котла с выносной топкой, оборудованной неподвижной наклонной ступенчатой колосниковой решеткой.

Опыт сжигания каменного угля в топке подобной конструкции дал отрицательный результат ввиду зашлаковывания колосников и трудностей при очистке топки от шлака.

Таблица 7

Рекомендуемые расчетные параметры ручных топок для торфа [10]

Наименование параметра	Обозначение	Характеристика при влажности торфа $W^p = 40\%$
Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{B \cdot Q_n^p}{R}$	1 000 000 ккал/м ² ч
Видимое тепловое напряжение топочного объема	$\frac{B \cdot Q_n^p}{V}$	300 000 ккал/м ³ ч
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	По литературн. данным — 1,3, по нашим опытным данным — в лучшем случае 1,5
Теплопотери от химического недожога	q_3	3%
Теплопотери от механического недожога	q_4	2%

Полумеханические шахтные топки являются специализированными топочными устройствами для сжигания торфа. В подобной топке торф, загружаемый в шахту, опускается по ней в зону ак-

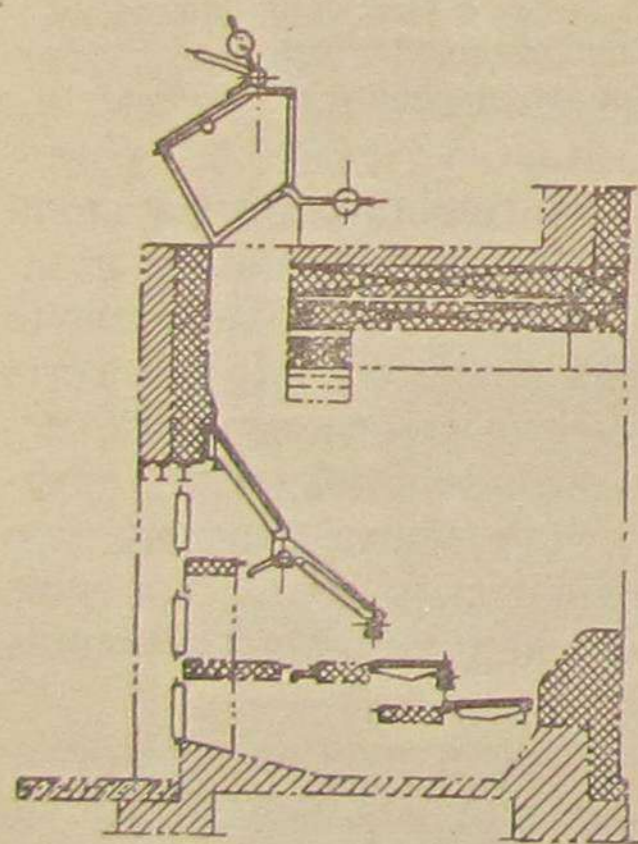


Рис. 10. Стандартная полумеханическая шахтная топка для торфа.

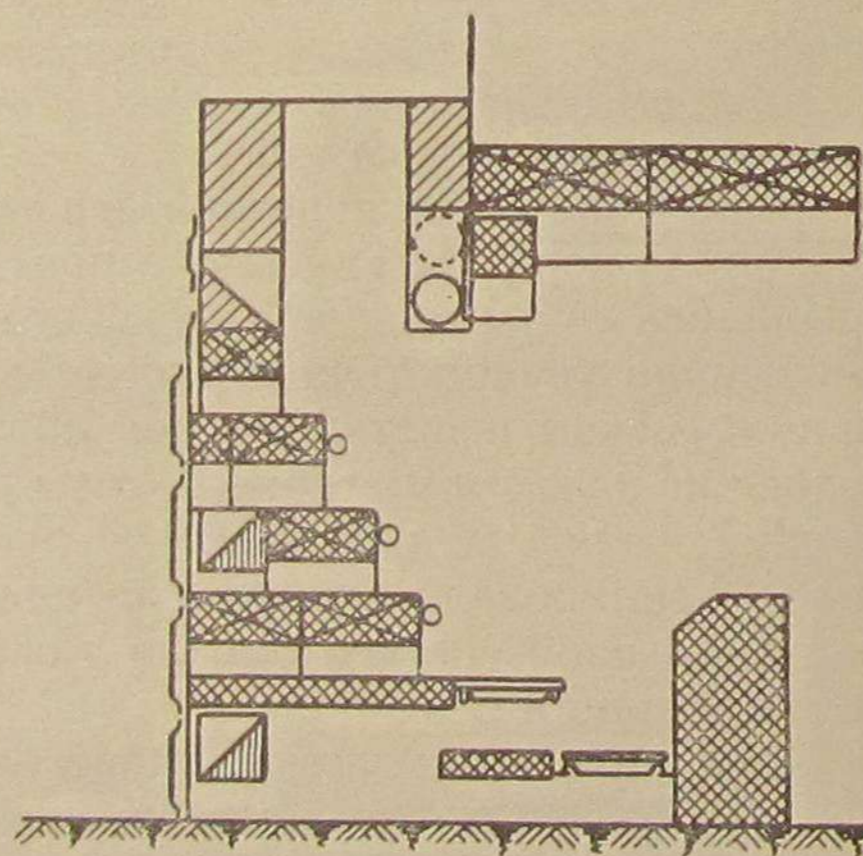


Рис. 11. Полумеханическая шахтная топка для торфа системы Степанова.

тивного горения под влиянием собственного веса. Эти топки строятся к котлам паропроизводительностью от 3 до 8, а иногда даже до 10 тонн в час. Емкость шахты обеспечивает работу установки в течение 1—1½ часов, что позволяет производить редкие

загрузки торфа большими порциями. При условии постоянного заполнения шахты выше топочного потолочного свода загруженный в шахту торф служит затвором, предотвращающим засос в топку холодного воздуха. В шахте торф согревается, частично подсушивается и таким образом подготавливается к горению.

Простейшим типом полумеханической шахтной топки является

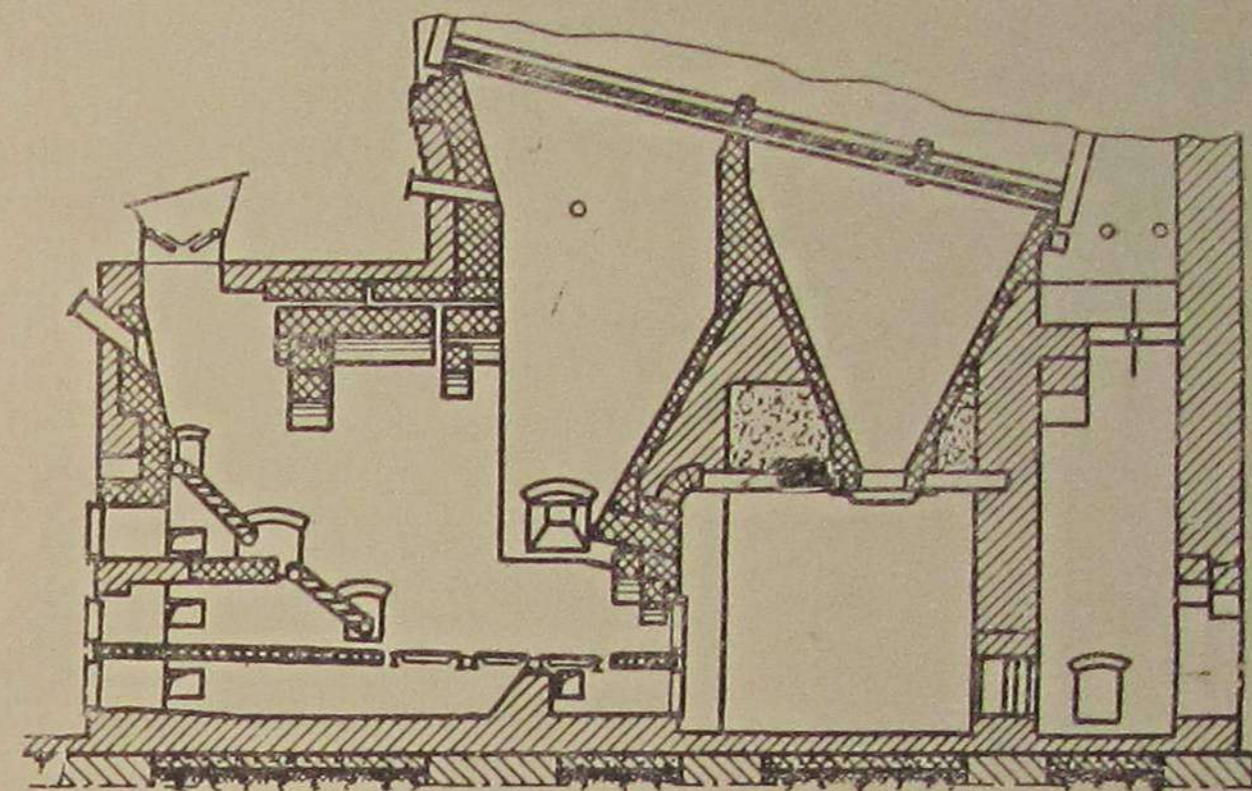


Рис. 12. Полумеханическая шахтная топка для торфа системы Энерголегпрома.

стандартная шахтная топка для торфа, сконструированная полвека тому назад проф. К. В. Киршем (ГОСТ 3682 — 47) (рис. 10). Эта топка имеет два ряда наклонных и два ряда горизонтальных плоских колосниковых решеток.

Разновидностью такой топки является ступенчатая шахтная топка системы Степанова с шамотными ступенями-сводами (рис. 11). Толщина слоя торфа регулируется в ней трубой, охлаждаемой проточной водой. На ступенях задерживается часть торфа, образуются очаги горения, подсушивающие слой торфа снизу; таким образом организуется нижнее воспламенение слоя, что дает возможность сжигать более влажный торф.

Энерголегпром разработал специальную конструкцию полумеханической шахтной топки для низкосортного торфа (рис. 12). Эта топка имеет шахту с воронкой, в которую загружаются попеременно крупный и мелкий торф; толщина слоя торфа регулируется специальной переставляемой балкой.

Несложная конструкция этой топки отличается от стандартной следующими особенностями: обслуживание колосниковых решеток является боковым, увеличен объем топочного пространства, предусмотрено позонное дутье, угол наклона к горизонту первого ряда колосников — 45°, а второго — 42°, балочные наклонные колосники заменены ступенчатыми, площадь горизонтальных

колосников решетки увеличена, зазоры сужены. Эти изменения конструкции делают топку более эластичной в смысле нагрузки и допускают более широкий диапазон качества торфа.

С целью усовершенствования конструкции стандартной топки проф. С. В. Татищев [27] предложил следующим образом изменить ее (рис. 13): в нижней части топки устроить нишу для со-

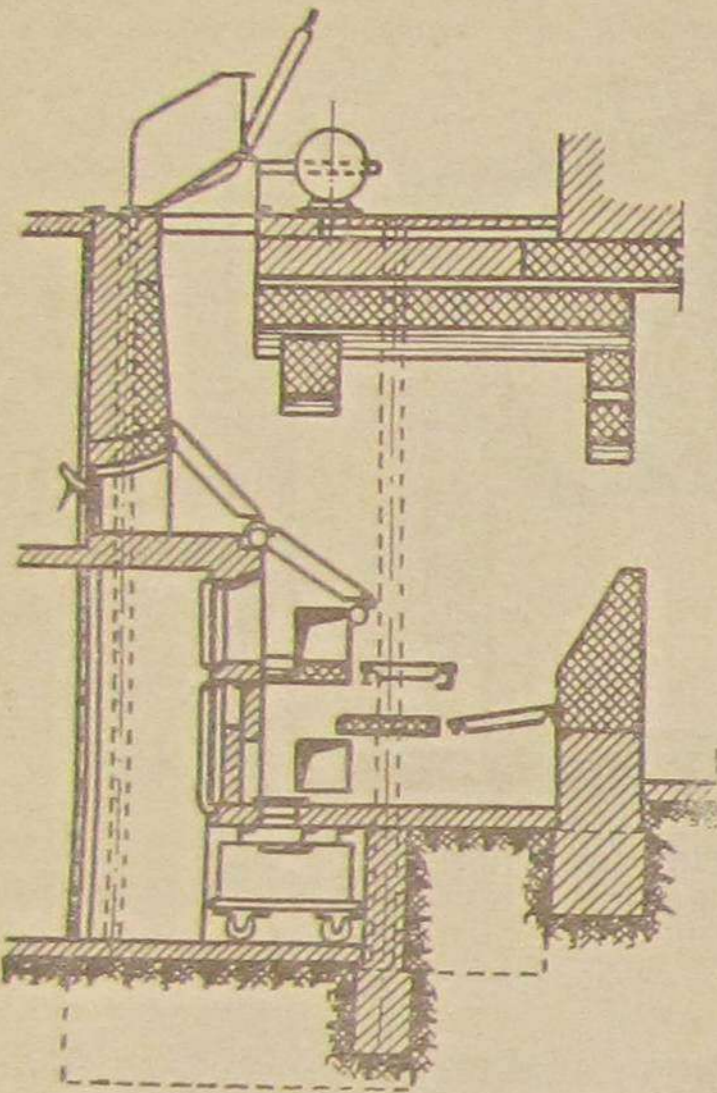


Рис. 13. Стандартная полумеханическая шахтная топка, модернизированная проф. С. В. Татищевым.

кращения расстояния от фронта до порога и облегчить этим очистку горизонтальных колосниковых решеток от шлака; наклонные балочные колосники заменить ступенчатыми для уменьшения потерь с провалом; уплотнить фронт топки. Кроме того, проф. Татищев рекомендует оборудовать топку шуровочной планкой над нижней и верхней горизонтальными решетками, что должно освободить кочегара от ручной шуровки.

Опыты по сжиганию торфа в полумеханических шахтных топках и по их эксплуатации дали приводимые ниже результаты.

Стандартная шахтная полумеханическая топка весьма чувствительна к влажности, зольности и к содержанию мелочи в кусковом торфе. Нормальное горение торфа обеспечивается при содержании влаги не более 40%, но с пониженными показателями сжигается

торф с влажностью до 45%. Зольность торфа выше $A^c = 10\%$, в особенности при легкоплавкой золе, вызывает зашлаковывание топки, нарушение режима горения и необходимость вмешательства кочегара. Поэтому предельной зольностью следует считать $A^c = 10\%$. Нормальный процесс горения возможен при содержании мелочи не более 15%, предельным содержанием мелочи следует считать 20—25%, в зависимости от ее влажности. Кроме нарушения нормального режима горения, при избытке мелочи наблюдается значительный провал ее в зольник, что связано с увеличением теплопотерь с механическим недожогом.

Полумеханическая шахтная топка системы Степанова, ввиду хорошей подготовки торфа и нижнего воспламенения слоя очагами горения мелкого торфа на шамотных ступенях, позволяет сжигать кусковой торф с влажностью до 50%, но эта топка еще более чувствительна к содержанию мелочи в кусковом торфе. Шамотные ступени легко зашлаковываются и требуют частой очистки

от шлака и золы, что затрудняет обслуживание и связано с разрушением ступеней и частым ремонтом.

Проведенное нами испытание топки системы Энерголегпрома, построенной в 1952 г. на одном из рижских текстильных комбинатов, показало, что в топке успешно сжигается кусковой торф с высоким содержанием мелочи и кусковой торф в смеси с фрезерным, содержание которого может достигать 50%. При влажности смеси не выше 50% работа топки — устойчивая, паросъем нормальный — 20—25 кг/м²ч, но даже с небольшим повышением влажности сверх 50% устойчивость горения нарушается, а паросъем снижается до 13—14 кг/м²ч [35б].

Во время опытов отмечены следующие недостатки этой топки: зашлаковывание колосниковых решеток при сжигании многозольного торфа с легкоплавкой золой, трудность покрытия торфом задней части дожигательной решетки, необходимость ручной шуровки и проталкивания слоя вручную. Тем не менее, из всех конструкций полумеханических шахтных топков для торфа в условиях Латвийской ССР топку Энерголегпрома можно признать наиболее пригодной — при наличии достаточного места для размещения выносной топки с увеличенными габаритами.

Для создания возможности увеличения присадки фрезерного торфа к кусковому при сжигании в шахтных топках делались попытки подсыпать фрезерный торф на горящий слой кускового торфа через щель в верхнем своде. Однако это мероприятие дало отрицательный результат: фрезерный торф ложится на неподвижном слое кускового торфа плотной кучей, газовое сопротивление слоя под кучей сильно возрастает, и горение в этом месте практически прекращается, а шуровка слоя часто вызывает у кочегара ожоги от острого пламени, выбрасываемого из топки.

Лучшие результаты получены при развевании фрезерного торфа потоком воздуха на слой горящего торфа.

При сжигании торфа в котлах с паропроизводительностью, превышающей 8 тонн в час, появляется необходимость применять механические топки.

Топки с механическими наклонно-переталкивающими решетками при паропроизводительности котлов, равной 7—25 тонн в час, служат как бы переходом от полумеханических шахтных топков к шахтно-цепным. В Прибалтике получили распространение механические наклонно-переталкивающие топки системы Каблица (в Латвийской ССР) и Ломшакова—Круль (в Эстонской ССР).

Топка системы Каблица (рис. 14) оборудуется полотном решетки, состоящим из трех, четырех или пяти рядов ступенчатых колосников длиной 980 мм и шириной 75 мм; угол наклона к горизонту — 17°, но последний ряд колосников (горизонтальный) служит для дожигания горючих в шлаке и удаления в бункер шлаковых остатков.

Колосники каждого ряда компонуются так, что один неподвижный колосник чередуется с соседним подвижным того же ряда,

а между колосниками оставляются зазоры в 3—5 мм для ввода в топку первичного воздуха. Кроме того, воздух проходит через щели в колосниках. Живое сечение решетки — около 7%. Колосники наклонных рядов имеют специфический профиль — с двумя горбинками, во впадине между которыми залегает горящий, а на него надвигается свежий торф, чем достигается нижнее воспламенение слоя, переходящее вверх. Верхний слой торфа подвергается облучению от раскаленных сводов и стен обмуровки.

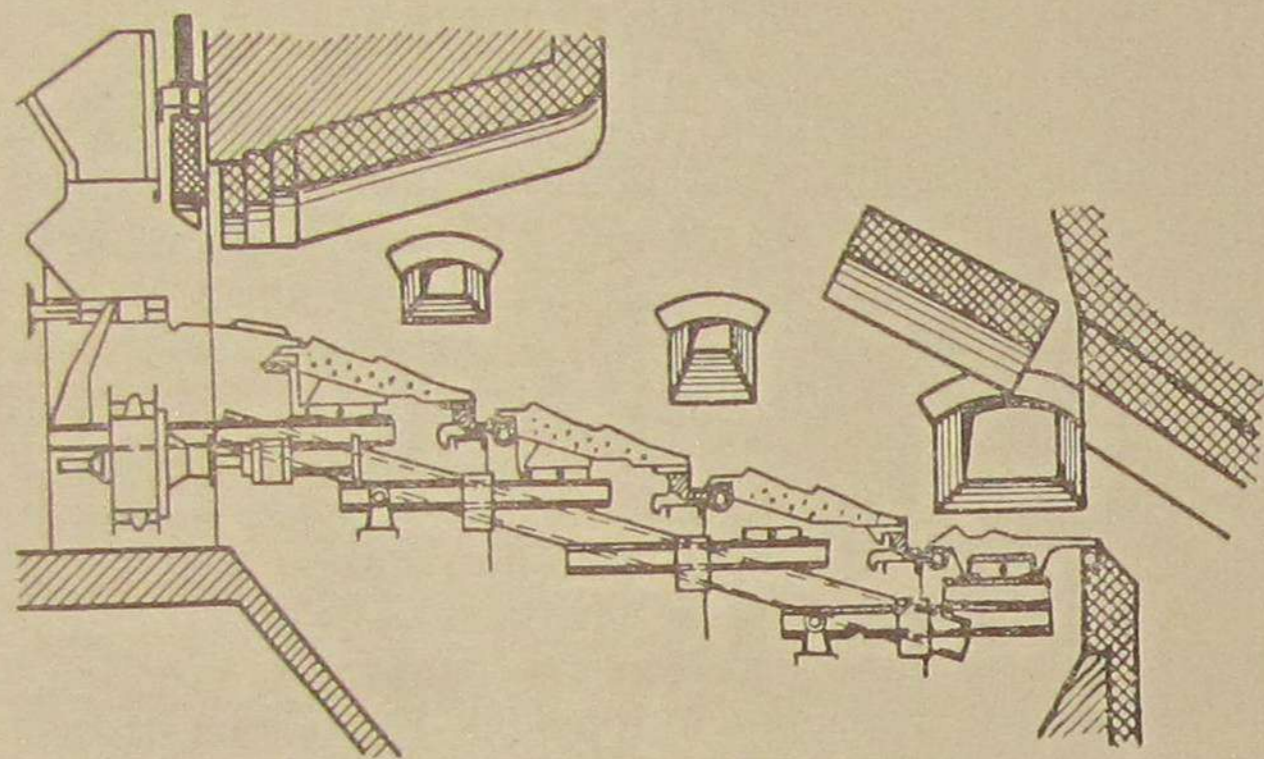


Рис. 14. Механическая наклонно-переталкивающая топка системы Каблица.

Подвижные колосники периодически проталкиваются вперед и отводятся назад рамой, приводимой в движение посредством паровой машинки, расположенной у фронта топки и расходующей около 0,2% от вырабатываемого котлом количества пара. Число ходов машинки регулируется ртутным переключателем. Вес конструкции — около 1300 кг/м².

Механическая наклонно-переталкивающая топка системы Ломшакова — Круль (рис. 15а) [14] нормальной модели «ЛК» строится заводом в Таллине для котлов с паропроизводительностью от 5—6 до 30 тонн в час и применяется в Эстонской ССР для сжигания мелкого сланца; для малых котлов (с паропроизводительностью от 2,5 до 5—6 тонн в час) строится малая модель «ЛКМ», упрощенной конструкции.

Переталкивание целых рядов колосников производится посредством электромотора и довольно сложного привода, позволяющего в широких пределах изменять длину хода и частоту переталкивания. Решетка является беспровальной, с бесструйной подачей воздуха, что сводит унос мелочи из слоя к минимуму; это достигается своеобразной конструкцией колосников, состоящих из мелких сотообразных ячеек, наполненных гравием с величиной зерен 8—12 мм (рис. 15б). Угол наклона решетки к горизонту — 10,5°.

живое сечение, с учетом засыпки гравия, — 16%, вес металлической конструкции — 630—690 кг/м². Решетка набирается из отдельных ступенчатых рядов, совершающих поступательно-возвратное движение (при этом происходит энергичное перемешивание и даже опрокидывание слоя топлива).

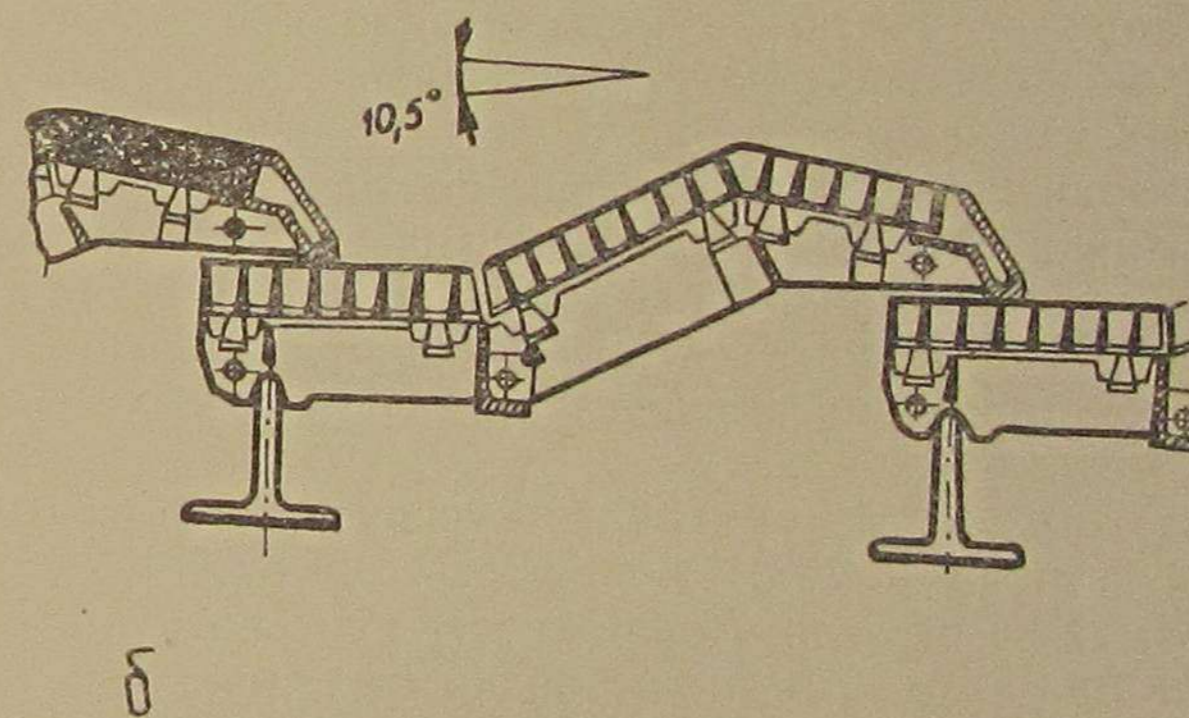
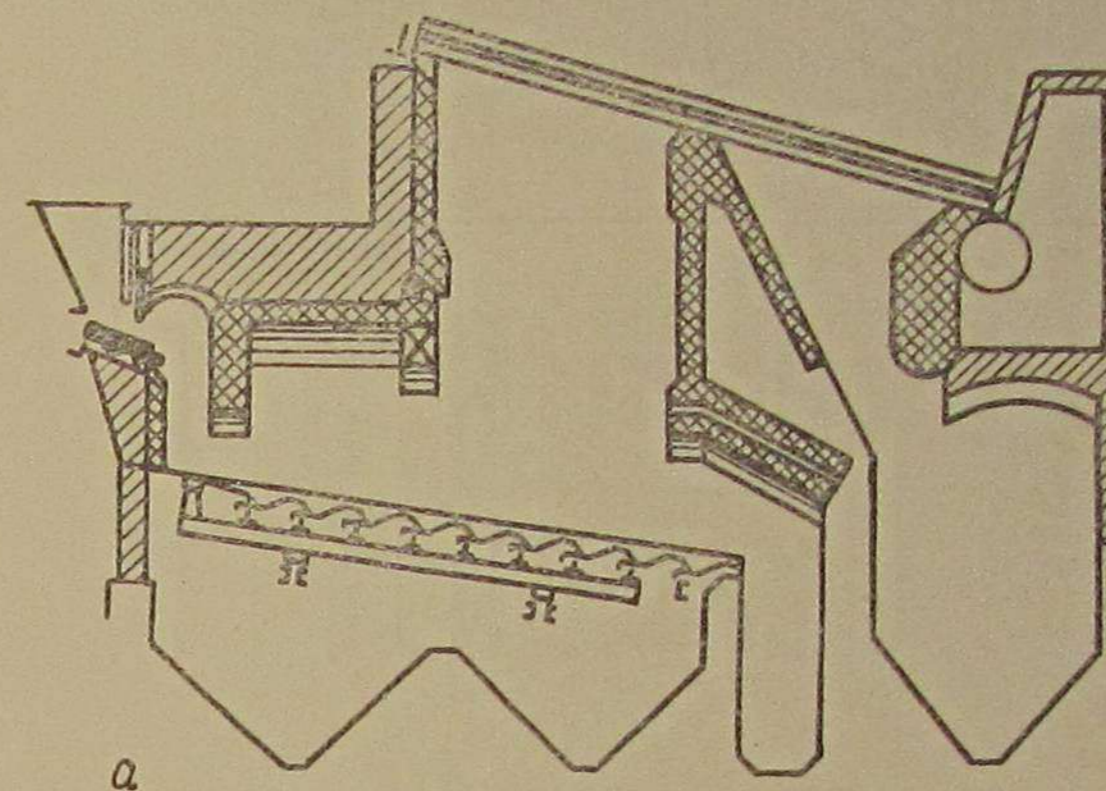


Рис. 15. Механическая наклонно-переталкивающая топка системы Ломшакова — Круль («ЛК»).
а — схема топки, б — продольный разрез колосника.

Нами были произведены испытания топки системы Каблица на одном из бумажных предприятий Латвийской ССР. Топка с предтопком для торфа скомпонована с горизонтальным водотрубным котлом Штейнмюллера с поверхностью нагрева 580 м², оборудованным пароперегревателем, водяным экономайзером и воздухоподогревателем. Решетка состоит из пяти рядов колосников, площадь ее — 26 м², объем топочного пространства — 80 м³.

Для испытания применен кусковой торф с различным содержанием мелочи, со средней влажностью $W^p = 44 \div 48\%$. В первом балансовом испытании содержание мелочи в торфе и влажность его W^p составляли, соответственно, 14 и 46,5%, во втором балансовом опыте — 26 и 48%, в третьем — 34 и 44%. Во время балансового испытания сжигаемый торф взвешивался, а каждая пятая вагонетка торфа испытывалась на содержание мелочи.

Результаты испытаний отражены в таблице 8.

Таблица 8

№ опыта	Влажность кускового торфа, %	Влажность мелочи, %	Соотношение компонентов, %	Теплопотери, %					К. п. д. $\eta_{кв}$, %
				с уходящ. газами	хим. недожог	мех. недожог	прочие	общие	
1	46,5	46	86:14	11	1,8	4,4	2	19,2	80,8
2	48	46	74:26	11	1,6	8,2	2	22,8	77,2
3	44	40	66:34	8	1,8	8,5	2	20,3	79,7

Испытания показали, что увеличение содержания мелочи в кусковом торфе с 14 до 26% уменьшило к. п. д. установки на 3,6%, т. е. экономичность работы снизилась на 4,5%.

При проведении второго опыта, когда сжигался торф с содержанием мелочи 26%, давление пара в котле сильно колебалось и временами падало до уровня, практически недопустимого при использовании пара для паровых турбин (такая турбина в данном случае работала на электростанции предприятия). Поэтому максимальной присадкой мелочи при влажности ее $W^p = 46\%$ можно считать 25%.

Для третьего опыта применялся кусковой торф с высоким содержанием мелочи (34%), влажность которой W^p равнялась 40%, т. е. была на 3,6% ниже влажности кускового торфа; однако полученный при этом к. п. д. установки был только на 1% ниже, чем при сжигании кускового торфа, содержавшего 14% более влажной мелочи.

Отсюда следует, что влияние присадки мелочи и максимально допустимое ее содержание в кусковом торфе зависят от влажности мелочи; сухая мелочь, имеющая большую удельную реагирующую поверхность, легче загорается, скорее сгорает и интенсифицирует горение кускового торфа при меньшем избытке воздуха, а это сокращает теплопотери с уходящими газами (q_2).

Результаты испытания указывают на высокие потери с механическим недожогом (до 8,5%), в основном ввиду того, что через зазоры между колосниками проваливается вместе с золой и торфяная мелочь; эти зазоры при эксплуатации топki быстро расширяются из-за износа щек колосников. В данном случае средняя

ширина зазоров составляла около 7 мм. Обратная загрузка в топку провала, содержащего много недожженных частиц торфа, дала положительные результаты.

Для установления степени пригодности топki системы Ломшакова—Крулль к сжиганию торфа нами проведены опыты в котельной торфобрикетного завода «Тоотси» в Эстонской ССР (в Латвийской ССР не было ни одной топki этой системы) [14]. Испытывавшаяся топка, построенная в 1939 г. к водотрубному котлу с поверхностью нагрева 250 м², паропроизводительностью около 6 тонн в час, вплоть до настоящего времени бесперебойно работает на фрезерном торфе и отходах фрезерного сырья брикетного производства.

Решетка имеет 10 рядов колосников, последний из которых предназначен для выжигания горючего в шлаках. Имеются три зоны горячего дутья под решетку с напором 25—40 мм вод. ст.; температура дутьевого воздуха — 130—150°C. Вторичное дутье отсутствует. Топка оборудована передним — зажигательным — сводом и задним — способствующим выжиганию горючего в шлаках. Высота топki — 5 м. Установка оборудована водяным экономайзером с поверхностью нагрева 250 м² и воздухоподогревателем с поверхностью нагрева 180 м². Торф подается в предтопок, а оттуда поступает на решетку.

По полученной от завода информации и результатам опытов на месте установлена зависимость удельного паросъема от влажности фрезерного торфа: при $W^p = 50\%$ средняя удельная паропроизводительность составляет 33 кг/м²ч, при $W^p = 55\%$ — 25 кг/м²ч, при $W^p = 60\%$ — 19 кг/м²ч. Во время опытов сжигался фрезерный торф с влажностью 60%, при этом получен удельный паросъем 18 — 20 кг/м²ч, но от присадки лома торфяных брикетов в количестве 4 — 5% паросъем достигал 28 кг/м²ч.

Опытом определена также зависимость необходимой толщины слоя фрезерного торфа от его влажности: при $W^p \approx 50\%$ оптимальная толщина слоя составляет 300 мм, при $W^p \approx 60\%$ — 400 мм.

В зависимости от заданной нагрузки котлоагрегата и влажности фрезерного торфа регулируется длина шага и частота переталкивания колосников.

Температура уходящих газов во время опытов колебалась в пределах 170—180°. К. п. д. установки при сжигании фрезерного торфа с влажностью порядка 50% составлял около 70%.

Работа на торфе топki малой модели «ЛКМ» нами не проверялась; по отзыву Института энергетики АН Эстонской ССР, она сжигает кусковой торф успешно, но с пониженными показателями.

Механические шахтно-цепные топki применяются для котлов паропроизводительностью от 10 до 200 тонн в час, т. е. средней и большой мощности, ввиду чего работа этих топok на торфе нами подробно не рассматривается. Чтобы создать возможность сжигания в топке торфа с влажностью выше 55%, В. В. Померанцев предложил новую, измененную конструкцию шахтно-цепной

топки (рис. 16). В нижней части шахты расположены 2 тормозные балки для организации огневой подсушки торфа очагами, образуемыми горением заторможенного на балках торфа, и увеличения времени пребывания заторможенной части торфа в предтопке; ступеньки в шахте для облегчения чистки их от золы и шлака выполнены под углом 45° к горизонту. Кроме того, Поче-

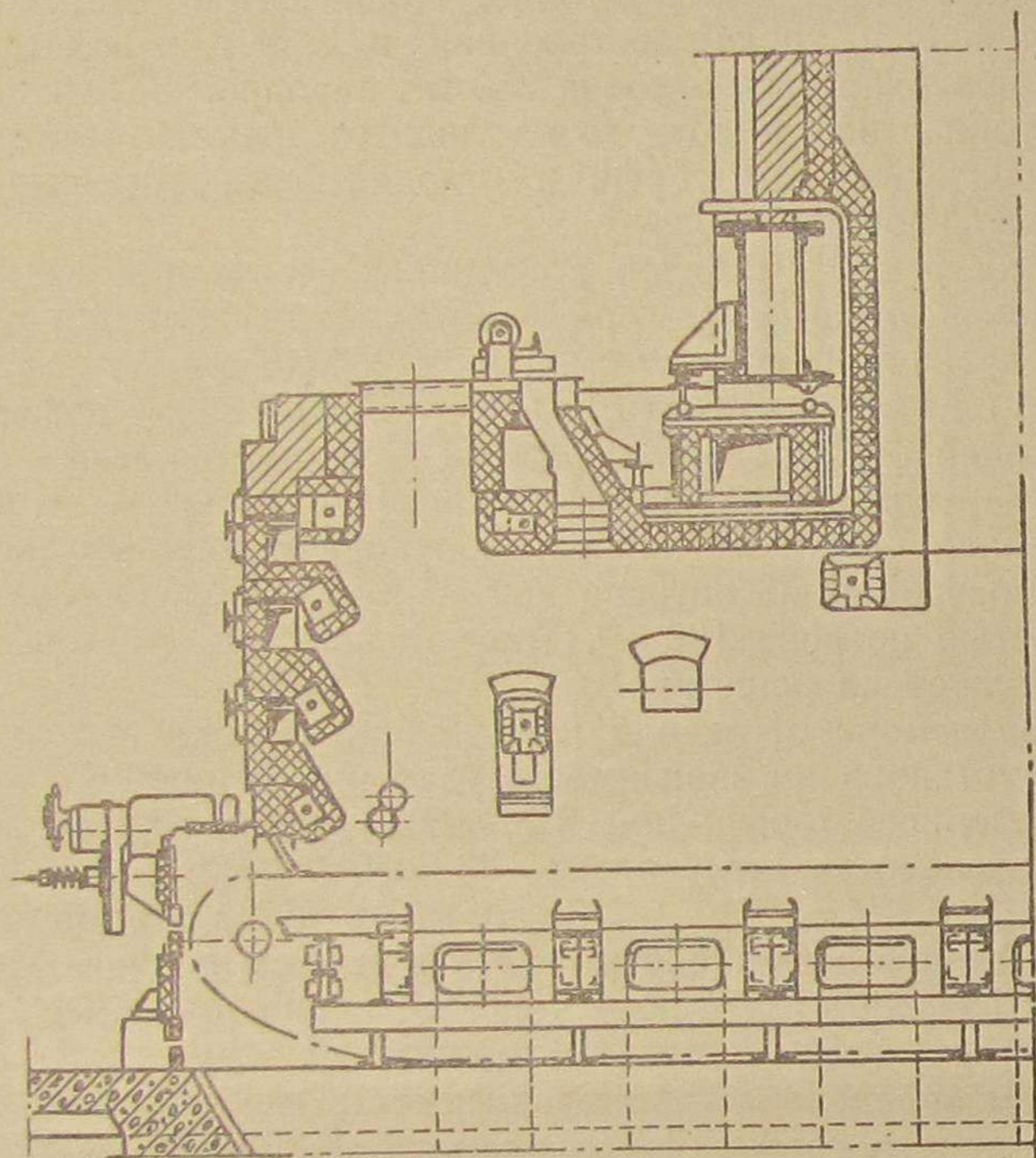


Рис. 16. Предтопок В. В. Померанцева для торфа к шахтно-цепной топке.

ранжевым предложен скоростной предтопок (рис. 17) для интенсификации горения (подробнее см. в главе III).

Кроме рассмотренных топочных устройств малой мощности для кускового торфа, применяющихся в промышленных котельных, для слоевого сжигания фрезерного торфа П. И. Храниловым предложена конструкция топки с двусторонним зажиганием слоя. Из бункера торф поступает на шамотную наклонную плоскость (лоток), по которой сползает в отсеки на наклонные ступенчатые колосники, поворачиваясь так, что верхний раскаленный слой попадает вниз; отсюда горящий торф поступает на горизонтальную решетку — частично под действием собственного веса, частично нагребается вручную. Эта топка, однако, не применяется на

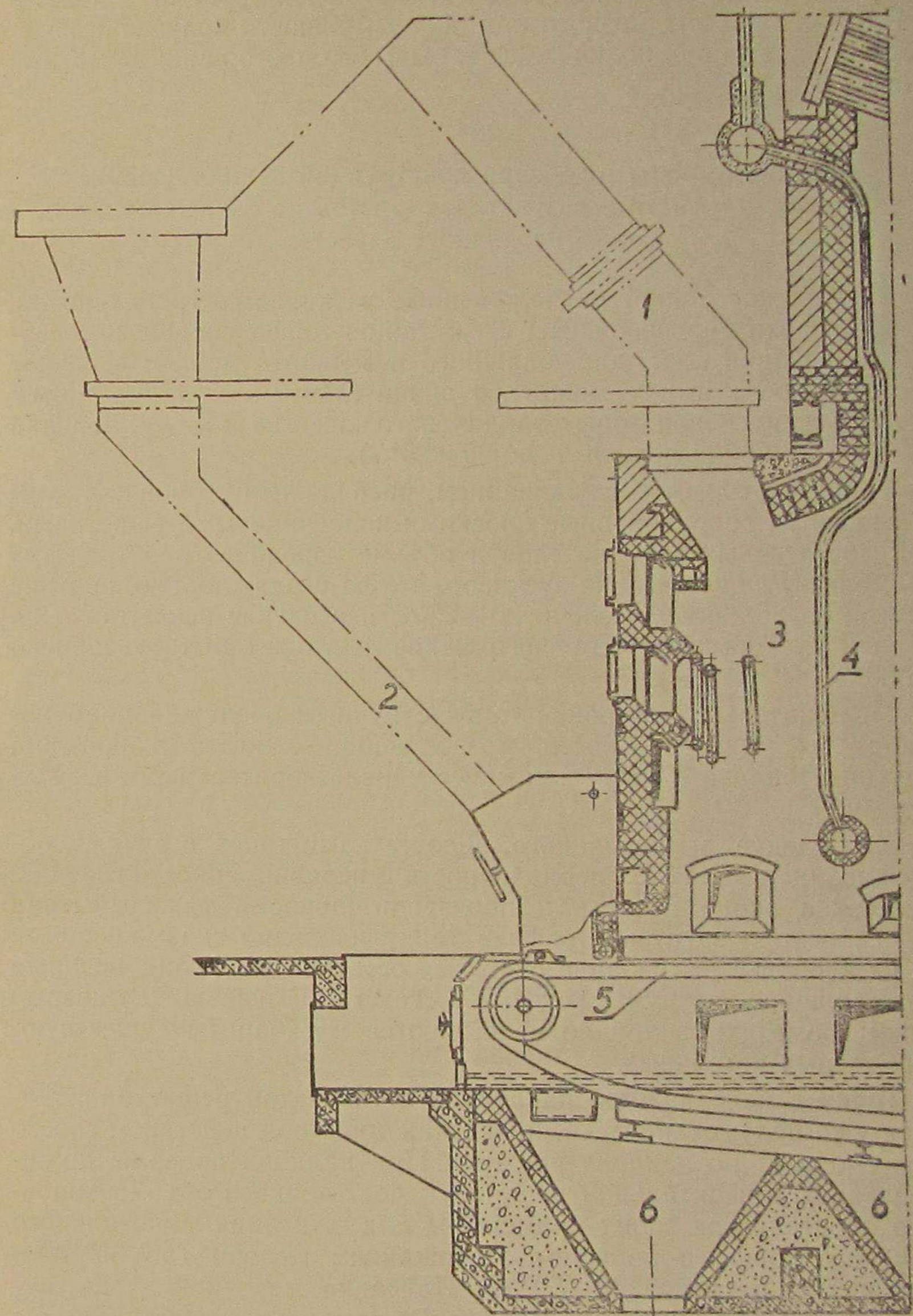


Рис. 17. Скоростной предтопок В. В. Померанцева для торфа к шахтно-цепной топке.

1 — рукав от бункера для подачи торфа в шахту; 2 — рукав от бункера для подачи каменного угля на решетку; 3 — топочная шахта с зажигательными ступенями; 4 — трубная зажимающая решетка; 5 — цепная решетка; 6 — золовой бункер.

практике ввиду серьезных недостатков ее конструкции — неавтоматичности работы, низкого к. п. д., возможности получения кочегарами ожогов при шуровке слоя, быстрого прогорания шамотных стенок и т. д.

Краткие выводы из обзора конструкций существующих топочных устройств и результатов опытов по сжиганию в них торфа различного качества

Внутренние топки, расположенные в жаровых трубах котла, весьма плохо приспособлены к сжиганию торфа вообще и совершенно не пригодны для влажного и мелкого торфа; в случае необходимости в них может со значительными теплотерями сжигаться кусковой торф стандартного качества (W^p — порядка 33%, содержание мелочи — до 20—25%).

Топки с ручным обслуживанием, расположенные под котлами и выносные, оборудованные плоскими колосниковыми решетками, при достаточных глубине слоя и объеме топочного пространства применимы для сжигания кускового торфа с влажностью не выше 40% и содержанием мелочи 20—25%, а в случае закрытия слоя мелочи кусковым торфом содержание ее может быть увеличено до 30%.

Положительной стороной топок с ручным обслуживанием является их универсальность, позволяющая сжигать любой вид твердого топлива с более или менее удовлетворительными результатами.

Как следует из сказанного, недостатками топок с ручным обслуживанием являются периодичность и неравномерность горения, невысокая экономичность и производительность, тяжелый труд кочегаров при загрузке торфа в топку и вредно сказывающееся на их здоровье выгревание очаговых остатков на фронт, ведущее к отравлению воздуха котельной газами и пылью. Выносные топки громоздки и трудно вписываются в габариты существующих тесных котельных.

Топки с неподвижной наклонной ступенчатой решеткой являются уже полумеханическими, так как торф под действием своего веса сползает по наклону решетки. При наличии подвала, дожимательной горизонтальной решетки и достаточного объема топочного пространства топки применимы для сжигания малозольного кускового торфа с большим содержанием мелочи (до 50%) и влажностью не выше 48—50%. Присадка мелочи к кусковому торфу улучшает показатели работы. Возможно сжигание одубины и древесных опилок. Однако такие топки требуют устройства золowego подвала, весьма легко зашлаковываются и более громоздки, чем выносные топки других конструкций.

Полумеханические шахтные топки сконструированы специ-

ально под торф; другие виды топлива, кроме мелких дров и сухой одубины, в них использоваться не могут. При отсутствии кондиционного торфа приходится пускать в работу резервный котел на каменном угле или сносить выносную топку (что уже в нескольких случаях имело место в г. Риге). Топки весьма чувствительны к содержанию влаги, золы и мелочи в кусковом торфе. Стандартная шахтная топка для успешной работы требует торф с влажностью не выше 40%, с зольностью не выше 10%, с содержанием мелочи до 20%, а сухой мелочи — до 25%.

Опыты автора показали, что в условиях Латвийской ССР наиболее приспособлена под торф (при наличии достаточного места в котельной) полумеханическая шахтная топка системы Энерголегпрома, способная сжигать кусковой торф с влажностью до 45—50% и содержанием мелочи или фрезерного торфа до 50%.

При сжигании кускового торфа кондиционного качества полумеханические шахтные топки дают удовлетворительный к. п. д., и, пока отсутствуют лучшие конструкции топочных устройств малой мощности, они могут конкурировать с механическими топками в тех случаях, когда экономия от сокращения обслуживающего персонала и облегчение работы не играют особой роли.

Механическая наклонно-переталкивающая топка системы Каблица при наличии предтопка и воздухоподогревателя способна сжигать кусковой торф с влажностью до 48% при содержании мелочи примерно с такой же влажностью в пределах до 15%; увеличение содержания мелочи и ее влажности резко снижает показатели работы установки, но с понижением влажности, особенно влажности мелочи, присадка последней может быть несколько увеличена без значительного ухудшения работы.

Ввиду быстрого износа щек колосников сквозь зазоры проваливаются мелкие фракции торфа, что вызывает высокие теплопотери с механическим недожогом. Колосники непрерывно находятся в огне и слабо охлаждаются воздухом, что ведет к сокращению срока их службы; сгорание одних лишь концов колосника уже требует сдачи в лом всего колосника, длина которого составляет около 1 м, а вес — 30 кг. Паровая машинка нагревается, требует частого ремонта. Топка редко применяется для котлов мощностью ниже 8 тонн пара в час.

Ввиду перечисленных недостатков после износа установленных топок Каблица они должны заменяться топками более совершенной конструкции.

Механическая наклонно-переталкивающая топка системы Ломшакова — Крулль «ЛК» является усовершенствованным топочным устройством полуниверсального характера; в ней успешно сжигается кусковой торф, фрезерный торф и горючий сланец, что имеет большое значение в условиях Латвийской ССР, где пока для промышленности добывается в основном кусковой торф, но

намечается постепенный переход на фрезерный торф, а в случае дождливого лета приходится заменять торф горючим сланцем¹.

Топка «ЛКМ» (малой модели) способна сжигать кусковой торф, но с пониженными показателями.

Приведенные характеристики и результаты испытаний существующих слоевых топок для котлов малой мощности позволяют сделать вывод, что до настоящего времени нет ни одной конструкции топочного устройства малой мощности, в котором можно было бы успешно сжигать в слое торф вообще (а низкосортный — в особенности) и которое удовлетворяло бы требованиям, предъявляемым современной топочной техникой. Для котлов средней и большой мощности совершенные конструкции топок существуют, но они не применяются для котлов малой мощности, так как оказываются слишком сложными и дорогими.

Таблица 9

Расчетные параметры полумеханических и механических топок для сжигания торфа [10]

Наименование параметра	Обозначения	Шахтные полу-мех. топки на кусков. торфе, $WP = 40\%$, $Ac = 12\%$	Механич. наклонно-переталкивающие топки сист. Кабица на фрезер. торфе, $WP = 45\%$	Механич. наклонно-переталкивающие топки сист. Ломшкова — Крулль на фрезер., $WP = 45\%$	Механич. шахтные топки на кусков. торфе, $WP = 40\%$, $Ac = 10\%$
Видимые тепловые напряжения зеркала горения, тыс. ккал/м ² ч	$\frac{B \cdot Q_n^p}{R}$	1100	700	700—800	2100
Видимые тепловые напряжения топочного объема, тыс. ккал/м ³ ч	$\frac{B \cdot Q_n^p}{V}$	300	250	150—200	350
Средний коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	1,3	1,4	1,3	1,3
Необходимое давление воздуха под решеткой, мм вод. ст.	h	40	60	60	60
Температура дутьевого воздуха, °С	t	250	200	200	300
Теплопотери от хим. недожога, %	q_3	1,0	2,0	3,0	1,0
Теплопотери от мех. недожога, %	q_4	3,0	5,0	2,0	2,0

¹ В 1957 г. Управление легкой промышленности Совета народного хозяйства Латвийской ССР построило первую в республике топку «ЛК» к водотрубному котлу системы Борзиг с поверхностью нагрева 164 м² на комбинате «Ригагс аудумс». Установка отлично работает на сланцевой мелочи.

2. СУЩНОСТЬ, ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА СКОРОСТНОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА В ЗАЖАТОМ СЛОЕ

Из изложенного выше следует, что существующие конструкции топок для котлов малой мощности со свободно залегающим слоем топлива имеют существенные недостатки, основным из которых является незначительная интенсивность сжигания; повышение ее связано с большими затруднениями и увеличением теплопотерь.

Для повышения производительности котлов требуются громоздкие топки, поэтому необходимо интенсифицировать топочные процессы и сокращать элементы топочного пространства, в которых не совершается реакция горения.

Работы проф. Г. Ф. Кнорре [11] по изучению процесса горения твердого топлива показали возможность весьма высокой форсировки зоны горения в слое топлива путем усиления дутья воздуха. Однако эта возможность ограничивается недостаточной аэродинамической устойчивостью слоя при превышении определенного предела дутья, когда наблюдается кратерное горение, увеличивающее теплопотери с уходящими газами и с механическим недожогом ввиду уноса мелких частиц топлива. Затруднения при форсировке горения особенно сильно проявляются при использовании мелкого и влажного торфа. Необходимо поэтому отыскивать новые схемы и конструкции топок для слоевого сжигания, так как ожидать значительных улучшений в области сжигания в обычных топках со свободно залегающим слоем нет оснований, а перспективы энергетического топливоснабжения предусматривают рост доли низкосортных местных топлив в энергетическом топливе.

В связи с этим возникла задача создания условий устойчивости горения при поступлении высоковлажного и мелкого топлива. Одним из возможных путей решения этой задачи является организация в топке нижнего воспламенения и осуществление скоростного метода сжигания.

Центральный котлотурбинный институт им. И. И. Ползунова (ЦКТИ) и Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина (ЛПИ) с 1936 г. ведут научно-исследовательские работы по скоростному сжиганию топлива в зажатом слое по методу, разработанному В. В. Померанцевым [21, 22]. Удержание топливной мелочи в слое достигается с помощью вертикальной решетки, зажимающей слой топлива в шахте, что позволяет устранить ограничение форсировки горения.

Исследования ЦКТИ [11] показали, что предельный приведенный диаметр уносимых частиц для торфа составляет около 15 мм. Столь высокое абсолютное значение приведенного диаметра частиц торфа, унос которых не сопровождается чрезмерным механическим недожогом, а также резкое сокращение уноса при наличии в слое кускового торфа указывают, что более крупные

куски ввиду своего зажимающего эффекта по отношению к мелким частицам удерживают их от уноса.

Нашими исследованиями сжигания кускового торфа с мелочью в топках с ручным обслуживанием [35в] установлено, что при загрузке в нижний слой торфяной мелочи, а в верхний слой — крупного торфа достигается значительное уменьшение теплопотерь с уносом и химическим недожогом; это объясняется зажатием слоя мелочи крупными кусками торфа.

При исследовании на моделях процессов фильтрации газов через зажатый слой топлива различной структуры в ЦКТИ получены следующие данные [11, 22].

Опыты с зажимающей решеткой из гладких труб с цилиндрическими поперечными штырями, приваренными к трубам в шахматном порядке, и с боковыми ребрами показали, что тип решетки на коэффициенте сопротивления слоя практически не сказывается; однако наименьший вынос мелочи при форсированном дутье имеет место при решетке с поперечными штырями. Зажимающая решетка увеличивает коэффициент сопротивления слоя примерно на 10% по сравнению со свободно залегающим слоем. Из кусков топлива образуется устойчивый скелет, удерживающий мелочь в слое топлива.

Количество мелочи, выносимой из слоя топлива, и связанные с этим потери с механическим недожогом зависят от гранулометрического состава топлива, особенно от содержания мелкой фракции размером до 3 мм [11]. При наличии в слое торфа незначительного количества кусков, по размерам не превышающих половины ширины щели зажимающей решетки, уноса не наблюдается вплоть до нагрузок, отвечающих тепловому напряжению слоя порядка 10^6 — 15^6 ккал/м² ч.

Интенсификация горения активной части слоя возможна лишь при хорошей подготовке топлива к воспламенению; в скоростной топке это достигается пропуском части топочных газов через нижний слой топлива в шахте.

Основной особенностью скоростной топки является предельная форсировка работы на всех стадиях [12, 22].

Стадия подготовки к горению интенсифицируется за счет организации нижнего воспламенения тем, что навстречу свежему топливу, опускающемуся из шахты в зону активного горения, направляется поток горячих топочных газов из топки. Известно, что интенсификация сушки заметно увеличивается при повышении температуры. При сушке кускового торфа чрезвычайно важно одновременное выгорание торфа, т. е. организация огневой сушки. В. В. Мурзаков, С. В. Татищев и М. С. Масленников предложили организовать огневую подсушку торфа в шахте топки за счет отсоса газов из топочной камеры через слой торфа в шахтном предтопке (рис. 18) [21]; однако это мероприятие не нашло практического применения в связи с низкой интенсивностью процесса сушки торфа.

Стадия активного горения разожженного слоя форсируется повышением аэродинамической устойчивости рыхлого слоя под пережимом шахты путем установки на поверхности выхода газов из слоя вертикальной зажимающей решетки, удерживающей топливную мелочь от уноса при повышении скорости дутья. Куски топлива под напором дутья сталкиваются у щелей зажимающей решетки и, образуя своеобразные динамические сводики, препятствуют выносу мелких фракций.

Стадия выжига шлака интенсифицируется дожиганием горючих при небольшом избытке воздуха.

Параллельно ЦКТИ и ЛПИ работы по исследованию скоростного горения проводились Всесоюзным теплотехническим институтом (ВТИ) и Государственным институтом азота (ГИА) [25], которыми предложена схема, отличающаяся тем, что плотный высокий слой топлива газифицируется, а продукты неполного горения выносятся за слой топлива в топочное пространство, где сгорают за счет вторичного воздуха. Работы проводились на стендах и не вышли в стадию промышленного внедрения.

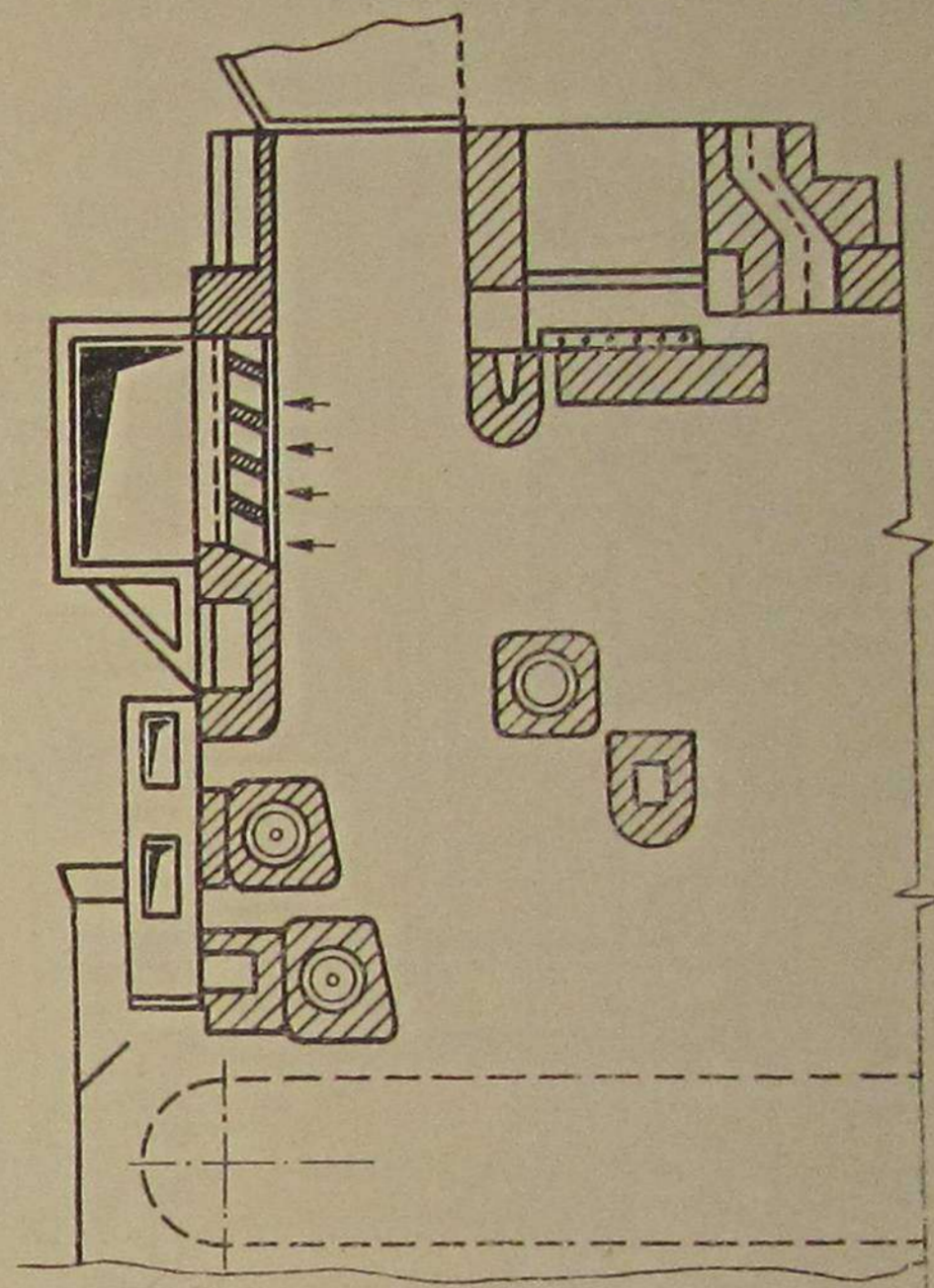


Рис. 18. Схема предтопка В. В. Мурзакова для подсушки торфа топочными газами.

3. РАЗВИТИЕ И ОБЛАСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СКОРОСТНОГО СЖИГАНИЯ

В 1936—1938 гг. в лабораториях ЦКТИ и ЛПИ производились модельные и стендовые опыты по организации скоростного горения топлива в слое.

Первые опыты производились на холодной модели топки (1:20 и 2:5 натуральной величины) (рис. 19) для установления возможности высокой форсировки зажатого слоя [22]. Установлено, что устойчивость слоя не нарушается при нагрузках дутья, превышающих в 8 — 10 раз предельные нагрузки свободно

залегавшего слоя, при условии наличия хотя бы небольшого количества кусков, по размеру равных $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ ширины щели между трубами зажимающей решетки. Если из слоя выносятся часть топливной мелочи, то в этом же месте восстанавливается опорный свод.

Коэффициент сопротивления зажатого слоя при предельном расходе воздуха, когда свободный слой теряет свою устойчивость, изменяется в зависимости от содержания мелких фракций в топливе. При значительном содержании мелких фракций коэффициент сопротивления снижается

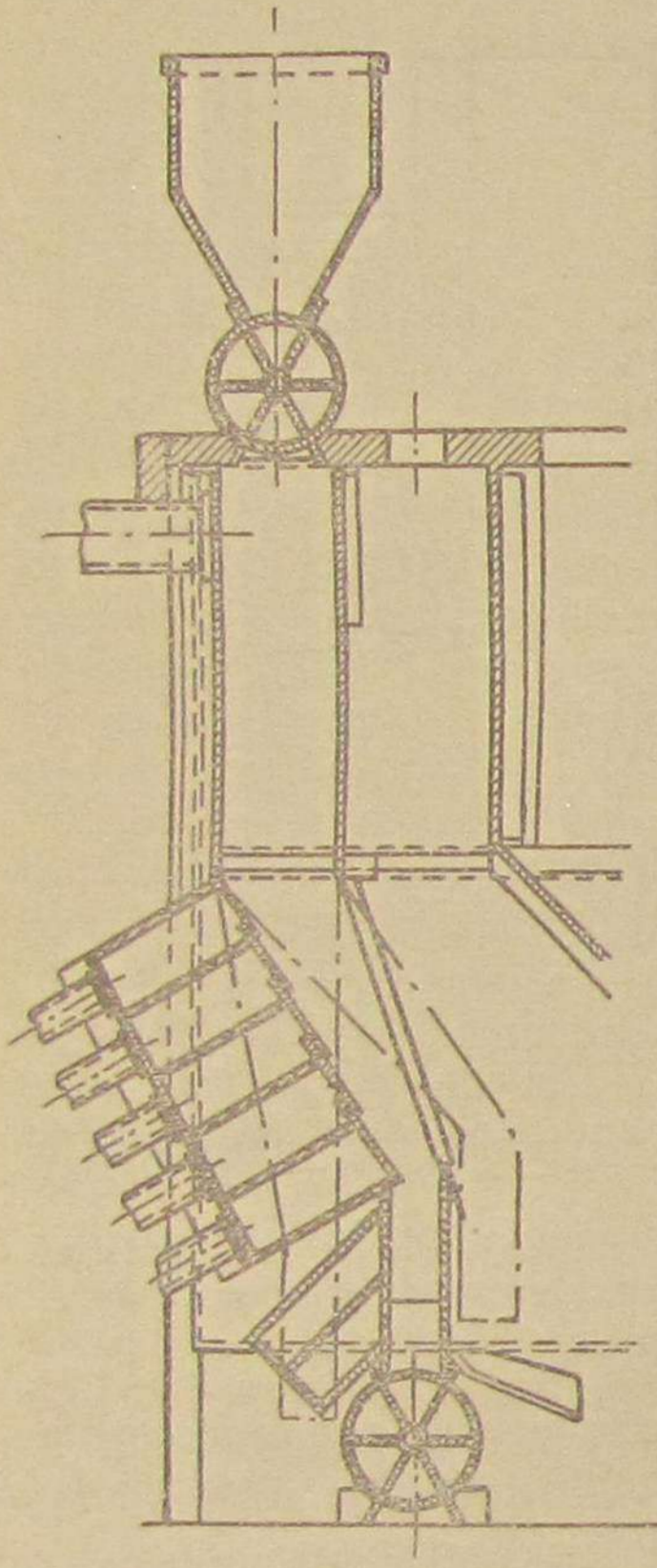


Рис. 19. Холодная модель топki скоростного горения.

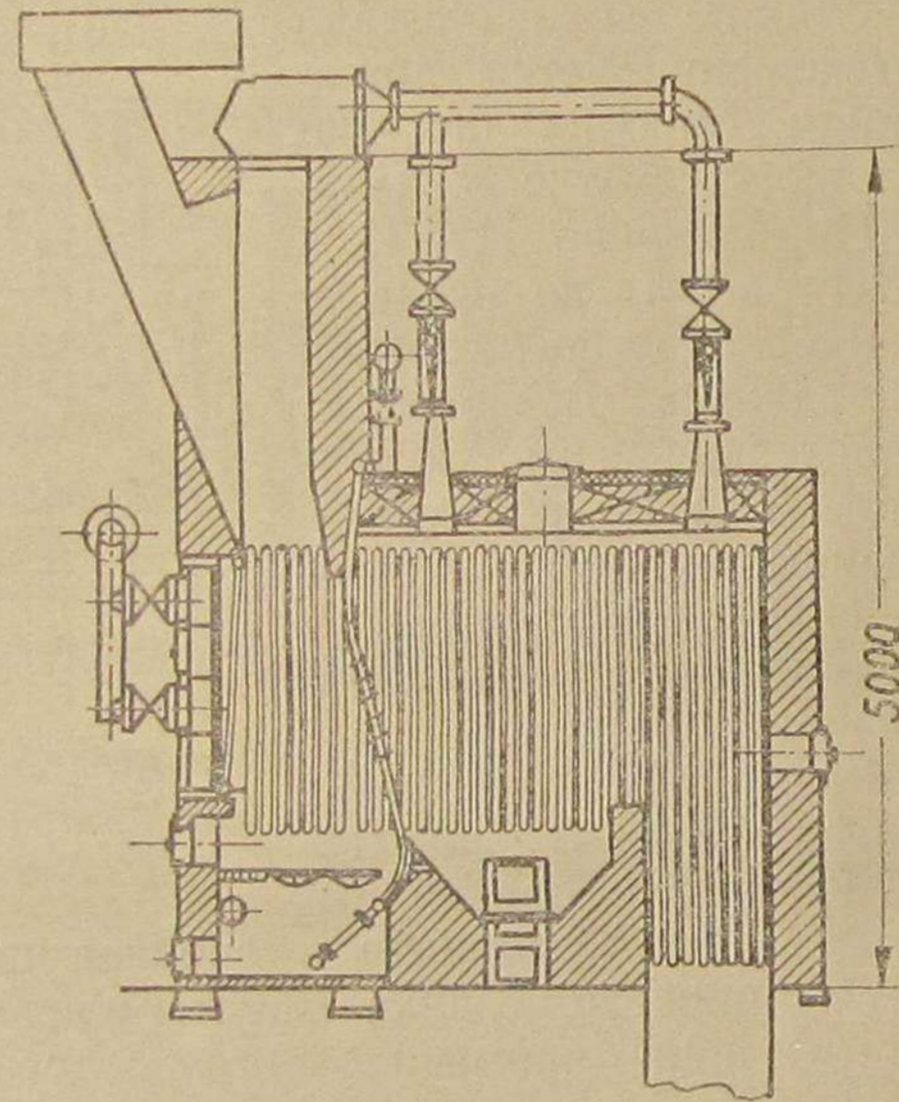


Рис. 20. Огневой стенд топki скоростного горения.

по мере роста расхода воздуха, так как часть мелких фракций выносятся из слоя; при малом же содержании мелких фракций после достижения критического расхода воздуха коэффициент сопротивления повышается в связи с тем, что мелочь из глубины слоя перемещается к зажимающей решетке, образуя возле нее плотный слой. При повышении расхода воздуха коэффициент сопротивления становится почти одинаковым, несмотря на совершенно различное начальное содержание мелочи. Коэффициент сопротивле-

ния увеличивается по мере сужения щелей между трубами зажимающей решетки.

Модельные опыты показали целесообразность применения принципа скоростного горения и открыли широкие возможности понижения сопротивления слоя при высоких форсировках дутья, что уменьшает расход электроэнергии на работу дутьевого вентилятора [21].

Затем проводились стендовые опыты. Стенд представлял собой вырезанную по ширине часть промышленной топki с топочной камерой, из которой топочные газы поступали непосредственно в боров (рис. 20).

Стендовые опыты подтвердили правильность и целесообразность метода скоростного сжигания топлива, дали материалы для разработки конструкции и определения размеров опытно-промышленной топki. Опыты показали, что в топке простой конструкции можно организовать высокоинтенсивное и экономичное сжигание древесных отходов; доказана возможность сжигания любых древесных отходов при наличии опилок с влажностью не выше 60% в количестве до 50%. Достигнуто тепловое напряжение зеркала горения до $8 \cdot 10^6$ ккал/м²ч.

При самых высоких нагрузках аэродинамическая устойчивость слоя сохранялась, средние потери от механического недожога составляли 1,8%, в том числе в уносе — 1,4%. Максимальная форсировка дутья составляла 10 000 нм³/м² ч. Для нормальной работы топki необходимо, чтобы топливо опускалось по шахте равномерно, без образования прогаров и заторов.

В ЦКТИ разработана принципиальная схема топki скоростного горения (рис. 21). Топливо загружается в шахту сверху; шахта имеет пережим, т. е. тракт сужается для освобождения находящегося под ним слоя от давления вышележащего топлива, и слой под пережимом легко продувается воздухом, что позволяет организовать скоростное горение. По мере выгорания топлива в огневой зоне вышележащее топливо опускается в эту зону под действием собственного веса. Дутьевой воздух подводится к слою

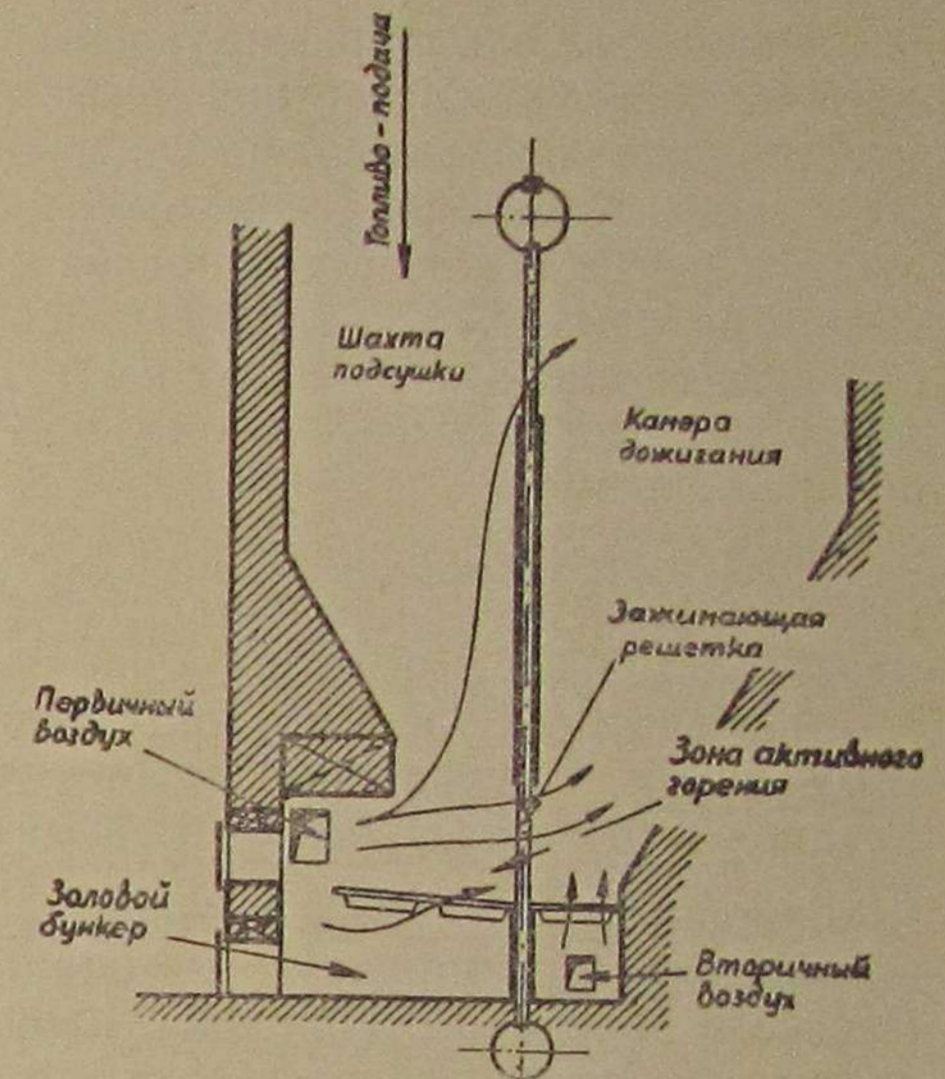


Рис. 21. Принципиальная схема топki скоростного горения.

топлива с одной стороны, а с другой стороны расположена зажимающая решетка, пропускающая в топочную камеру газообразные продукты горения, но удерживающая в слое топливную мелочь. Шлакоудаление производится у основания шахты.

В принципе эта топка применима для сжигания любого твердого топлива. Однако прежде всего в ней начали сжигать древесное топливо, поскольку оно содержит минимальное количество золы, значительная часть которой к тому же выносится из слоя, в связи с чем исключается борьба с зашлаковыванием топки. В 1940 г. работы ЦКТИ и ЛПИ выяснили полную работоспособность скоростных топок на древесной щепе и мелких древесных отходах, а в 1941—1948 гг. эти топки были уже вполне освоены.

Первая промышленная топка скоростного горения была сооружена в 1941 г. для сжигания одубины под котлом Шухова с паропроизводительностью 9 тонн в час на Майкопском дубильно-экстрактном заводе. Сушка одубины была организована по разомкнутому циклу с удалением газов из топочной шахты в боров. Установка была разрушена во время военных действий.

Вторая топка была сооружена в 1941—1943 гг. в котельной Соликамского бумажного комбината для котла производства Невского завода им. Ленина с паропроизводительностью 60—75 тонн в час. Эксплуатация этой топки показала, что она отличается простотой конструкции, отсутствием механизмов, легкостью обслуживания, надежностью в работе, высоким тепловым напряжением зеркала горения, достигающим $8 \cdot 10^6$ ккал/м²ч. На третьем году эксплуатации, т. е. в 1946 г., топка была переоборудована ввиду перехода котельной комбината на использование кизеловского каменного угля.

Третья топка сооружена в 1947 г. в котельной Сегежского бумажного комбината к котлу с паропроизводительностью 70—80 тонн в час вместо спроектированной ранее топки с цепной решеткой; в результате этого получена значительная экономия металла (около 100 тонн), и производительность котла повышена на 27%. В то же время Министерство целлюлозной и бумажной промышленности СССР приняло решение о внедрении скоростных топок для сжигания древесины. В связи с этим были сооружены скоростные топки для древесного топлива на заводе «Вахтан», пароходе «Балашов», Красновишерском, Сясьском и Архангельском комбинатах и других предприятиях.

В 1948—1949 гг. инженер Б. Б. Стернин (ЦКТИ) исследовал процесс скоростного горения древесного топлива в период промышленного освоения скоростных топок [25]. В результате этих исследований были усовершенствованы построенные уже топки и получены данные для проектирования новых топок, что способ-

ствовало расширению применения метода скоростного сжигания древесины.

Следует отметить, что метод скоростного сжигания древесины в топках котлов большой мощности, весьма эффективный и перспективный, получил ограниченное распространение, вначале по обстоятельствам военного времени, а затем потому, что число крупных котельных для сжигания древесины невелико; скоростные топки применяются лишь на бумажных и лесохимических предприятиях, где древесное топливо является отходом при заготовке сырьевой древесины для производства. На мелких же установках скоростные топки для сжигания высоковлажных древесных отходов находят гораздо более широкое применение, ибо многочисленные лесопильные и деревообрабатывающие предприятия отапливают котельные в основном своими отходами и поскольку скоростные топки малогабаритны, приспособлены к сжиганию мелкого, сырого топлива, не требуют особой квалификации обслуживающего персонала и позволяют отказываться от устройства золowego подвала.

В Лесотехнической академии им. С. М. Кирова (ЛТА) под руководством В. В. Померанцева при участии В. С. Шереметьева разработана упрощенная скоростная топка специально для сжигания влажных древесных отходов в маломощных локомотивных котлах; при этом трубчатая зажимающая решетка заменена решетчатой стеной из шамотного кирпича (см. главу III, § 6). Эти топки получили массовое распространение.

Лаборатории ЦКТИ и ЛПИ в 1937—1941 гг. проводили также ряд стендовых опытов по скоростному сжиганию кускового торфа и смесей его с фрезерным торфом. Опыты показали, что горение кускового торфа в скоростной топке устойчиво, равномерно, достигается форсировка зеркала горения до $13 \cdot 10^6$ ккал/м²ч при влажности торфа $W^p = 35 \div 45\%$, содержание CO₂ на выходе из зажимающей решетки составляет 10—16%. Сжигание кускового торфа с влажностью до 60% возможно, но напряжение зеркала горения не превышает $7 \cdot 10^6$ — $8,5 \cdot 10^6$ ккал/м²ч и содержание CO₂ за зажимающей решеткой не выше 9%, ввиду высокого коэффициента избытка воздуха в топке.

Попытка сжигания в стенде фрезерного торфа обычной влажности дала отрицательный результат. Однако оказалось, что сжигание смеси, состоящей на 60% из кускового торфа и на 40% из фрезерного торфа, вполне возможно; при этом достигается напряжение зеркала горения $5 \cdot 10^6$ — $8 \cdot 10^6$ ккал/м²ч, содержание CO₂ на выходе из зажимающей решетки — от 9,5 до 13%. Эти показатели резко снижались при увеличении присадки фрезерного торфа.

В 1948 г. по инициативе Ленэнерго сооружена опытно-промышленная топка для скоростного сжигания торфа (рис. 22) [10, 21]

в котле V Ленинградской ГЭС паропроизводительностью 15 тонн в час. Испытания этой топки показали принципиальную возможность скоростного сжигания кускового торфа и смесей его с фрезерным торфом при влажности до 50—55% и зольности A^c , не превышающей 10%. Ввиду того, что торф содержит значительно больше минеральных веществ, чем древесина, требовалась частая

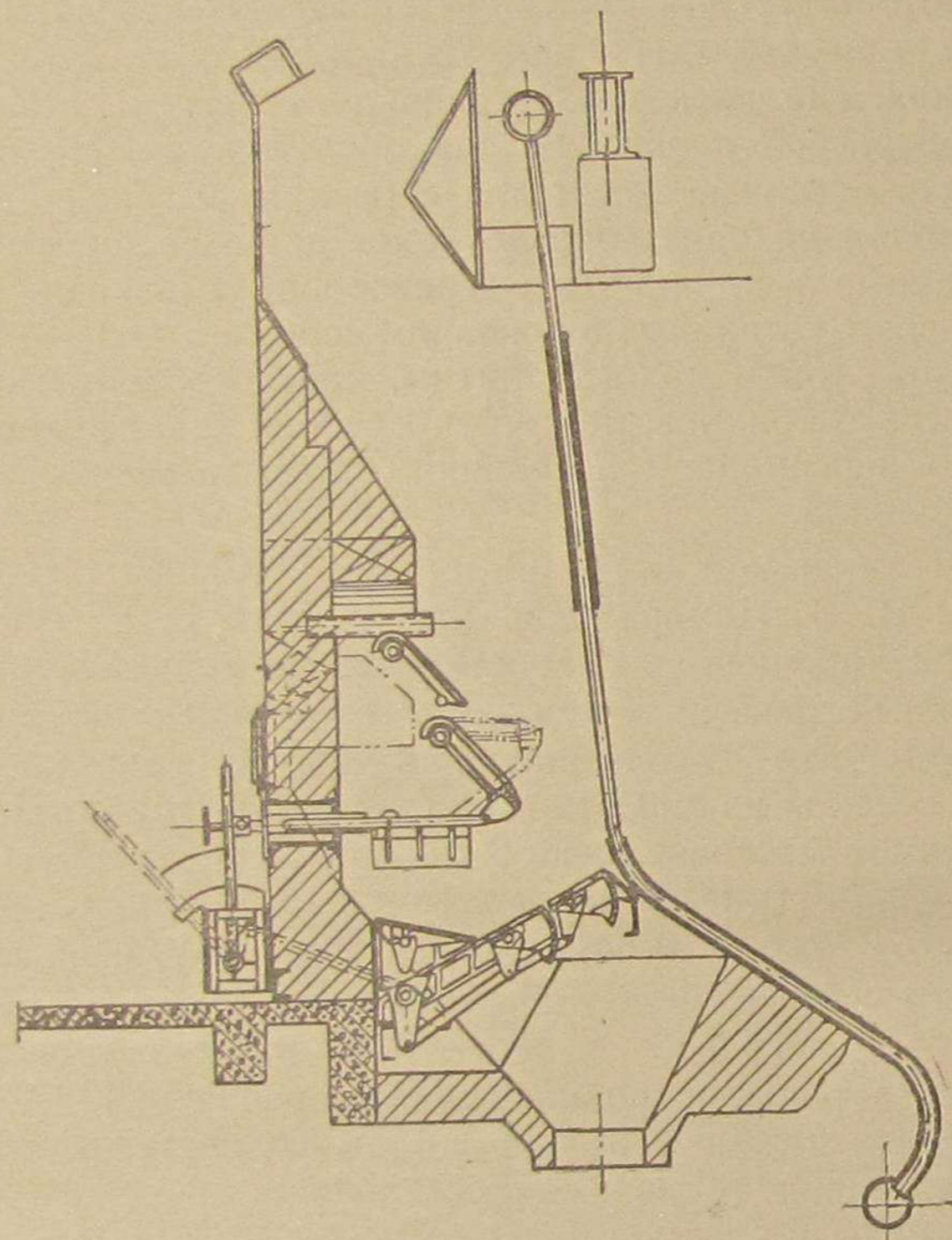


Рис. 22. Опытно-промышленная топка скоростного горения для торфа на V Ленинградской ГЭС.

чистка топки, что создавало значительные затруднения, в особенности когда зола была легкоплавкой. Для облегчения удаления шлака в нижней части топки установлена колосниковая решетка с опрокидными колосниками, а над ней расположена решетка с поворотными колосниками, удерживающая слой торфа и препятствующая завалам топки при чистке ее.

В первых опытах не удавалось добиться устойчивого горения влажного торфа; очаг горения держался только у зажимающей решетки. После устройства дополнительной ступени, а затем огне-

вой балки оказалось возможным воспламенять и сжигать торф с влажностью до 55%, до 70% которого составляла мелочь.

Основные трудности были связаны с удалением шлака: зола сплавлялась в большие глыбы, заполнявшие почти всю активную зону шахты, и для их удаления приходилось останавливать топку. Попытка организовать жидкое шлакоудаление из активной зоны оказалась безуспешной, потому что из-за задымления шахты не удалось повысить форсировку для получения устойчивого выхода жидкого шлака. Поэтому пришлось прибегнуть к увеличению выноса золы из слоя. Для этого топка была переделана: толщина слоя торфа была уменьшена путем установки наклонных колосников, после чего из тонкого и рыхлого слоя сильным газовым потоком выносилось до 80—85% золы (при содержании в торфе мелочи 20—40%). Это позволило работать непрерывно с удалением шлака раз в смену; во время чистки топки паропроизводительность котла падала с 10—14 до 7—9 тонн в час.

Таким образом, путь создания топек скоростного горения для торфа оказался значительно более длительным и сложным, чем путь создания топек для древесного топлива. Пришлось пройти через несколько этапов, принципиально отличных один от другого, чтобы определить контуры топочного устройства для агрегатов различной мощности.

Наиболее эффективным и успешным оказалось сочетание предтопка скоростного горения с цепной решеткой, нашедшее широкое применение для котлоагрегатов с паропроизводительностью от 10 до 100 тонн в час. В скоростной предтопке торф разжигается, предварительно подсушиваясь, газифицируется, а цепная решетка дожигает торф и удаляет шлак. Такая схема осуществлена и на одной из бумажных фабрик вблизи г. Риги (см. рис. 17). Здесь топка хорошо работает на торфе с содержанием влаги до 55%, мелочи — до 50%. При использовании более влажного торфа во избежание остановки фабрики к торфу подмешивался каменный уголь. Тепловые процессы, происходящие в таких топках, исследованы в производственных условиях П. А. Жучковым и Т. М. Анисимовой [8].

Вопрос о применении скоростного метода при сжигании торфа в котлах малой мощности был поднят автором настоящей работы и обсуждался на ученом совете ЦКТИ в конце 1950 г. При этом было установлено, что топки скоростного горения к котлам малой мощности для торфа еще не проектировались и не строились; однако было выражено мнение, что в принципе применение таких топек представляется целесообразным, особенно в условиях Латвийской ССР, где имеется много жаротрубных котлов и котельные получают высоковлажный кусковой торф с большим содержанием мелочи.

В связи с этим Институт энергетики и электротехники АН

Латвийской ССР решил исследовать возможность применения принципа скоростного горения при сжигании торфа в выносных топках жаротрубных котлов. С этой целью в 1951 г. была спроектирована и сооружена в котельной рижского текстильного комбината «Засулаука мануфактура» опытно-промышленная выносная топка к двухжаротрубному котлу, а в 1952 — 1953 гг. произведены

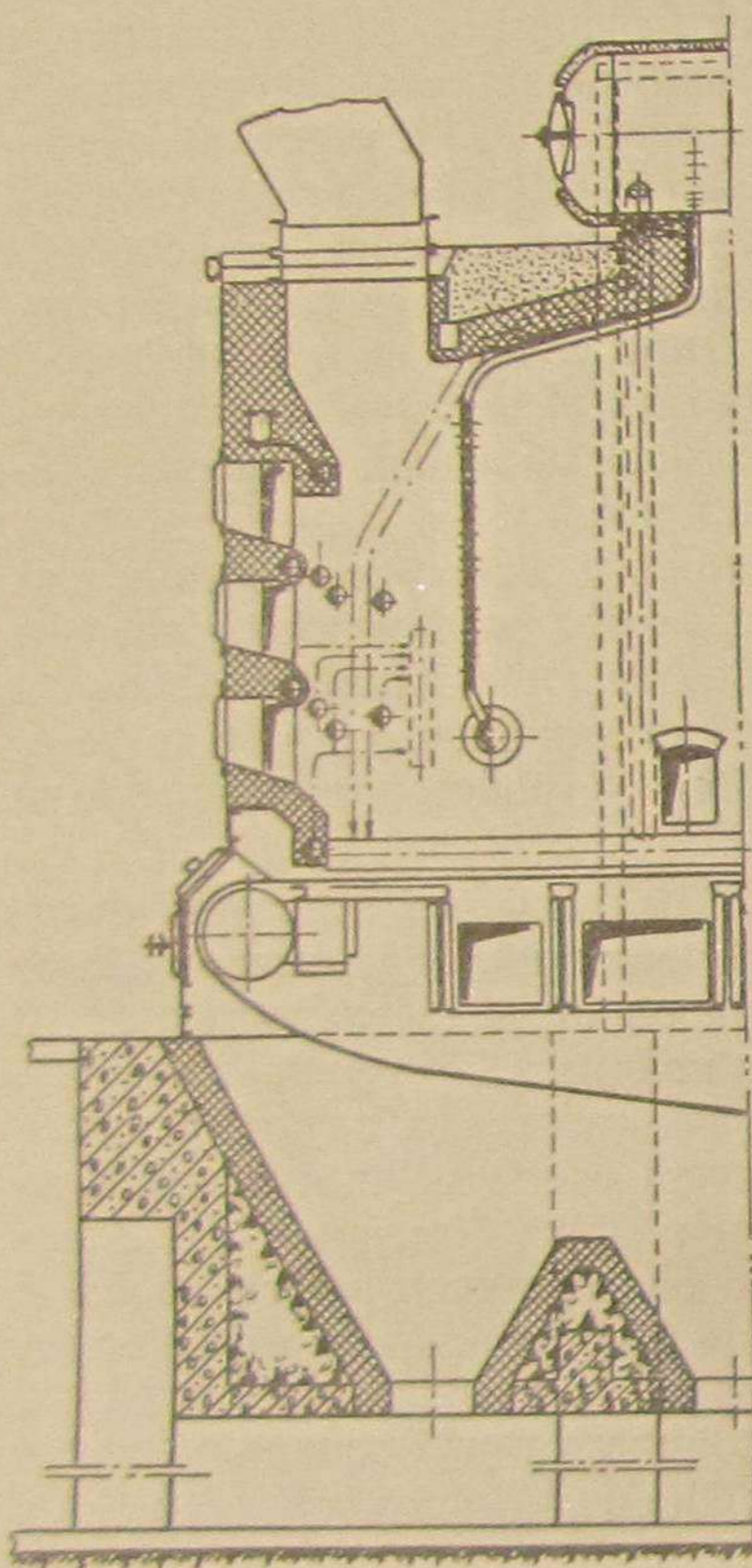


Рис. 23. Топочное устройство со скоростным предтопком и цепной механической решеткой для торфа к котлу ДКВ₁₀.

всесторонние испытания ее работы, показавшие полную возможность и целесообразность применения принципа скоростного горения при сжигании торфа в таких топках [13, 35г]. Ввиду того что после наладки и освоения опытно-промышленная топка была сдана в эксплуатацию, можно считать ее первой промышленной топкой такого рода. Описанию топки и результатам ее испытания посвящается следующая глава.

На основании результатов исследования и опыта эксплуатации опытно-промышленной топки Институтом энергетики и электротехники разработана схема промышленной топки и техническая документация на ее сооружение.

Вторая промышленная топка сооружена и опробована нами в 1954 г. на текстильно-галантерейной фабрике «Лента» в г. Риге [35г].

Результаты исследования работы этих топок использованы для разработки нормального технического проекта выносной топки для скоростного сжигания торфа к жаротрубному котлу. Этим облегчено широкое внедрение новой топки в производство.

В ЦКТИ разработана и в 1955 г. Главкотлопромом Министерства тяжелого машиностроения СССР издана отраслевая нормаль НО-118—55 «Топки скоростного горения ЦКТИ системы В. В. Померанцева для паровых котлов» [31]. В нормали даются типовые размеры, характеристики и основные расчетные параметры топок применительно к водотрубным котлам Бийского и Таганрогского

котлостроительных заводов для древесного топлива и торфа. Нормаль служит пособием при проектировании.

При установке топки с цепной решеткой (рис. 23) в шахте предтопка расположены против наклонных ступеней горизонтальные, охлаждаемые водой трубы, задерживающие движение части торфа. К ступеням подводится дутьевой воздух, что способствует непрерывному горению задержанной части торфа. Разгоревшийся торф периодически проваливается вниз на следующую ступень или на полотно цепной решетки, чем обеспечивается непрерывное нижнее зажигание слоя. Наклонное положение ступеней обеспечивает сход золы вместе с торфом на цепную решетку без образования шлаковых скоплений.

В топках меньшей мощности без цепной решетки (рис. 24) в шахте предтопка расположена охлаждаемая водой горизонтальная труба, тормозящая движение торфа и обеспечивающая горение заторможенного на ней торфа. Разгоревшийся торф проваливается вниз сквозь щель между тормозной трубой и наклонной стеной шахты, а этим обеспечивается непрерывное нижнее зажигание слоя торфа в средней зоне шахты. Для создания тонкого, рыхлого, легко продуваемого воздухом горящего слоя торфа в нижней части шахты по высоте установлены два пережима. Слой выдает через зажимающую решетку в топочную камеру продукты полного и частично неполного горения в виде горючих газов и угольков, выгорающих за счет бокового вторичного воздуха, направленного поперек потока дымовых газов при входе их в окно камеры дожигания.

Регулирование паропроизводительности котлоагрегата на торфе осуществляется изменением количества подаваемого воздуха и

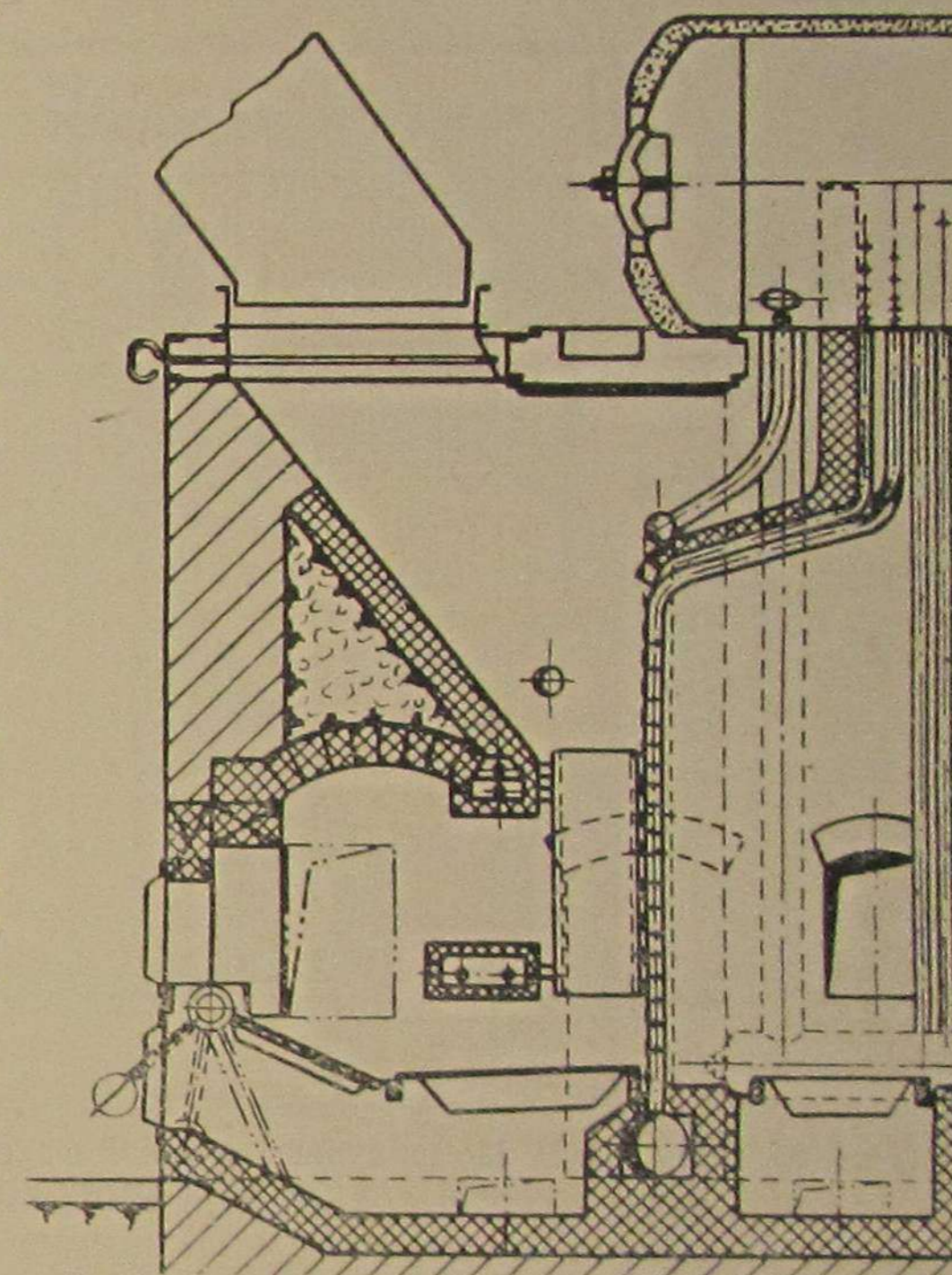


Рис. 24. Топка скоростного горения с трубчатой зажимающей решеткой для торфа к котлу ДКВ₂ с ручным шлакоудалением.

напора дутья перед шахтой предтопка и топочной камерой, а также изменением скорости хода цепной решетки.

Шлакоудаление в топках с цепной решеткой осуществляется этой же решеткой, а в топках без нее, т. е. при неподвижной решетке, — вручную.

В 1953 — 1954 гг. ЦКТИ и Севэнергoprojectом предложена но-

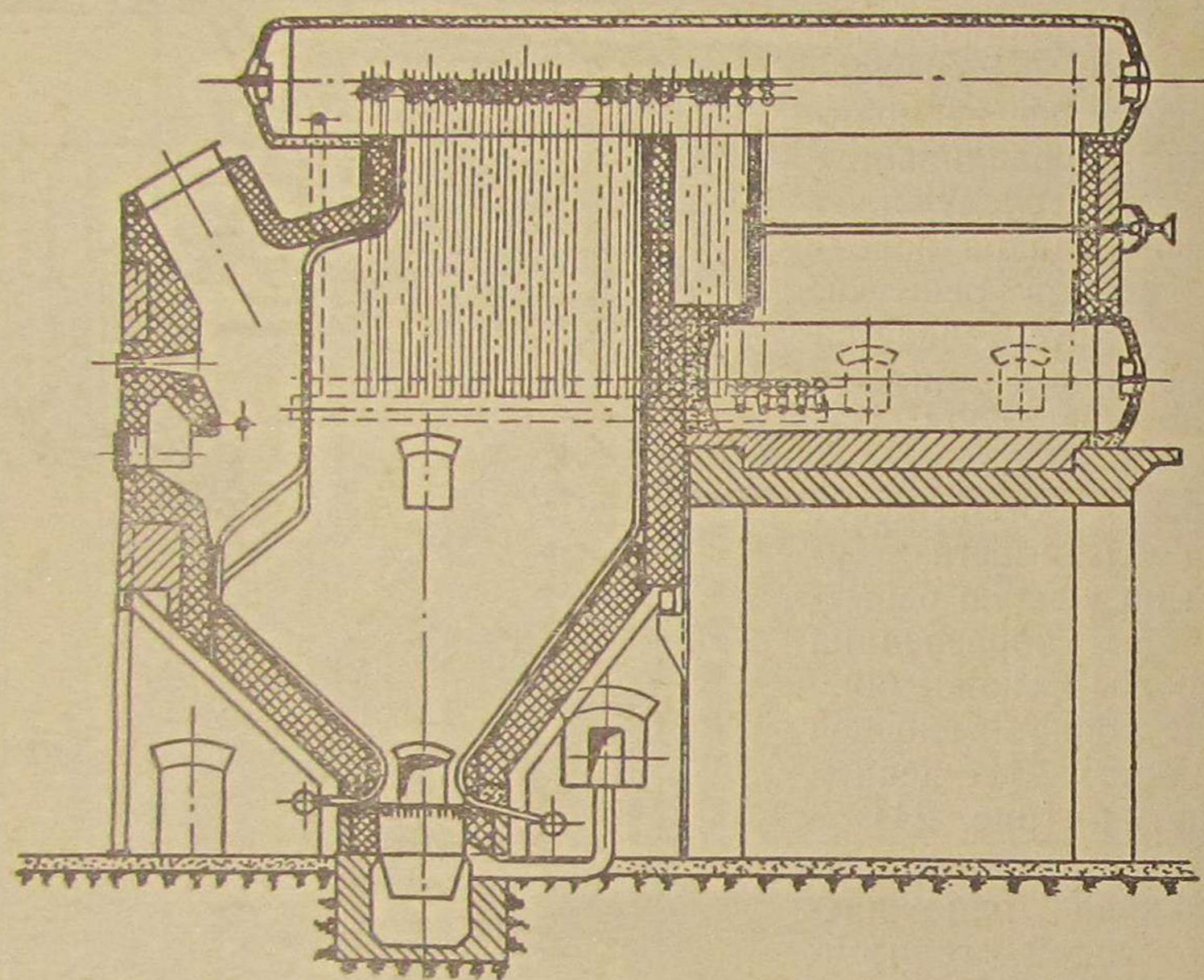


Рис. 25. Схема В. В. Померанцева опытной факельно-слоевой скоростной топki для торфа к котлу ДКВ_{6,5}.

вая схема — слоевой топki скоростного горения с вихревой камерой. По этой схеме (рис. 25) Севэнергoproject разработал проект топki для торфа к двум котлам ДКВ_{6,5} Рижского фарфоро-фаянсового завода; в новой котельной завода по этому проекту сооружаются топki.

В этих топках основание шахты выполнено из труб зажимающей решетки с редким шагом (300 мм), чем создана возможность систематического провала догорающего мелкого торфа на наклонную фронтную стенку вихревой топочной камеры. Внизу камеры находится дожигательная решетка, под которой в задней стене топki расположены сопла нижнего вторичного дутья. Создается сочетание шахты скоростной топki с вихревой камерой. Топка снабжает вихревую камеру уже разожженным торфом, но задерживает в себе крупные куски до их выгорания. Такое сочетание должно позволить работать на торфе различного фракционного состава

ва — от чистого кускового до чистого фрезерного. В целях стимулирования просыпания торфа через решетчатое дно шахты под дном устроен ворошитель в виде охлаждаемой трубы с шипами.

По расчету, паропроизводительность котла с номинальных 6,5 тонн в час должна повыситься до 10 тонн в час благодаря форсировке горения торфа в своеобразной шахте, образуемой из труб зажимающей решетки, с дожиганием вынесенной из слоя мелочи в факеле и на дожигательной решетке.

С 1950 г. В. В. Померанцевым в ЛПИ и К. Д. Сыркиной в ЦКТИ проводятся работы по энергохимическому использованию древесины на базе опытной установки, сооруженной в котельной завода «Вахтан» в Горьковской области [21, 26]. Эта установка состоит из бункера, сушилки на отходящих газах, швельшахты, обогреваемой горячими газами из коксовой зоны, и топki скоростного горения для сжигания твердого остатка — угля. Смесь газов, полученных в швельшахте при термическом разложении древесины, и газа из коксовой зоны отсасывается в газоочистительный цех, где снимается смола и другие жидкие химические продукты, а газ направляется в топку для сжигания. Эта установка успешно работает в течение нескольких лет без взрывов и хлопков. При этом установлено, что ценность выходящих химических продуктов превышает ценность тепла, которое получилось бы при обычном сжигании древесины.

Основываясь на положительных результатах опыта энергохимического использования древесины, ЛПИ и ЦКТИ приступили к исследованию вопроса энергохимического использования торфа в подобной установке. Разработаны схемы и проекты таких установок с сушилкой, швельшахтой и топкой скоростного горения в компоновке с котлами средней мощности. При разработке этих проектов использован опыт работы скоростной топki с каскадной сушилкой на Болдерайском заводе силикатного кирпича.

В настоящее время признано, что наиболее выгодным и прогрессивным методом использования топлива является комплексный, энерготехнологический метод, при котором используются ценные продукты термического разложения топлива, а сжигается лишь твердый остаток. Возможно, что искусственный газ, получаемый при этом процессе из торфа, будет способен конкурировать с природным газом, если учесть расходы на транспорт последнего [32]. Энерготехнологическая схема производства газа выгодна и перспективна; тепловые электростанции могут превратиться в энерготехнологические комбинаты. Такой комбинат на торфе уже проектируется Министерством электростанций СССР для Уралэнерго.

Ввиду изложенного особый интерес приобретает применение скоростной топki и для установки небольшой мощности с швельшахтой, позволяющей использовать газ и жидкие продукты швелевания торфа.

Наряду с изучением вопроса скоростного сжигания торфа

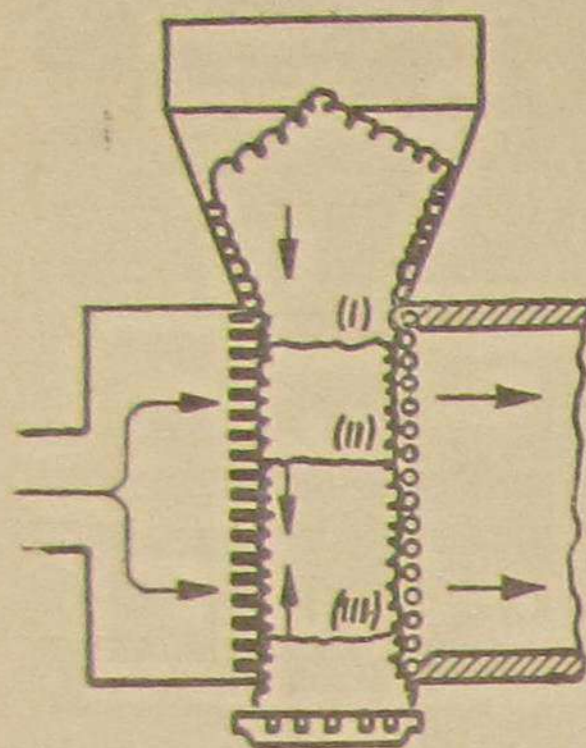


Рис. 26. Приводимая д-ром Графом схема принципа горения вертикального слоя топлива в поперечном токе воздуха.

ЦКТИ и ЛПИ работают над применением принципа скоростного горения при сжигании каменного угля. После стендовых опытов и испытания полупромышленной топки разрабатывается конструкция промышленной топки для каменного угля.

Из статьи австрийского специалиста Графа, опубликованной в 1956 г. [36], видно, что процессом горения топлива в вертикальном слое интересуются также и за рубежом. Так, опыты по сжиганию мелкого орешка бурого угля, антрацита и кокса в поперечном токе проведены Горнопромышленным бюро США (рис. 26). Исследование показало, что при поперечной подаче воздуха в количестве до $1500 \text{ нм}^3/\text{м}^2\text{ч}$ скорость горения меньше, чем при прямотоке, но при подаче воздуха сверх этого количества скорость горения и производительность значительно возрастают. Количество подаваемого воздуха

увеличивалось до $4500 \text{ нм}^3/\text{м}^2\text{ч}$ и больше, но характер кривых указывает на возможность еще больших скоростей воздуха.

В этой же статье Графа упомянуто, что в США в целях достижения высокой производительности по принципу горения в поперечном токе воздуха построена реторта Рисдона (без противлежащих охлаждаемых водой решеток). Граф отмечает, что в последнее время сконструирован также коксовый котел «Эмма», испытания которого показали преимущества топочного устройства со слоем топлива, опускающимся между двумя вертикальными решетками.

Глава III

ТОПКА ПО СХЕМЕ ИНСТИТУТА ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР ДЛЯ СКОРОСТНОГО СЖИГАНИЯ ТОРФА В ЖАРОТРУБНОМ КОТЛЕ

1. СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ

Одним из самых прогрессивных методов сжигания топлива в слое является скоростной метод. Институт энергетики и электротехники впервые задался целью исследовать возможность и целесообразность применения скоростного метода для сжигания торфа в котлах малой мощности, именно — в жаротрубных котлах.

В 1951 г. была спроектирована и сооружена опытно-промыш-

ленная скоростная топка к двухжаротрубному котлу с поверхностью нагрева 90 м^2 в котельной текстильного комбината «Засулаука мануфактура» в г. Риге. Котел не имел ни пароперегревателя, ни хвостовых поверхностей нагрева, ни дымососа; тяга создавалась кирпичной дымовой трубой высотой 45 м. Во внутренних топках этого котла сжигался антрацит марки «АРШ», а на его раскаленный слой забрасывался кусковой торф в пропорции, зависящей от влажности торфа, качества антрацита и нагрузки котла. На поступавшем в то время торфе с высокой влажностью (порядка 50%) котел не мог работать.

Сооружение этой топки было закончено в декабре 1951 г., после чего обмуровка была осторожно просушена в течение недели. После освоения работы топки и первой наладки, потребовавшей около месяца, в феврале 1952 г. установка сдана в эксплуатацию как промышленная, способная бесперебойно снабжать комбинат паром без помощи другого котла даже при работе на низкосортном торфе. Этот котлоагрегат служил базой для основных испытаний работы новой топки и исследования происходящих в ней специфических процессов.

С целью устранения обнаруженных при испытаниях недостатков опытной топки, а также для проверки полученных результатов и уточнения конструкции в 1954—1955 гг. по проекту, разработанному Институтом энергетики и электротехники АН Латвийской ССР, сооружена промышленная топка к двухжаротрубному котлу с поверхностью нагрева 102 м^2 в котельной рижской текстильно-галантерейной фабрики «Лента», находящейся у главной магистрали, по которой доставляется торф с нескольких торфозаводов. Котел также не имел ни хвостовых поверхностей нагрева, ни пароперегревателя, ни дымососа. Кирпичная труба высотой 40 м обеспечивала необходимую тягу. До переоборудования котел отапливался антрацитом при ручном обслуживании.

2. ОПИСАНИЕ ТОПКИ

Продольный разрез опытно-промышленной топки показан на рис. 27.

Топка состоит из шахты емкостью $2,6 \text{ м}^3$, в основании которой расположена колосниковая решетка (5) площадью $1,54 \text{ м}^2$ из плитчатых колосников с живым сечением около 10%. Верхняя часть шахты служит для подсушки торфа горячими топочными газами, направляемыми из огневой зоны вверх, навстречу опускающемуся по шахте торфу; кроме того, внутри слоя торф подсушивается очагами горения, образующимися над тормозной балкой (4).

Под пережимом шахты расположена зона активного горения (2). Шахта от топочного пространства (7) отделяется трубчатой зажимающей решеткой (рис. 28), являющейся главной характерной частью топки и состоящей из 14 вертикальных стальных цель-

нотянутых труб (Φ 83/76 мм, с шагом 180 мм); крайние трубы замурованы в боковые стены топки для рециркуляции воды. К вертикальным трубам в шахматном порядке приварены через каждые 120 мм стальные шипы (Φ 15 мм, длиной 35 мм). Нижний коллектор зажимающей решетки (Φ 219/201 мм) соединяется

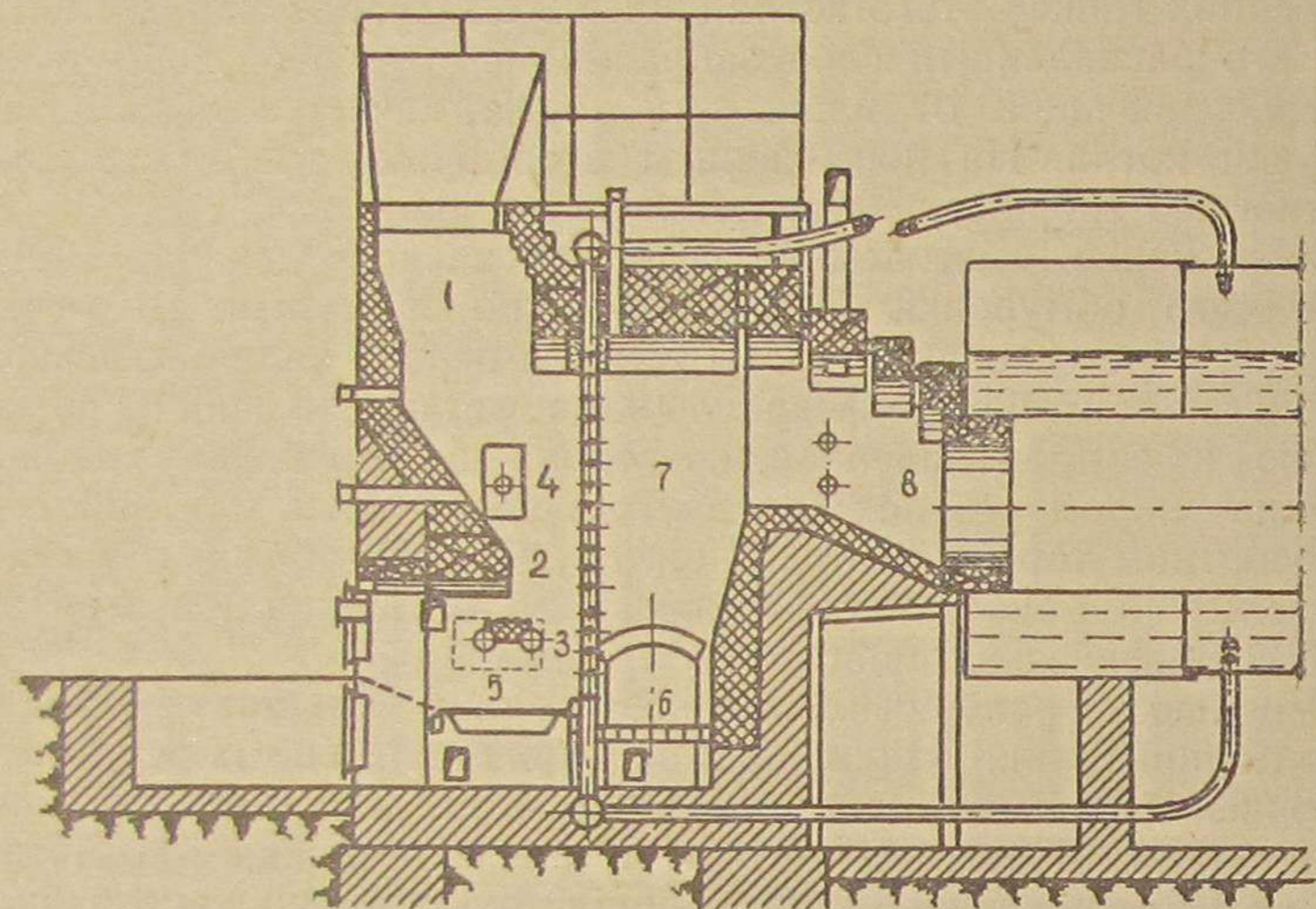


Рис. 27. Схема опытно-промышленной топки скоростного горения для торфа к двухжаротрубному котлу на комбинате «Засулаука мануфактура».

1 — топочная шахта, 2 — верхний пережим шахты (зона активного горения), 3 — нижний пережим, 4 — тормозная балка, 5 — колосниковая решетка, 6 — дожигательная решетка, 7 — топочное пространство, 8 — горловина.

четырьмя водоподводящими трубами (Φ 83/76 мм) с водяным пространством котла, а верхний — четырьмя такими же трубами с паровым пространством.

Зажимающая решетка является эффективной радиационной поверхностью нагрева котла, увеличивающей его паропроизводительность; она зажимает слой торфа в шахте, препятствуя выносу торфяной мелочи из слоя даже при очень высокой форсировке. В нижнем коллекторе зажимающей решетки имеется арматура для продувки и удаления шлама.

Шахта имеет 2 пережима: верхний (2) — шириной 450 мм — образован топочным сводом (под наклонной внутренней стеной шахты) и зажимающей решеткой, нижний (3) — шириной 300 мм — находится между шамотными колосниками, опирающимися на две огневые балки, и зажимающей решеткой. Огневые балки и тормозная балка охлаждаются проточной водой, регулируемой так, чтобы температура уходящей воды колебалась в пределах 35—45°C.

Под верхним пережимом торф свободно рассыпается под углом естественного откоса, образуя рыхлый, легкопродуваемый слой, благодаря чему в этой зоне происходит скоростное горение без увеличенных потерь с уносом, ввиду наличия зажимающей решетки.

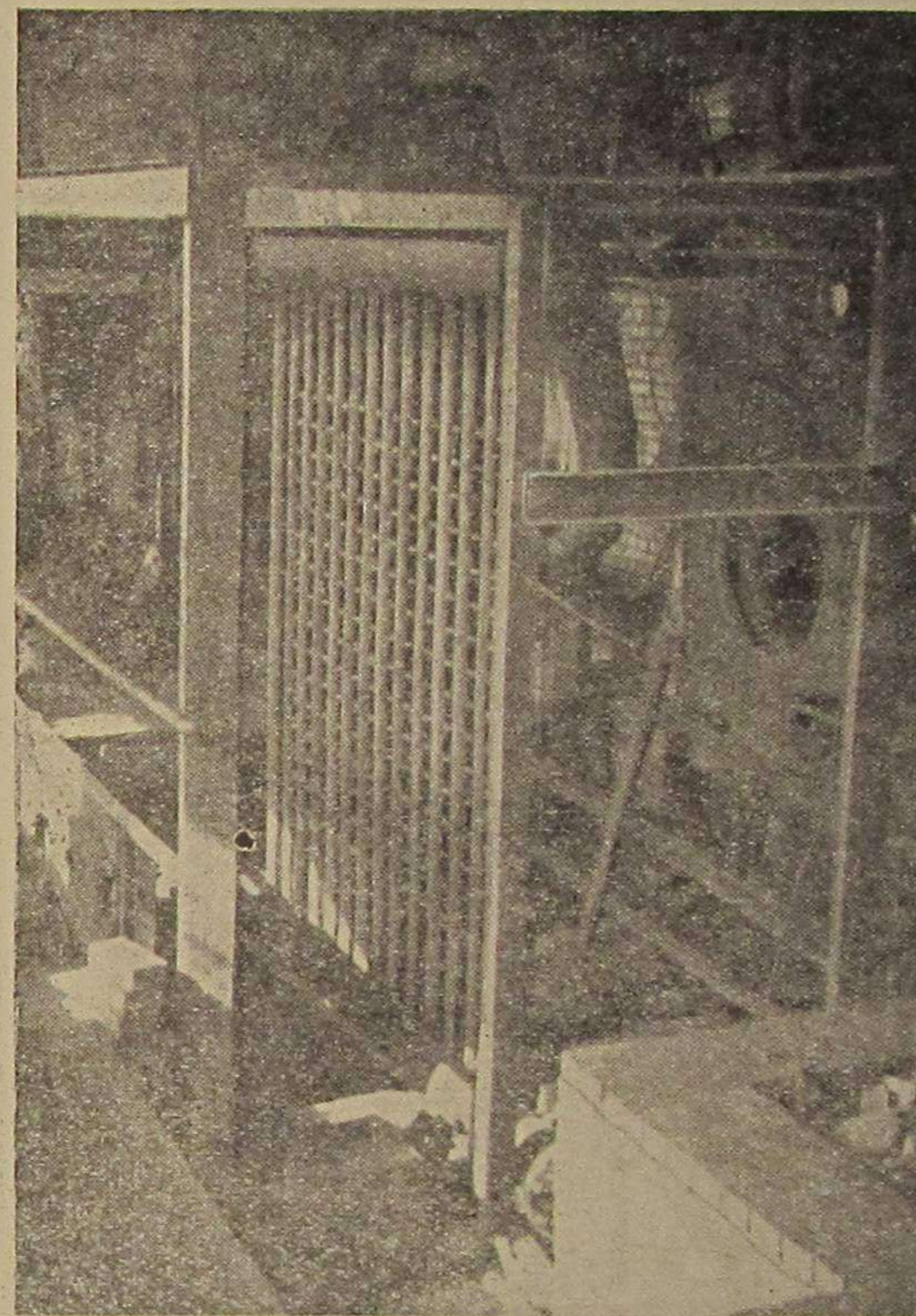


Рис. 28. Трубчатая зажимающая решетка.

Топочное пространство (7) объемом 4,2 м³ соединено горловиной (8) с жаровыми трубами котла; в его основании помещена дожигательная решетка (6) площадью 1,32 м² из таких же колосников, как и колосниковая решетка, но уложенных в перпендикулярном к последней направлении. Эта решетка предназначена для дожигания частиц торфа, вынесенных из слоя и упавших вниз, а также для подачи в топочное пространство вторичного воздуха, необходимого для сжигания горючих газов и мелких частиц, выходящих из слоя торфа.

Топка может работать на естественной тяге или с вентиляторным дутьем. Дутьевой воздух подается одним вентилятором под

колосниковые решетки шахты, непосредственно в слой торфа, под дожигательную решетку топочного пространства, а также в горловину, соединяющую топку с котлом. Количество подаваемого воздуха регулируется задвижками на главном трубопроводе и его ответвлениях.

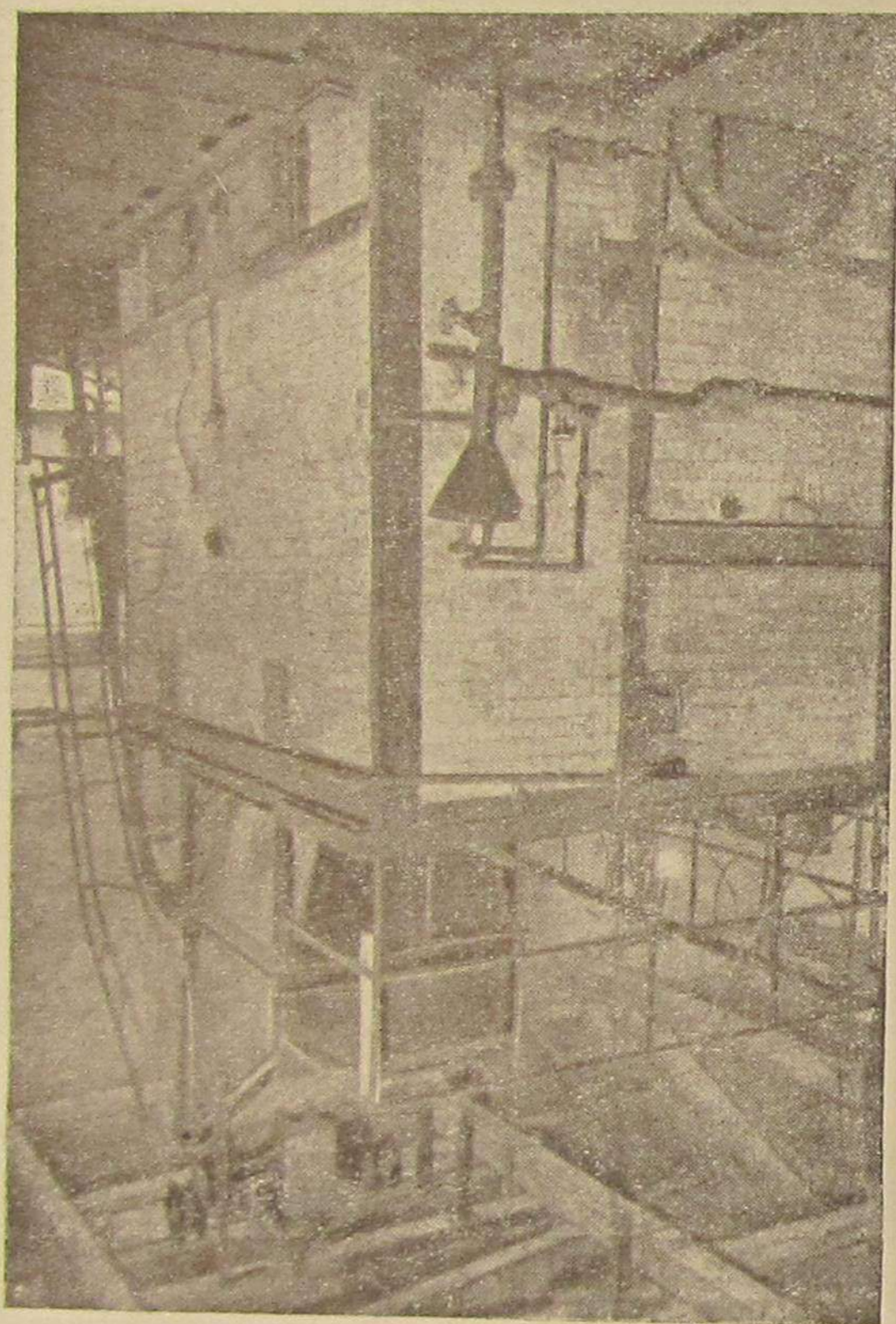


Рис. 29. Наружный вид топки на комбинате «Засулаука мануфактура».

Удаление очаговых остатков производится вручную: из топки под шахтой — через дверцы во фронтальной стене, а из-под топочного пространства — через дверцы в боковой стене топки.

Подача торфа в шахту производится скиповым подъемником с ковшем емкостью 0,5 м³. Ковш посредством двух тросов поднимается электромотором по наклонным рельсам; при достижении ковшем верхнего и нижнего крайнего положения электромотор автоматически выключается. Во время опрокидывания ковша в шахту вертикальная заслонка, подвешенная на шарнире к раме

бункера, открывается приваренными к ковшу «пальцами», а затем при опускании ковша закрывается под действием собственного веса.

Арматура котла вынесена на бок барабана котла.

Стены топки футерованы внутри прямым шамотным кирпичом марки «Б», а облицованы красным фасадным кирпичом. В стенах футеровки оставлены заполненные асбестом температурные швы шириной 20 мм.

Своды этой топки построены и горловина выложена из клинового шамотного кирпича марки «Б». Для обмуровки применялись растворы стандартного состава. Потолочный свод топки состоит из двух окатов — нижнего, толщиной в 1 кирпич, и верхнего — в полкирпича; между ними оставлен зазор в 25—30 мм для свободного расширения нижнего оката. Пяты свода вдвинуты в кладку стен на полкирпича. Верх цилиндрического потолочного свода выравнен кирпичом «на плашку» до образования горизонтальной плоскости и изолирован слоем шлака.

Ввиду высокого уровня грунтовых вод топку нельзя было заглубить так, чтобы при самом низком уровне воды в котле трубы зажимающей решетки закрывались водой на 100 мм выше огневой линии, т. е. топочного потолочного свода (требование Котлонадзора). Поэтому верхняя часть труб зажимающей решетки защищена от огня торкретной замазкой на проволоочном каркасе. Между сводом и торкретом оставлен шов с асбестовой прокладкой.

Котел питался смесью конденсата с добавкой 30—50% сырой мягкой воды; общая жесткость питательной воды — 3—5°, поэтому химобработка воды не производилась. На случай повышения жесткости питательной воды установлен простейший дозатор для ввода в котел антинакипинов.

Наружный вид топки представлен на рис. 29. В таблице 10 приводятся ориентировочные данные о расходе основных материалов для сооружения опытно-промышленной скоростной топки в сопоставлении с расходом на стандартную шахтную полумеханическую топку примерно той же мощности.

Таблица 10

Расход основных материалов на сооружение топки

Наименование материалов	Расход на сооружение скоростной топки	Расход на сооружение стандартной топки
Металл, тонн	5,5	4
в т. ч. трубы стальные	1,0	—
Кирпич огнеупорный, тыс. шт.	4,5	9
Кирпич строительный, тыс. шт.	7	10
Предполагаемая стоимость топки при серийном выпуске, руб.	50 000	40 000
Стоимость опытно-промышленной топки, руб.	70 000	—

Как видно из таблицы, на сооружение скоростной топки требуется больше металла и она стоит дороже, но это объясняется тем, что в скоростной топке помещена трубная зажимающая решетка, являющаяся частью поверхности нагрева котла, значительно увеличивающей его паропроизводительность. Удельный расход металла на 1 т/ч вырабатываемого в котле пара при скоростной топке ниже, чем при стандартной, ввиду значительно большей производительности котла со скоростной топкой.

На основании результатов, полученных при предварительных испытаниях работы опытно-промышленной топки (см. ниже, § 3), была произведена реконструкция топки.

Во время наладочных опытов произведены следующие несложные изменения конструкции и ремонт:

Мероприятия	Цель
Устройство во фронтальной стене каналов для ввода воздуха в очаги горения в зоне сушки торфа в шахте.	Интенсификация подсушки торфа в шахте.
Уменьшение площади дожигательной решетки путем сужения ее на один ряд колосников.	Сокращение избытка воздуха в топке.
Закрытие дутья воздуха в горловину.	То же.
Устранение неплотностей в обмуровке.	То же.
Замена сплошных плитчатых колосников стандартными.	Улучшение распределения воздуха в слое и возможность подсвечивания топки каменным углем.
Замена кирпичных шамотных колосников блоками из шамота.	Достижение большей прочности, увеличение срока службы.
Закрытие торкретом верхних частей труб зажимающей решетки.	Предохранение от действия огня верхней части труб, не заполненной водой при самом низком уровне воды в котле.

После первого периода испытаний топки произведены более существенные изменения ее конструкции, указанные на рис. 30, где пунктиром отмечено первоначальное положение.

Мероприятия ¹	Цель
Перекрытие шамотными вкладышами зазоров между трубами зажимающей решетки в зоне высотой 480 мм (против верхнего пережима шахты) и в верхней зоне зажимающей решетки высотой 240 мм.	Интенсификация сушки торфа в шахте топочными газами, направленными навстречу опускающемуся по шахте торфу, и уменьшение засоса воздуха из бункера.
Расширение верхнего пережима шахты на 100 мм и нижнего — на 60 мм (для расширения верхнего пережима срезан один ряд кирпича с торца на-	Увеличение толщины слоя топлива; улучшение использования кислорода горячим слоем; окончание кислородной зоны в слое;

¹ Некоторые мероприятия (углубление зольника, устройство опрокидной шуровочной плиты для сброса шлака в зольник и др.) осуществлены при разработке схемы и проекта промышленной топки.

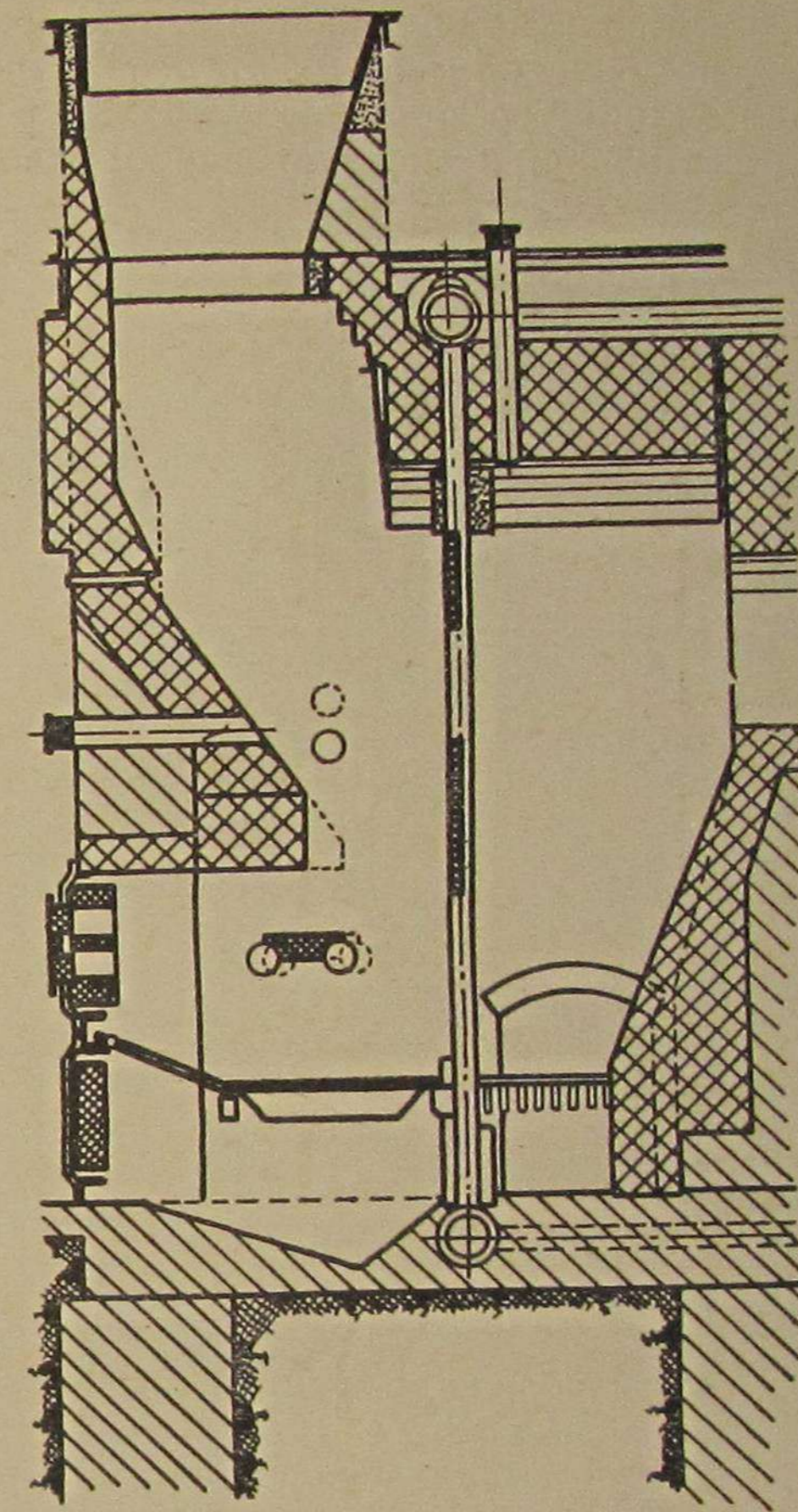


Рис. 30. Конструктивные изменения опытно-промышленной топки.

клонного свода, ввиду чего высота пережима увеличилась на 110 мм).

Увеличение толщины фронтальной стены шахты на полкирпича.

Закрытие стальным листом торца потолочного свода со стороны топочной шахты.

сокращение α ; образование более мощного очага горения под шахтой.

Повышение прочности стены (стена толщиной только в полкирпича оказалась недостаточной и дала трещины).

Защита свода и улучшение схода торфа по шахте.

После переделки топка в августе 1953 г. снова пущена в работу, и в эксплуатационных условиях произведены результаты испытание.

Продольный разрез промышленной топки, сооруженной на фабрике «Лента», показан на рис. 31. В этой топке изменены некоторые детали устройства с целью устранения недостатков, выявленных при испытании и эксплуатации опытно-промышленной топки.

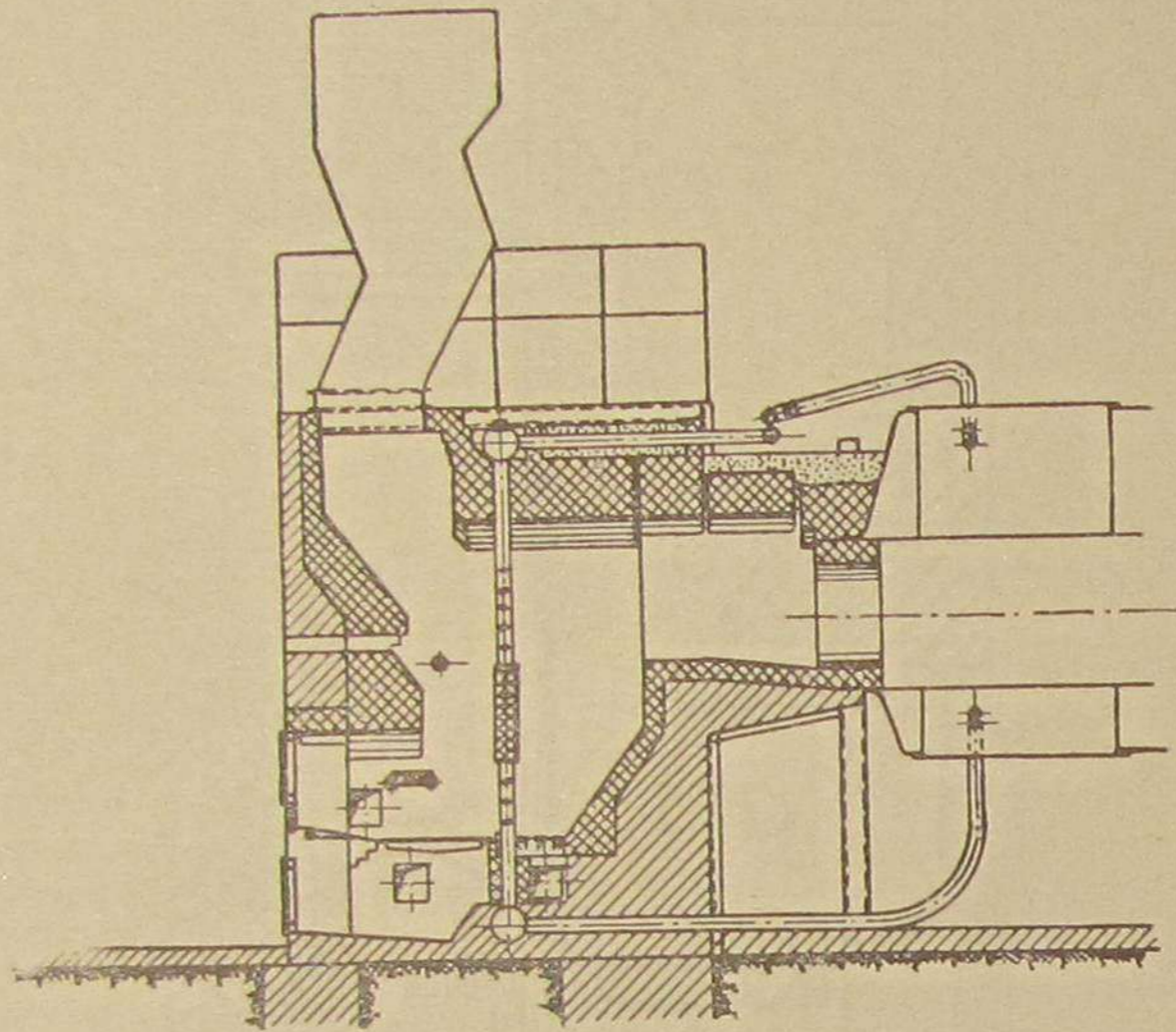


Рис. 31. Схема промышленной топки скоростного горения к двухжаротрубному котлу на фабрике «Лента».

Выносная топка углублена с таким расчетом, чтобы при самом низком уровне воды в котле уровень ее в вертикальных трубах зажимающей решетки получался на 100 мм выше внутренней поверхности потолочного свода топки. Для достижения этого пришлось топку опустить ниже пола котельной на 800 мм, а вокруг топки устроить такой же глубины приямок.

Взамен низкого бункера-кормушки устроен высокий бункер с клапаном, автоматически закрывающимся при пустом бункере, для предотвращения присоса воздуха в топку и со штыковым затвором над клапаном для удержания в бункере торфа при остановке топки. Четыре трубы для ввода воздуха в очаги горения в зоне сушки топочной шахты заменены тремя каналами во фронтальной стене обмуровки с задвижками, регулирующими приток воздуха; это мероприятие имело целью выяснить целесообразность организации очагов горения в шахте.

Ширина дожигательной решетки уменьшена до 300 мм с целью сокращения избытка воздуха, проникающего в топочное пространство. Устроены опрокидные шуровочные плиты для

спуска шлака в зольник и создания возможности уборки его оттуда в остывшем виде, что должно облегчить чистку топки и уменьшить загрязнение воздуха котельной.

Поскольку в котельную возвращалось 30—40% конденсата расходуемого пара и для питания котла к конденсату добавлялась вода городского водопровода со средней жесткостью не выше

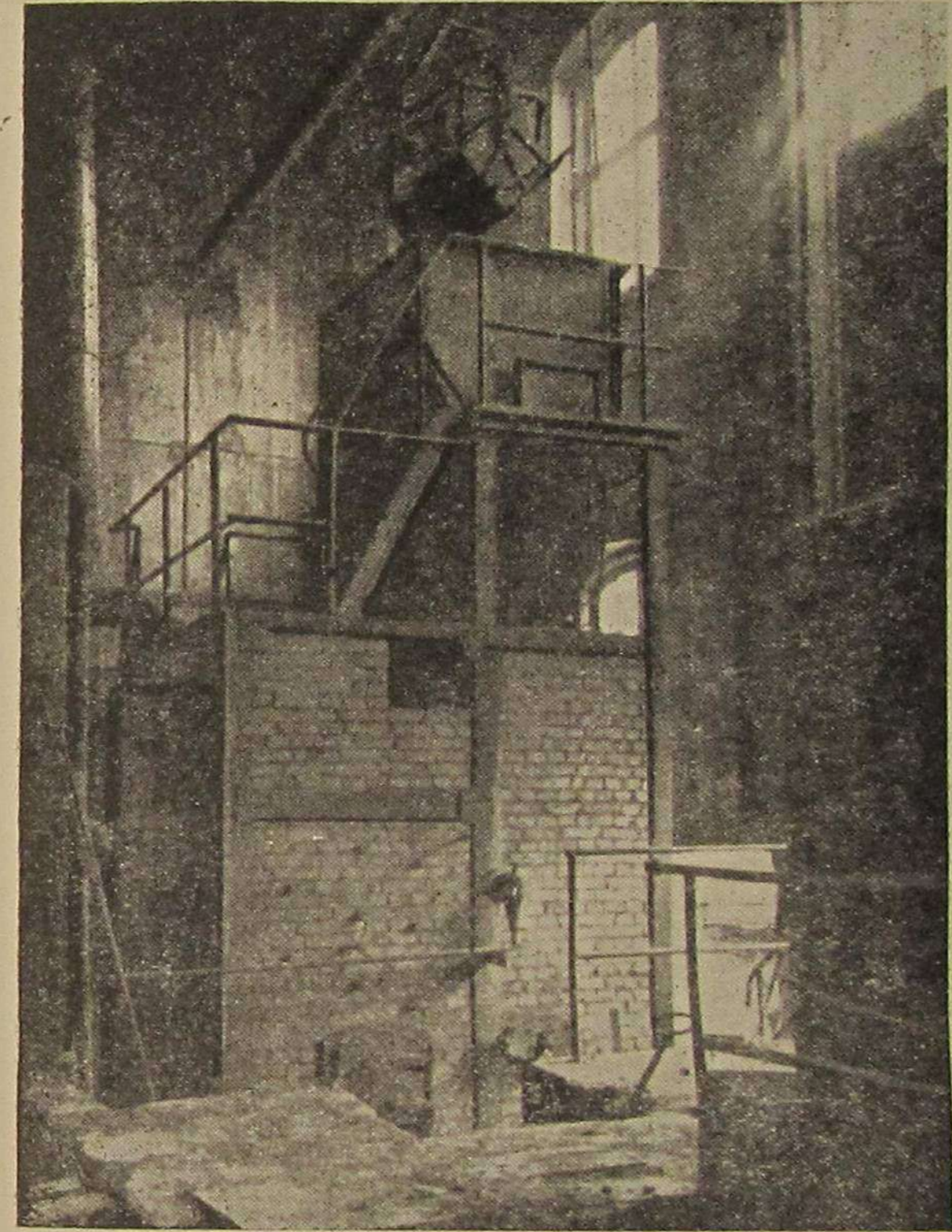


Рис. 32. Общий вид промышленной топки к двухжаротрубному котлу на фабрике «Лента».

10°, то, по соглашению с инспекцией Котлонадзора, решено было химическую обработку воды не производить, если качество последней в будущем не ухудшится.

Охлаждение огневых опорных балок и тормозной балки предусмотрено пока производить проточной водой с использованием теплой воды для питания котла. Впоследствии эти балки предполагается включить в циркуляцию воды в котле.

Строительство топки и оборудование ее вспомогательными устройствами закончены в июле 1955 г.

Для подачи торфа со склада в бункер топки применено тельферное устройство с железными ящиками емкостью 0,5 м³ с двустворчатым самооткрывающимся дном. Последнее выгодно отличает данное устройство от применяющегося для торфоподачи скипового подъемника с ковшем, опрокидываемым в бункер топки: при использовании скипового подъемника в середине бункера образуется конус из мелкого торфа, а по бокам получается более тонкий, легко продуваемый воздухом слой из крупных торфин (сегрегация), что влечет за собою неравномерное горение торфа по ширине топки и присосы воздуха в топку по бокам.

Общий вид топки показан на рис. 32.

В конце 1955 г., как только начал поступать торф новой добычи, котлоагрегат был пущен в работу; после наладки были проведены испытания работы установки. Результаты этих испытаний (см. ниже, стр. 107) и опыт эксплуатации привели к следующему выводу: высота бункера 1,5 м необходима и достаточна для того, чтобы слой торфа в нем высотой 1—1,5 м предотвращал присос воздуха в топку; поэтому бункер без ущерба для процесса горения торфа может быть снижен до 1,5 м, т. е. на 1 м. Это будет иметь большое практическое значение при внедрении топки, поскольку наши маломощные котельные имеют ограниченную высоту, а высокий бункер в некоторых случаях мог бы препятствовать строительству топки. Бункер высотой 1,5 м может быть выпрямлен, отпадает необходимость в верхней лестнице к бункеру и площадке над этой лестницей.

Под топочным бункером был устроен штыковой затвор для удержания в бункере слоя торфа, закрывающего воздуху доступ в топку при остановке котла. Это позволило бы выжигать торф в шахте с меньшим избытком воздуха; при необходимости быстрой аварийной остановки котлоагрегата штыковой затвор мог бы также ускорить остановку. Опыт показал, однако, что затвор из железных штыков, соединенных в секции по три, трудно вставлять в слой крупного торфа, а также и вынимать; возможно, что положительный результат дало бы устройство затвора из отдельных стальных штыков.

Для предотвращения доступа воздуха в топку во время выжигания торфа в шахте под штыковым затвором бункера расположен клапан, самозакрывающийся при снижении уровня торфа в шахте. Оказалось, что при пустом бункере плиты клапана и вся нижняя часть бункера накаляются и деформируются.

Ввиду этого, а также учитывая, что шахтные топки предназначаются обыкновенно для длительной непрерывной работы, от устройства штыкового затвора и клапана впредь можно отказаться, а верх бункера при остановке котла следует закрывать двустворчатой крышкой из листовой стали.

Другим выводом, вытекающим из опыта эксплуатации топки, является необходимость отказаться от устройства подводящих в шахту воздух каналов для организации очагов горения. Это, в свою очередь, позволило бы упростить шахту, придать ей форму, более выгодную для схода торфа в огневую зону топки.

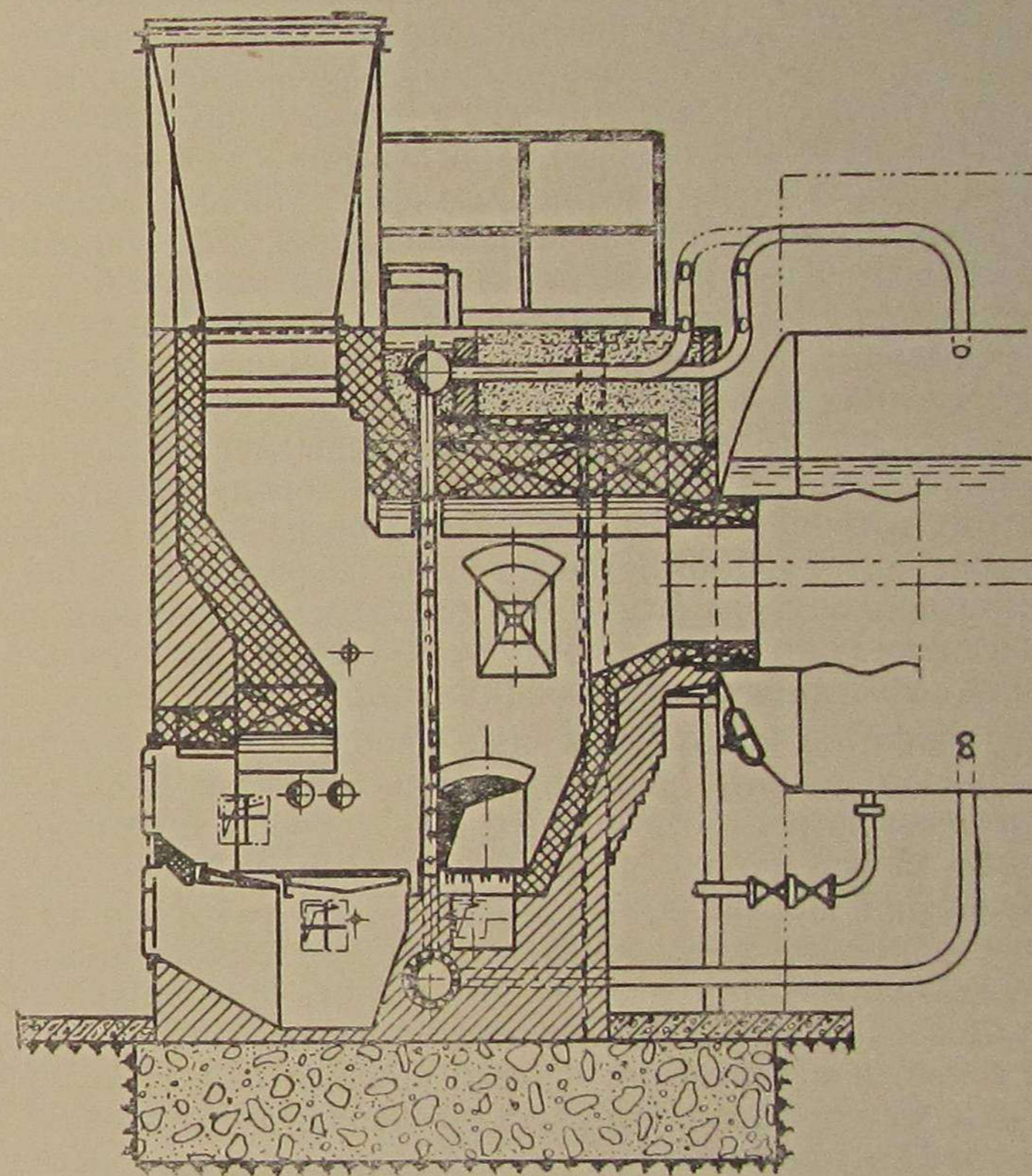


Рис. 33. Схема топки промышленного вида для внедрения.

Наконец, установлено, что оптимальная ширина дожигательной решетки составляет 400 мм. Зольник под ней необходимо соответственно расширить и углубить.

На основании результатов испытаний и опыта эксплуатации обеих топок разработана конструкция новой топки для внедрения в народное хозяйство, схематически показанная на рис. 33.

При разработке конструкции преследовалась цель всемерно упростить и удешевить новое топочное устройство без ухудшения показателей его работы.

3. ИСПЫТАНИЕ РАБОТЫ ТОПКИ

Основной базой для проведения большинства испытаний служила опытно-промышленная топка на текстильном комбинате «Засулаука мануфактура».

Во время наладки этой топки была освоена ее работа, проведен инструктаж обслуживающего персонала, выявлены первые эксплуатационные характеристики установки, разработана методика ее испытаний, сконструированы специальные приборы для экспериментальных работ. Затем в промышленных условиях работы установки были проведены испытания, подразделяющиеся на два периода. В первый период, с марта 1952 г. по июль 1953 г., с перерывами, вызванными прекращением поступления или отсутствием торфа нужного для испытаний установки качества, были исследованы вопросы шлакования топки, проведены балансовые испытания установки на торфе различного качества при разных режимах работы установки, испытана работа топочной шахты и процесс горения торфа, выявлены недостатки первоначальной конструкции топки и намечены мероприятия, необходимые для их устранения. В июле 1953 г., когда котел был остановлен на очередной ремонт, произведена переделка топки, после чего были продолжены опыты для определения влияния измененной конструкции топки на работу установки и проведены результирующие испытания происходящих в топке процессов.

Сход торфа по шахте. Так как необходимым условием для бесперебойной работы шахтной топки является сход торфа по шахте в огневую зону без образования заторов, с самого начала испытаний велись наблюдения за выполнением этого условия.

Наблюдения показали, что мелкий торф и торфины длиной не более 340 мм, т. е. соответствующие требованиям правил технической эксплуатации торфяных болот, проходили по шахте беспрепятственно, но более длинные торфины застревали на тормозной балке и в пережиме шахты, образуя своды, задерживавшие движение торфа вниз; под сводами же оставались не заполненные торфом пространства, что нарушало нормальный процесс горения, вызывало повышение избытка воздуха в топке. Недопущение же подачи в шахту торфины длиной свыше 340 мм или предварительное разламывание их пополам обеспечивало нормальный сход торфа по шахте. Дальнейшие опыты показали, что для устранения зависания крупного торфа на тормозной балке и в пережиме шахты необходимо опустить эту балку, т. е. приблизить ее к зоне активного горения; в этом случае заторы, если они иногда и образовывались, быстро прогорали, так как пережим шахты и тормозная балка оказывались в огневой зоне.

Вред, причиняемый в шахте заторами, можно охарактеризовать следующим примером: когда сжигался исключительно крупный высоковлажный торф, торфины длиной до 700 мм и сечением около 100×150 мм образовали затор в горле шахты, под

затормозившись же осталось незаполненное пространство высотой около 1 м. Уходящие газы содержали 11% O_2 , а после образования затора содержание O_2 повысилось до 16,2%.

Вопросы шлакования. Из изложенной в разделе 1 главы III истории развития и применения метода скоростного горения для сжигания торфа усматривается, что основные трудности при разработке этого метода связаны с решением вопроса удаления шлака, заставившего предыдущих исследователей отказаться от применения принципа скоростного сжигания торфа в топках с ручным обслуживанием. Поэтому в первую очередь был исследован этот важнейший вопрос, от которого зависела возможность и успех применения метода скоростного горения при сжигании торфа в топке котла малой мощности.

Длительный опыт сжигания торфа различного качества и изучение приемов обслуживания опытной установки показали следующее.

При сжигании малозольного торфа, содержание тугоплавкой золы в котором не превышает 5%, при рабочей влажности торфа выше 45%, без применения вентиляторного дутья удаление шлака производится без затруднений и топку можно чистить только раз в смену. Работая же на этом торфе с вентиляторным дутьем, когда часовой расход торфа увеличивается и в топке повышается температура, нужно чистить топку два раза в смену или в промежутках между чистками убирать шлаковины с шамотных колосников, расположенных на опорных балках под верхним пережимом шахты.

С увеличением содержания золы, особенно при низкой температуре ее плавления, а также с уменьшением влажности торфа и повышением форсировки горения возникают все большие затруднения, и для облегчения удаления шлака требуются специальные мероприятия. В таких случаях, как правило, чистку топки нужно производить два раза в смену, а при сжигании многозольного торфа и большой нагрузке — даже три раза в смену. Кроме того, до чистки топки в течение около получаса нужно подавать паро-воздушное дутье под колосниковую решетку шахты.

«Пропаривание» слоя снижает температуру, гранулирует шлаки, уменьшает прилипание их к решетке. Как известно, такой метод с успехом применяется при сжигании антрацита. Это навело на мысль использовать «пропаривание» и в данном случае, для чего в зольник под колосниковой решеткой шахты рядом с воздухопроводом введен паропровод с заглушенным концом и с тремя рядами отверстий диаметром 4 мм для выхода пара. Количество вводимого пара регулируется вентилем на паропроводе.

Опыт показал, что примешивание к торфу древесных опилок или одубины в количестве 10—15% по весу торфа тоже облегчает удаление шлака, снижая температуру слоя и способствуя разрыхлению шлака.

Во время опытов составлена коллекция образцов шлака,

полученных при различных режимах сжигания торфа без применения указанных мероприятий и с применением их. Эти образцы наглядно подтвердили целесообразность и эффективность примененных мероприятий.

Чистка дожигательной решетки и зольников производится без затруднений и не требует особых мероприятий.

Установлена возможность чистки топки «на ходу», т. е. без предварительного выжигания торфа, заполняющего шахту, так как во время чистки крупные куски торфа в пережиме удерживают вышележащий слой. Во время чистки топки давление пара в котле не понижается, как в котлах с обычными топками, а даже повышается, ввиду облегчения доступа воздуха и ускорения горения. При сжигании мелкого торфа целесообразно за час до чистки загружать в шахту более крупный торф.

Практика показала, что при сжигании с вентиляторным дутьем сухого торфа со значительным содержанием легкоплавкой золы на боковых стенах обмуровки над колосниковой решеткой образуются наросты шлака; это требует регулярного удаления наростов кочегарным инструментом при каждой чистке топки. Хотя при сжигании влажного малозольного торфа такое явление не вызывает затруднений, все же желательно в будущем экранировать эти подвергающиеся зашлаковыванию небольшие части стен обмуровки. Зашлаковывания труб зажимающей решетки и забивания шлаком просветов между трубами не наблюдалось.

Дальнейший опыт показал, что в топке может сжигаться торф с зольностью до 20—25%. Так, например, при сжигании сухого многозольного торфа ($A^c = 15\%$), содержавшего по весу около 10% песка, захваченного лопатами при перевалке торфа на железнодорожной станции, перебоев в работе топки не наблюдалось; однако топку приходилось чистить три раза в смену и каждый раз до чистки применять паро-воздушное дутье под решетку шахты. Чистка топки продолжалась каждый раз только 15—20 минут. Таким образом, вопрос шлакования при скоростном сжигании торфа в топке котлов малой мощности с ручным шлакоудалением можно считать разрешенным.

Ввиду того что при сжигании торфа в топках скоростного горения развивается более высокая температура, чем в обычных топках, при выборе торфа для топки скоростного горения полезно предварительно проверять температуру плавления хорошо измельченной средней пробы золы торфа известного месторождения; предпочтение следует отдавать торфу с наиболее тугоплавкой золой. Институтом энергетики и электротехники создан прибор по известному принципу плавления небольшой пробы на спае термопары ПП, со значительным упрощением этого принципа (рис. 34). Наблюдение за изменением агрегатного состояния пробы при нагреве электрической дугой и улавливание моментов начала деформации, размягчения и жидкоплавкого состояния

производятся через увеличительное стекло. Чтобы не повредить спая термопары при очистке его от сплавленной золы, проба помещается на платиновой пластинке, положенной на спай, который водворяется в шамотную коробку с открытым дном. Между спаем термопары и верхним отверстием коробки находится никелевая пластинка с небольшой гляделкой для защиты увеличительного стекла от нагрева лучами электрической дуги.

Произведенными опытами установлено, что при сжигании кускового торфа, содержащего 10—15% мелочи, из слоя выносится, в зависимости от форсировки топки, 40—60% (в среднем — около половины) содержащейся в торфе золы; из них на дожигательной решетке топочного пространства остается 10—15%, в дымоходах котла отлагается 2—3%, а остальное уносится в боров и дымовую трубу. Основное количество летучей золы, отлагающейся в дымоходах котла, оседает во втором дымоходе (первым считаем жаровые трубы котла); особенно большое скопление золы оказалось под местом поворота дымовых газов из жаровых труб под котел.

Содержание углерода в летучей золе, отложившейся в первом дымоходе, составляет около 7%, во втором — около 13%, в третьем — до 30%; среднее содержание углерода — примерно 15%.

Присадка мелочи или фрезерного торфа к кусковому торфу повышает количество золы, остающейся под топочным пространством.

Провал торфяной мелочи сквозь зажимающую решетку на дожигательную решетку, конечно, влияет на процесс горения и на показатели работы установки. Поэтому была выявлена зависимость провала от содержания мелочи в кусковом торфе.

Попытка решения этого вопроса прямым путем, т. е. опреде-

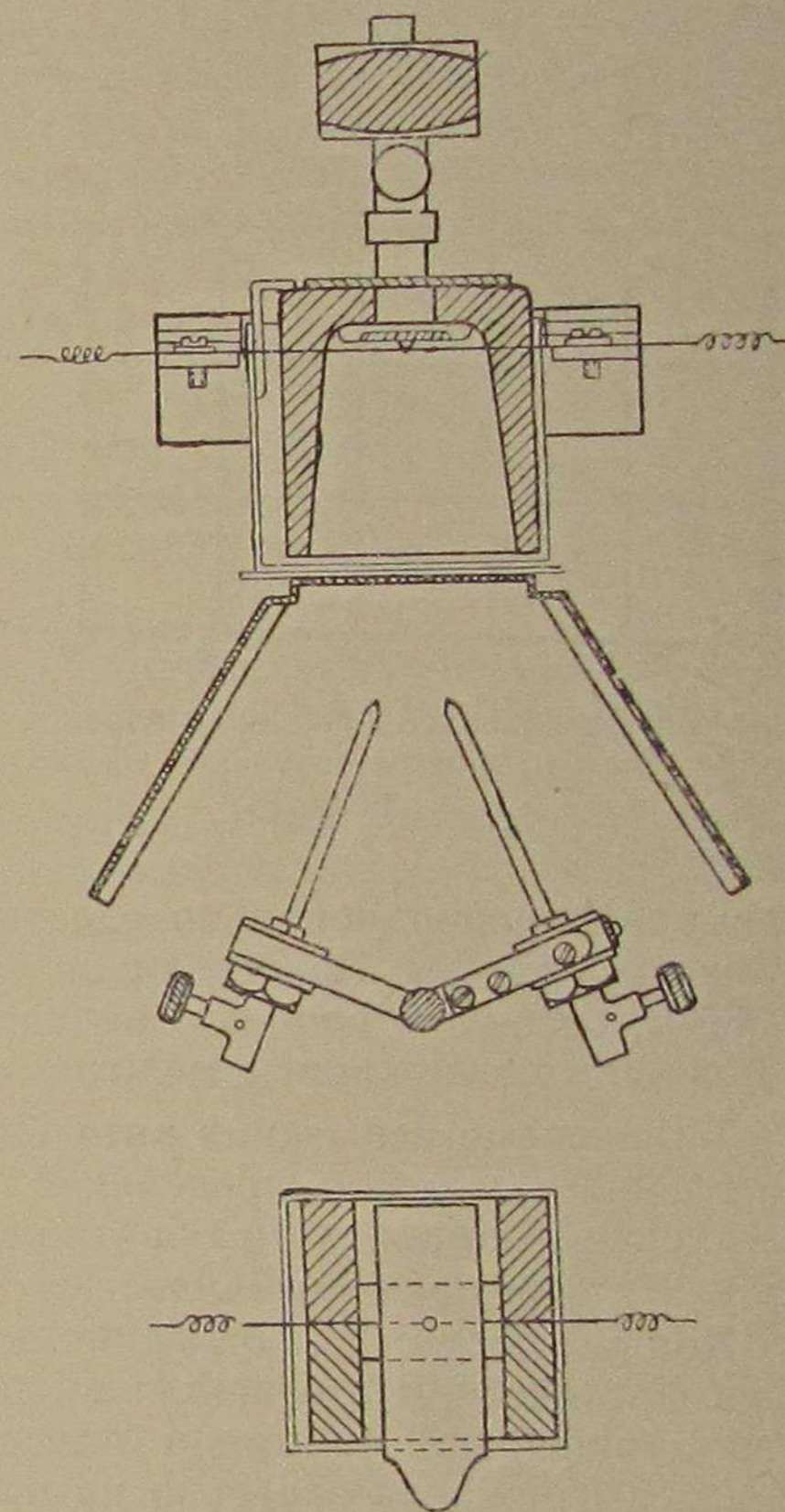


Рис. 34. Прибор для определения температуры плавления золы.

лением объема или веса провала, отложившегося на дожигательной решетке [25], не удалась, так как торфяная мелочь обгорала и превращалась в полукок. Поэтому процент провала мелочи был ориентировочно рассчитан по весу очаговых остатков на дожигательной решетке, определенному при балансовых испытаниях на различных смесях кускового торфа и фрезерного торфа

с заранее известным содержанием золы. Оказалось, что при содержании мелочи в торфе в пределах 5% вес провала составлял 8%, при содержании 30% вес провала составлял 19%, при содержании 50% он достигал 26%.

Из этих результатов, отраженных на графике (рис. 35), следует, что процент провала мелочи на дожигательную решетку повышается

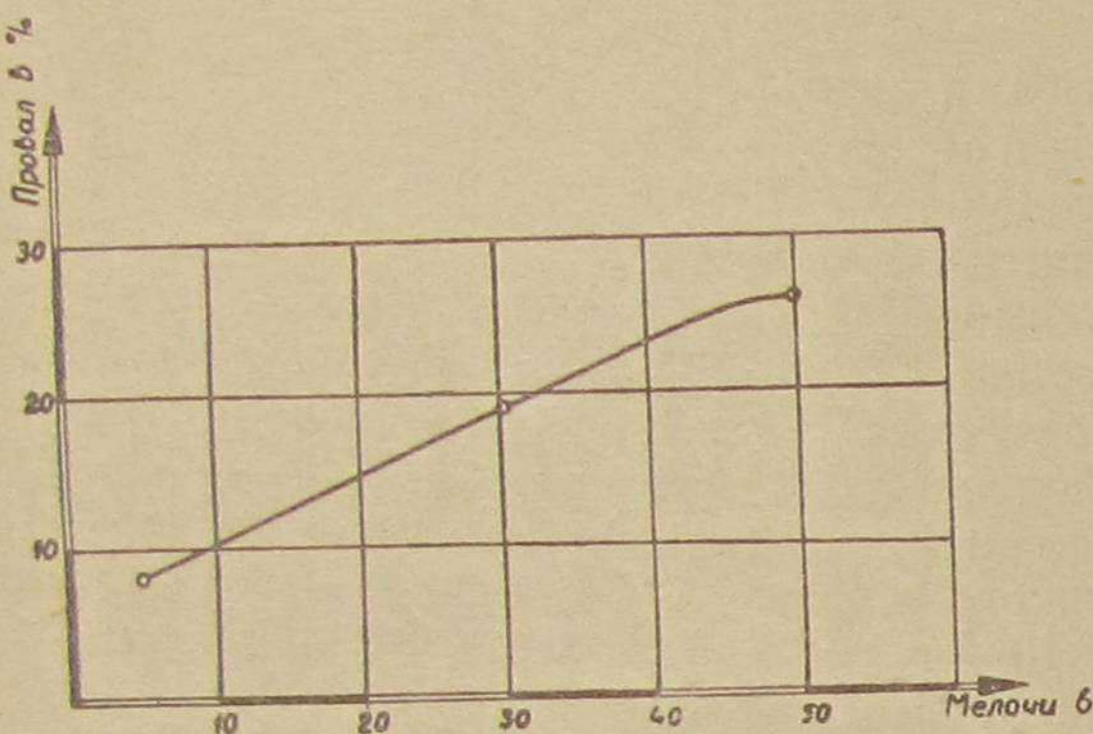


Рис. 35. Влияние содержания мелочи в кусковом торфе на провал мелочи на дожигательную решетку.

примерно пропорционально содержанию мелочи в используемом кусковом торфе. Зажимающая решетка с живым сечением $\approx 50\%$, очевидно, слишком редка для сжигания кускового торфа с большим содержанием мелочи.

Балансовые испытания котельной установки. Тепловой баланс котельной установки определялся по обычному методу [5]. К. п. д. установки выводился по обратному балансу и сопоставлялся с результатами прямого баланса.

Количество торфа, сожженного во время испытания, определялось фактическим взвешиванием нетто каждой поданной в топку тачки торфа; при сжигании смесей каждый компонент взвешивался, выгружался отдельно на пол котельной у места подачи, а загрузка в бункер производилась в соответствующей пропорции при заполнении лопатой ковша скипового подъемника.

В начале каждого балансового испытания отмечался уровень торфа в шахте, а в конце испытания шахта заполнялась до того же уровня.

Количество пара, выработанного котлом во время испытания, вычислялось по объему испаренной питательной воды, определявшемуся с помощью тщательно протарированного водомера, при этом продувка котла во время испытания не производилась. В конце опыта уровень воды в котле доводился до начального. Теплосодержание пара определялось по таблице. Удельный паро-

съем отнесен к поверхности нагрева котла, указанной в котловой книге.

При вычислении к. п. д. установки по косвенному балансу обычные для котельных установок малой мощности с выносной топкой теплотери в окружающую среду и разные неучтенные потери (q_5) приняты равными 5% (в том числе для топки — 3%, для котла — 2%).

Ввиду отсутствия данных о размере фактических теплотерь в окружающую среду поверхностью выносной топки нового типа, эти потери определены опытным путем. С этой целью в 50 равномерно расположенных точках наружной поверхности топки замерены температуры, а по ним рассчитаны теплотери по формуле Михеева [19]

$$\alpha = 8,4 - 0,06 (t_{nm} - t_{oc}),$$

где

t_{nm} — температура поверхности топки,

t_{oc} — температура окружающей среды,

α — коэффициент теплоотдачи от поверхности топки в окружающую среду.

Определенная в результате расчета теплотеря выносной топки в окружающую среду оказалась равной 16 000 ккал/ч, при средней нагрузке котлоагрегата. Однако следует учесть, что опыты производились в летнее время, когда температура котельной была высокой и не подвергалась значительным колебаниям. В зимнее время поверхность топки будет охлаждаться сильнее из-за более низкой температуры котельной и из-за холодных сквозняков при открывании ворот во время доставки торфа на тачках в котельную; поэтому в среднем теплотери примерно будут составлять до 20 000 ккал/ч.

При средней нагрузке установки в топке сжигается около 0,8 т/ч торфа с теплотворной способностью $Q_n^p = 2000 \div 2500$ ккал/кг, или от 1 600 000 до 2 000 000 ккал/ч; теплотери топки в окружающую среду, таким образом, составляют 1—1,3%. Отсюда ясно, что принятая величина теплотерь в окружающую среду всего котлоагрегата $q_5 = 5\%$, если включить сюда и прочие неучтенные потери, не только достаточна, но даже преувеличена.

Здесь не учитывалось, что q_5 изменяется обратно пропорционально нагрузке котла.

Балансовыми испытаниями установлена степень экономичности и интенсивности работы топки и всего котлоагрегата, определено влияние содержания влаги и мелочи в кусковом торфе на показатели работы котлоагрегата, выявлена возможность сжигания древесных отходов. Полученные результаты приведены в таблице 11.

Опыты, проведенные после реконструкции топки (см. рис. 30), установили целесообразность и эффективность произведенных изменений в первоначальной ее конструкции. Эти изменения

Результаты балансовых испытаний котлоагрегата с опытно-промышленной топкой скоростного горения до ее реконструкции

Таблица 11

Показатели	Обозначения	Размерность	Кусковой торф				Кусковой торф в смеси с одубины			
			I опыт	II опыт	III опыт	IV опыт	50% фрез-торфа	75% фрез-торфа	36% фрез-торфа	
Теплотворная способность	Q_n^p	Ккал/кг	3417	2824	2520	1870	2614	2082	2036	
Влажность	W^p	%	26,8	35,5	42,8	51,2	40,3	49,0	49,0	
Зольность	A^p	%	5,3	5,5	4,2	14,6	5,5	5,3	2,2	
Напряжение:										
1) зеркала горения*	$B \cdot \frac{Q_n^p}{R}$	Тыс. ккал/м ² ч	1090	941	826	750	986	818	830	
2) топочн. объема**	$B \cdot \frac{Q_n^p}{V}$	Тыс. ккал/м ³ ч	684	580	520	472	620	514	367	
Теплопотери с хим. недожогом	q_3	%	1,91	2,08	2,24	2,12	2,23	2,12	3,34	
Теплопотери с мех. недожогом	q_4	%	3,08	4,02	2,57	7,00	3,72	7,00	1,39	
К. п. д. топки	η_m	%	92,0	91,2	92,8	87,9	91,0	87,9	92,1	
Состав газов за котлом:										
CO ₂		%	11,17	10,47	9,23	10,58	9,54	10,58	8,08	
O ₂		%	10,20	10,03	11,51	9,98	10,84	9,98	12,58	
CO		%	0,36	0,35	0,32	0,35	0,35	0,35	0,40	
Коэффициент избытка воздуха за котлом	$\alpha_{ка}$	—	1,80	1,88	2,18	1,87	2,03	1,87	2,44	
Теплопотери с уход. газами	q_2	%	27,65	29,36	32,34	32,59	32,50	32,59	37,03	
К. п. д. котлоагрегата без экономайзера	$\eta_{ка}$	%	62,40	59,54	57,85	53,6	56,5	53,29	53,04	
Средний удельный паросъем	$\frac{D}{H}$	Кг/м ² ч	30,63***	26,5	23,3	19,0	24,0	24,2	22,4	
Разрежение за котлом	S	Мм вод. ст.	11,0	11,0	11,0	10,0	12,0	13,0	12,0	

* От колосниковой решетки до верхнего пережима шахты.

** Объем топочного пространства и горловины.

*** Максимальный паросъем без вентиляторного дутья; с вентиляторным дутьем — до 35.

обеспечили бесперебойный сход торфа по шахте; расширение пережима шахты позволило увеличить толщину слоя торфа на столько, сколько требуется для того, чтобы кислородная зона заканчивалась в слое, но при этом не затруднялась чистка топки. Приводимые ниже результаты исследований процессов подсушки и горения торфа в реконструированной топке также свидетельствуют о целесообразности применения измененной конструкции.

Результаты балансовых испытаний реконструированной установки при нормальной нагрузке указывают на повышение экономичности ее работы. Так, при сжигании кускового торфа с $W^p = 34\%$, $A^p = 6,3\%$, с содержанием мелочи 5% к. п. д. топки составил 93%, котлоагрегата — 65%; при сжигании кускового торфа с $W^p = 47\%$, $A^p = 5\%$, с содержанием мелочи 5% к. п. д. котлоагрегата равнялся 59%. Повышение к. п. д. установки примерно на 6% объясняется в основном снижением теплопотерь q_2 (с уходящими газами) ввиду улучшения коэффициента избытка воздуха (см. ниже, табл. 19); кроме того, q_3 (теплопотери с химическим недожогом) уменьшились до 1,1—1,7%, а q_4 (теплопотери с механическим недожогом) при старательном удалении шлака сократились до 1,5%.

Итак, при сжигании кускового торфа нормального качества может быть достигнут коэффициент полезного действия топки $\eta_m = 93\%$, коэффициент полезного действия котла $\eta_{ка} = 65\%$, максимальный паросъем $\frac{D}{H} = 31$ кг/м²ч (при естественной тяге); при непрерывном вентиляторном дутье максимальный удельный паросъем может быть повышен до 35 кг/м²ч. Столь высокий паросъем примерно в полтора раза превышает обычную норму для жаротрубных котлов, работающих на каменноугольном топливе.

Влияние влажности торфа и содержания мелочи в кусковом торфе на показатели работы установки. Влияние влажности торфа на к. п. д. котла и удельный паросъем отражено на графике

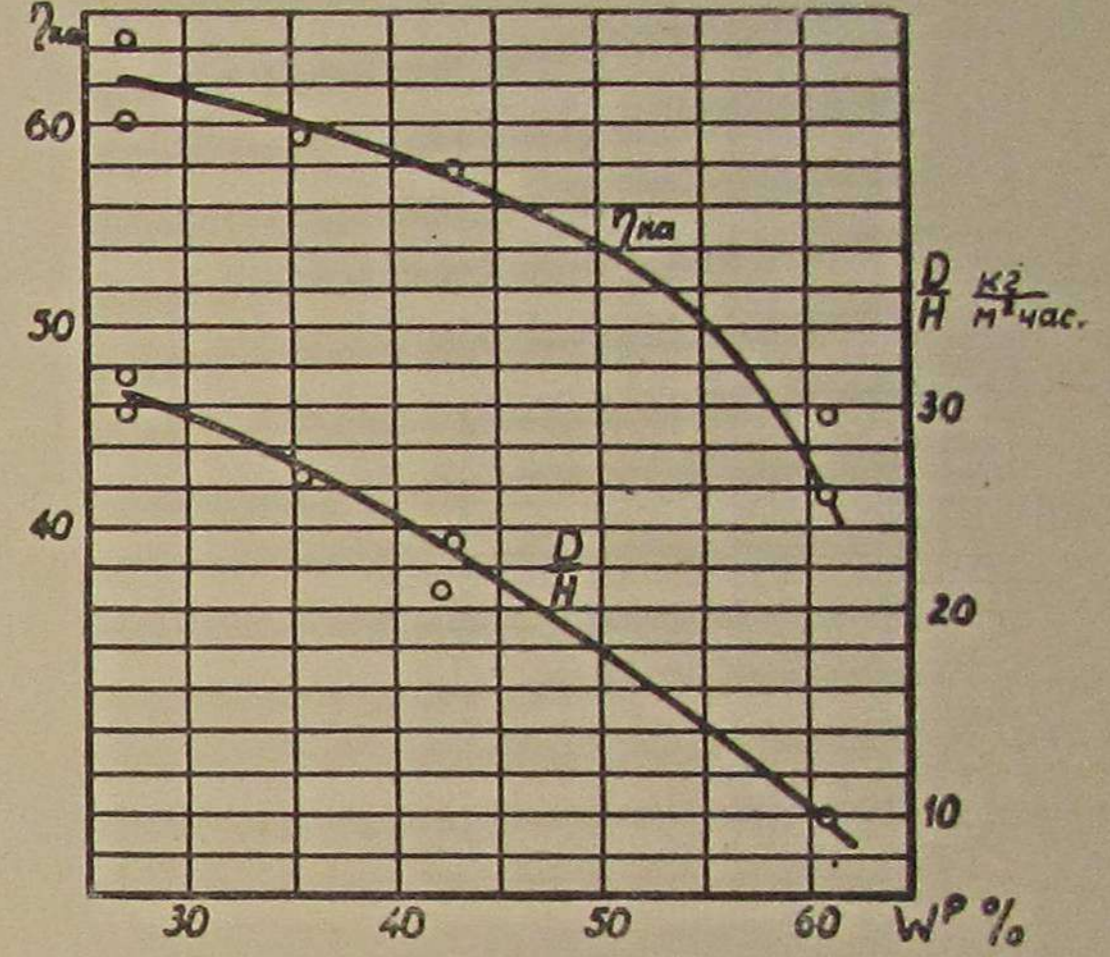


Рис. 36. Влияние влажности кускового торфа W^p к. п. д. котлоагрегата на $\eta_{ка}$ и $\frac{D}{H}$.

(рис. 36), из которого следует, что в топке может сжигаться кусковой торф с предельной средней влажностью 55%.

Опыт показал, что для бесперебойной работы установки на высоковлажном торфе особенно важно равномерное распределение влажности во всем расходуемом торфе. Это условие, однако, часто не соблюдается, поскольку разные части штабеля торфа высыхают и намокают неодинаково. Промокший нижний слой

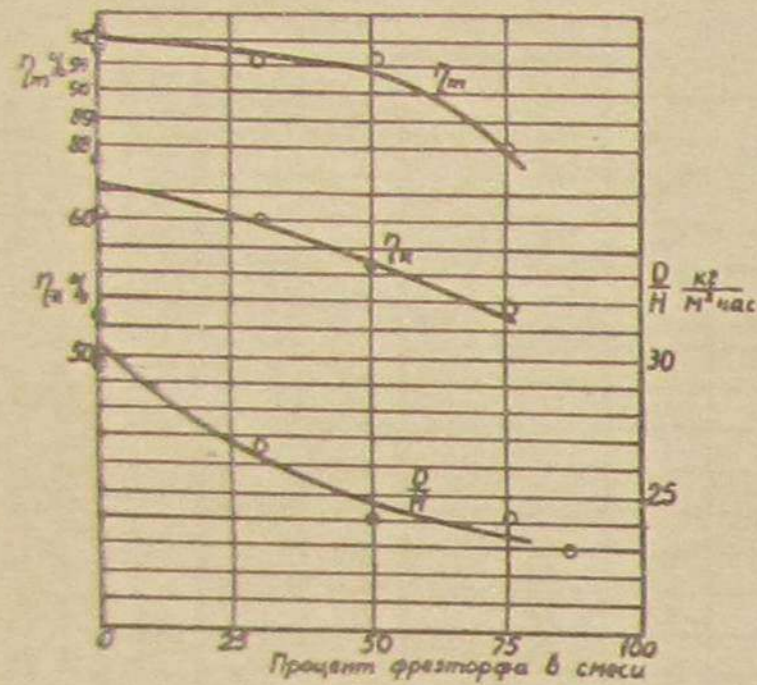


Рис. 37. Влияние присадки фрезерного торфа к кусковому торфу на показатели работы котлоагрегата.

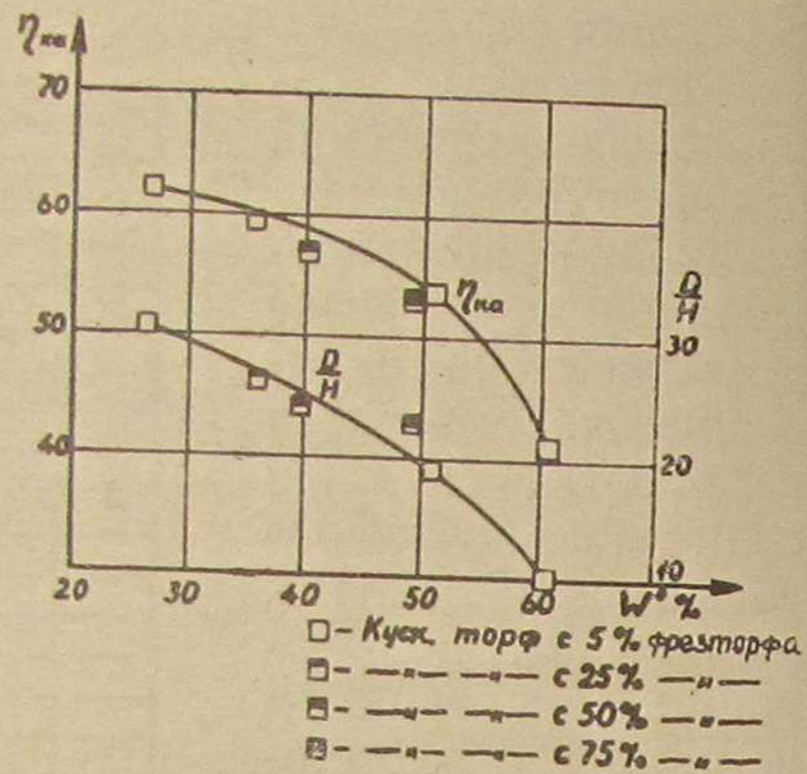


Рис. 38. Влияние влажности кускового торфа и смеси его с более влажным фрезерным торфом на показатели работы котлоагрегата.

штабеля, вопреки правилам технической эксплуатации торфяных болот, не оставляется на месте для просушки, а отгружается потребителям в смеси с товарным торфом; иногда к сдаваемому торфу торфозаводы прибавляют торф, не прошедший всех стадий полевой сушки.

Торфины с высокой влажностью требуют для сгорания гораздо больше времени, чем умеренно влажные, а тем более торфины с низкой влажностью. Поэтому несгоревшие торфины с высокой начальной влажностью накапливаются в зоне активного горения, а когда ими заполняется значительная часть этой зоны, топка глохнет, несмотря на то что средняя начальная влажность всего поданного в топку торфа ниже допустимого предела.

Для определения степени влияния присадки торфяной мелочи или фрезерного торфа к кусковому торфу на к. п. д. котла и удельный паросъем произведены балансовые испытания на смесях кускового торфа с фрезерным торфом, содержание влаги в котором составляет около 56%.

С увеличением присадки фрезерного торфа к. п. д. и паропроизводительность установки снижались (рис. 37). Однако это снижение происходило главным образом за счет более высокой влажности фрезерного торфа, соответственно повышающей влаж-

ность смеси с увеличением присадки фрезерного торфа. В этом можно убедиться, если на график, характеризующий влияние влажности торфа на показатели работы установки, нанести точки, соответствующие средней влажности смеси, содержащей 25, 50 и 75 % фрезерного торфа; как видно, точки эти почти укладываются на той же кривой (рис. 38).

Опыт показал, что при содержании фрезерного торфа в кусковом торфе в пределах 75% и выше резко увеличиваются теплопотери с механическим недожогом в уносе, потому что кускового торфа недостает для образования костяка, удерживающего мелкие частицы торфа в слое. Поэтому при данной конструкции зажимающей решетки, при шаге труб 180 мм, следует считать 75% предельно допустимым содержанием фрезерного торфа в смеси.

Успешное сжигание кускового торфа со значительной примесью фрезерного при умеренной его влажности объясняется большей удельной поверхностью фрезерного торфа, способствующей быстрому горению, а также предотвращением засоса холодного воздуха из бункера в топку через плотный слой кускового торфа с заполненными фрезерным торфом промежутками.

Значительный интерес представляет разработка конструкции топочного устройства, позволяющей добиться возможности сжигания чистого фрезерного торфа.

Сжигание смеси торфа с древесными опилками и сырой одубиной. Кроме опытов по сжиганию торфа различного качества, проведены балансовые испытания на смеси кускового торфа с сырой одубиной и с древесными опилками. Проведение этих испытаний было признано необходимым ввиду того, что предварительным опытом было установлено, что сырая одубина с влажностью $W^p = 70\%$ и древесные опилки с $W^p = 45-50\%$ в данной топке в чистом виде практически сжигаться не могут из-за чрезмерной влажности одубины и залегания в шахте опилок плотным, трудно продуваемым слоем; кроме того, опилки в большом количестве из слоя проваливаются через зажимающую решетку на дожигательную решетку.

Опыты производились на смеси одубины и опилок с кусковым торфом при постепенном увеличении присадки древесных отходов. Сжигание смеси, содержащей (по весу) 36% сырой неотжатой одубины с $W^p = 70\%$ и 64% кускового торфа с $W^p = 36\%$, дало положительный результат ($\eta_m = 92\%$, $\eta_{ка} = 53\%$, $\frac{D}{H} = 22$ кг/м²ч). При дальнейшем увеличении присадки одубины показатели работы установки резко снижаются.

Успешное сжигание одубины в смеси с торфом можно объяснить тем, что эта смесь залегает в топочной шахте рыхлым слоем, который легко пронизывается горячими топочными газами; при этом тонкая стружка древесной коры быстро высыхает, так как имеет большую удельную поверхность.

Использование сырой одубины в скоростной топке является важным достижением, так как такая одубина до сих пор считается неиспользуемым отходом, загромождающим дворы кожевенно-дубильноэкстрактных фабрик.

Сжигание смеси, содержащей (по весу) 34% древесных опилок с $W^p = 48\%$ и 66% кускового торфа с $W^p = 44\%$, показало, что использование такой смеси возможно только с низкой экономичностью и производительностью ($\eta_m = 91\%$, $\eta_{ка} = 46\%$, $\frac{D}{H} = 18 \text{ кг/м}^2\text{ч}$).

Сжигая смесь более сухих компонентов, можно, конечно, получить более высокие показатели работы и увеличить присадку опилок.

Газовое сопротивление слоя торфа. Во время балансowych испытаний попутно исследовалось влияние присадки мелочи к кусковому торфу на сопротивление слоя. При этом проведен хронометраж работы дутьевого вентилятора и установлен перепад давления до слоя и за ним (по направлению воздушного потока); вентилятор включался по мере надобности для поддержания нужного паросъема порядка $25 \text{ кг/м}^2\text{ч}$.

Результаты исследований отражены на графике (рис. 39), из которого видно, что при содержании мелочи до 30% общее сопротивление слоя увеличивается незначительно, а затем резко возрастает, так что при содержании мелочи 75% создается максимальное сопротивление, превышающее примерно в $2\frac{1}{2}$ раза сопротивление кускового торфа без мелочи, что вызывает необходимость в непрерывном вентиляторном дутье.

Наблюдения за горением кускового торфа, содержащего около 50% мелочи, показали, что слой сохраняет аэродинамическую устойчивость, так как вынесенные из слоя мелкие частицы заменяются новыми из фронтальных участков слоя.

Фактическое сопротивление горящего зажато го слоя значительно меньше, чем холодного, так как прежде всего выгорает мелочь и порозность слоя увеличивается.

Работа топочной шахты. Интенсивность подсушки торфа в топочной шахте до такой влажности, которая обеспечивает воспламенение его в зоне активного горения, является решающим условием успешного сжигания торфа повышенной, а тем более высокой влажности, так как недостаточная подсушка устанавливает предел форсировки топки и не дает возможности организовать скоростное горение. Поэтому работе топочной шахты уделяется особое внимание.

Исследование работы шахты заключалось в определении температурного поля слоя торфа в шахте и степени подсушки в ней торфа, или так называемого сброса влаги.

Температура слоя торфа замерялась посредством специальной термпары ХК в длинной стальной защитной трубе длиной 3,5 м; на трубе нанесены деления через каждые 0,25 м, начиная от ниж-

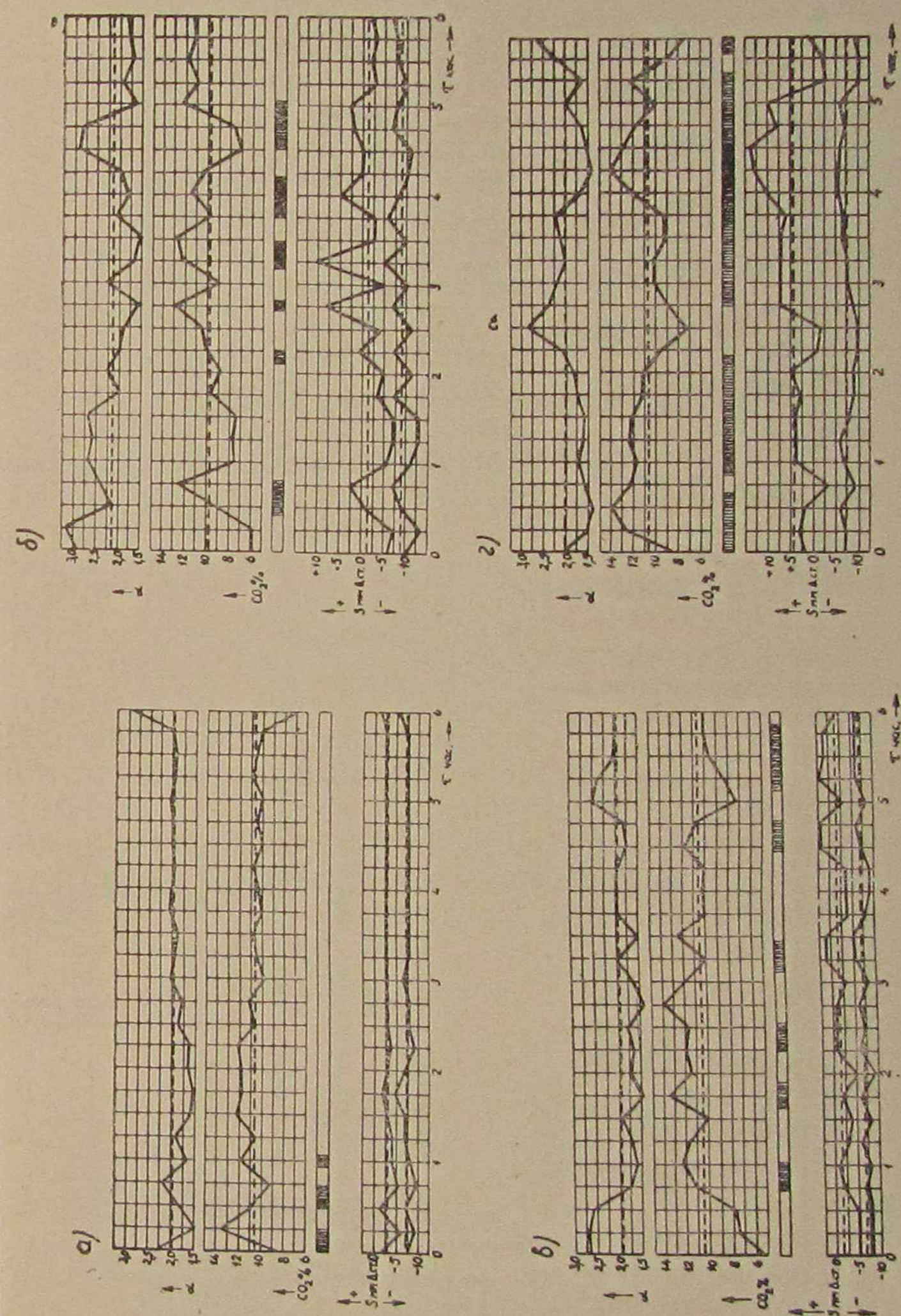


Рис. 39. Влияние присадки фрезерного торфа к кусковому торфу на сопротивление слоя.
Состав смеси: а) кусковой торф — 100%, фрезерный торф — 0%; б) кусковой торф — 50%, фрезерный торф — 50%; в) кусковой торф — 30%, фрезерный торф — 70%; г) кусковой торф — 25%, фрезерный торф — 75%; д) кусковой торф — 50%, фрезерный торф — 50%; е) кусковой торф — 50%, фрезерный торф — 75%; ж) работа без дутья.

него конца, в котором помещается спай термопары. Спай обнажен, выпущен из конца защитной трубы на 3—5 мм, изолирован от трубы фарфоровым вкладышем. Труба термопары снабжена муфтой с зажимом, посредством которой ее можно укрепить на любой высоте (рис. 40).

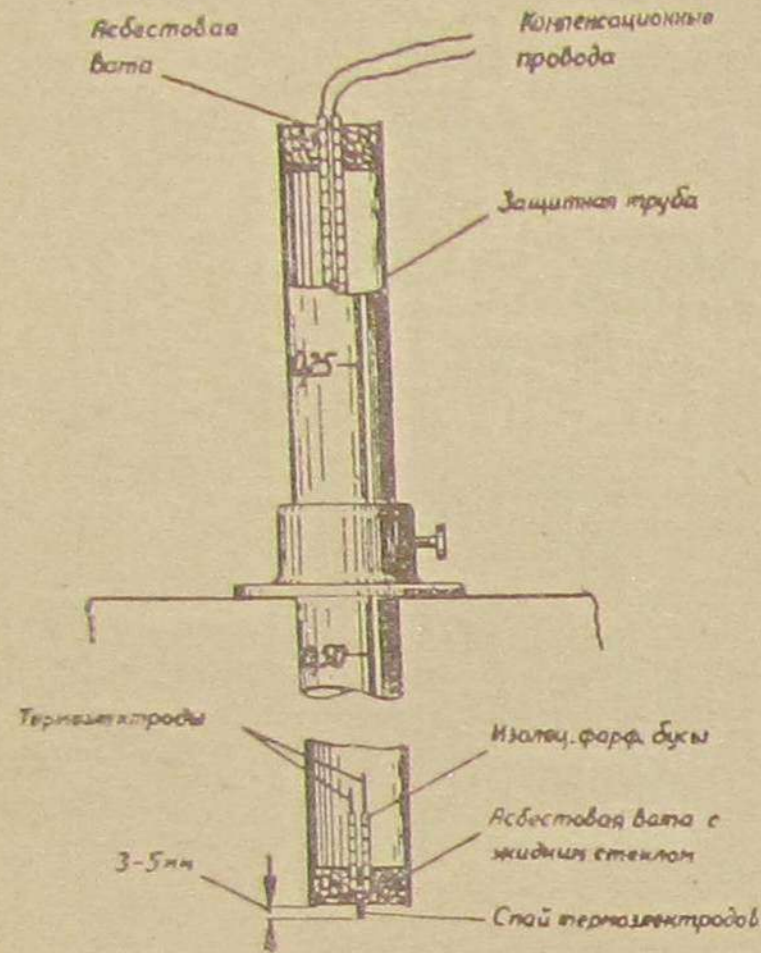


Рис. 40. Термопара для замера температуры слоя торфа в топочной шахте.

ются по гальванометру температуры слоя в разных зонах, высоту которых указывает шкала на защитной трубе термопары. Для длительного наблюдения за колебанием температуры в одной и той же зоне термопара зажимается в муфте, опирающейся на жестяную крышу бункера.

Опыт показал, что вблизи боковых стен шахты, где при загрузке торфа ковшем скипового подъемника ввиду сегрегации накапливаются крупные куски торфа без мелочи, температура слоя резко меняется в зависимости от его структуры и толщины. Поэтому температура в этих частях слоя не показательна. В средней части шахты, где помещается основное количество торфа сравнительно равномерной структуры, температура более постоянна и ха-

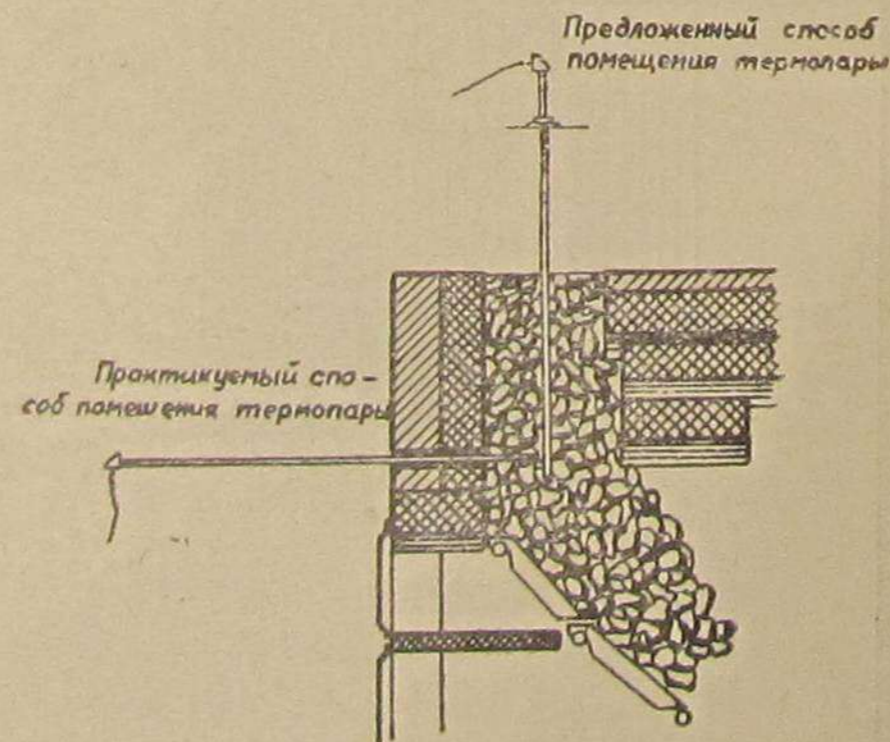


Рис. 41. Схема расположения термопары в топочной шахте.

Способ ввода термопары в шахту перпендикулярно движению слоя торфа в шахте оказался непригодным, потому что опускающийся по шахте торф своим весом изгибает трубу термопары и затрудняет выемку ее из слоя. В целях устранения этого был разработан оригинальный способ ввода термопары (рис. 41), который дал положительные результаты. Он заключается в том, что термопара в вертикальном положении вставляется в слой торфа через отверстие в крыше бункера над шахтой; конец термопары закладывается в слой на глубину около 0,25 м; затем термопара вместе со слоем торфа своим собственным весом опускается вниз и засыпается торфом, заполняющим бункер. По мере опускания термопары отмеча-

актерна. В связи с этим замеры температуры производились в середине шахты, в вертикальном столбе, через каждые 250 мм высоты от верхнего слоя до первого пережима шахты.

Для установления влияния качества торфа во время опытов шахта наполнялась кусковым торфом с различной начальной влажностью, при разном содержании мелочи.

Полученные при исследовании результаты приведены в таблицах 12 и 13.

Таблица 12

Влияние начальной влажности торфа на температуру слоя торфа в шахте

Начальная влажность W^p , %	Средняя температура, °С				
	в пережиме	над пережимом на высоте			
		250 мм	500 мм	750 мм	1000 мм
57	500	300	100	60	—
52	Огонь	400	250	50	—
46	Огонь	600	300	120	40

Данные таблицы 12 показывают, что температура слоя торфа в шахте тем выше, чем ниже начальная влажность торфа. При повышенной начальной влажности температура выше 200°С, нужная для быстрой сушки, достигается лишь на высоте 500 мм над

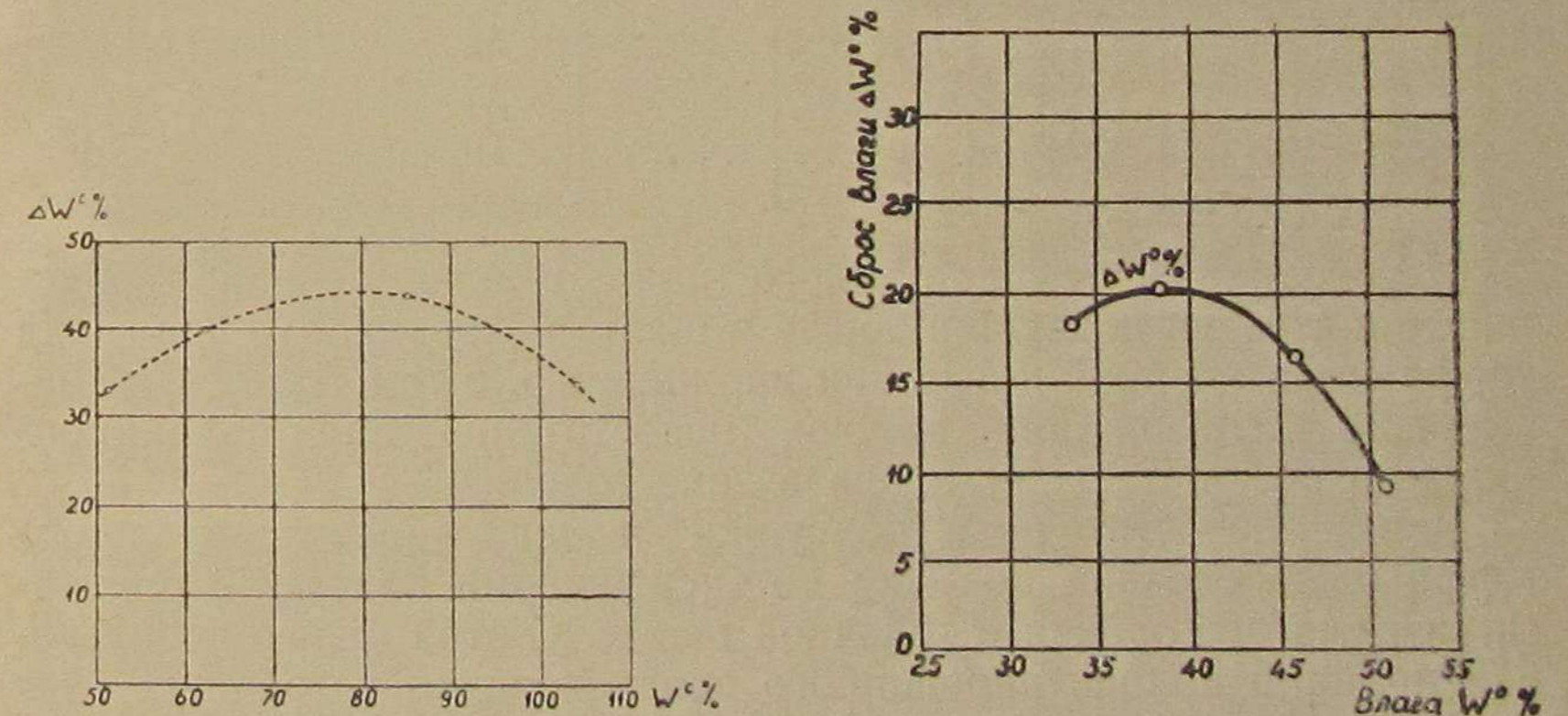


Рис. 42. Зависимость сброса влаги торфа в шахте от начальной влажности загруженного торфа: слева — от абсолютной (W^c), справа — от относительной (W^o).

пережимом, а при высокой влажности — лишь в нижней зоне пережима.

Опыты показали, что сброс влаги торфа в шахте подвергается значительным колебаниям в зависимости от начальной влажно-

сти торфа, величины и формы его кусков, состояния поверхности, степени разложения, ботанического состава загруженного в шахту торфа. Например, при загрузке кускового торфа, состоявшего из мелких плоских торфин и содержавшего 15% мелочи, со средней влажностью 35%, сброс влаги ΔW^p составил 29%. При опыте с таким же торфом, но состоявшим из крупных торфин, сброс влаги составил только 12%. При загрузке рядового кускового торфа с начальной влажностью 39% средняя проба показала сброс влаги 20%, а влажность крупных кусков, вынутых из пережима шахты, снизилась лишь на 8%.

Для получения правильных средних результатов пробы торфа ежечасно вынимались из пережима с разных мест в количестве, достаточном для получения представительной пробы, соответствующей по величине кусков и наружному виду загруженному в шахту торфу.

Влияние начальной влажности торфа на сброс влаги торфа в шахте видно из данных таблицы 13 и графика (рис. 42).

Таблица 13

Зависимость сброса влаги торфа в шахте от начальной влажности торфа

Число циклов-испытаний	Средняя влажность				Сброс влаги, %	
	начальная, %		конечная, %		ΔW^o	ΔW^c
	W^o	W^c	W^o	W^c		
4	33,7	51	15,2	18	18,5	33
4	38,4	62	17,9	22	20,5	40
7	45,8	85	29,2	41	16,6	44
7	50,9	104	41,2	70	9,7	34

Исследования температурного поля в заполненной торфом шахте и степени подсушки торфа в шахте показали, что подсушка торфа с повышенной и высокой влажностью, а тем более при значительном содержании мелочи, недостаточна для подлинного нижнего воспламенения торфа в зоне горения.

Ввиду недостаточной подсушки в шахте высоковлажного торфа была сделана попытка интенсификации подсушки организацией очагов горения в топочной шахте. С этой целью использован принцип концентрированного ввода воздуха в горящий очаг торфа, для чего во фронтную стену обмуровки опытно-промышленной топки в средней зоне шахты вмурованы 4 стальные трубки Φ 50 мм, закрывающиеся снаружи крышками при выключении очагов. (Такие трубки применялись во время войны с белофиннами в 1939—1940 гг. в переносных печах для сжигания дров свежей рубки; для розжига очагов в трубки закладывались горящие угольки, которые зажигали торф, прилегающий к концам трубок.) Опыт показал, что степень влияния очагов на подсушку торфа в шахте зависит от ряда условий — содержания

влаги и мелочи в торфе, находящемся в шахте, величины его кусков, разрежения в шахте и чистоты воздухоподводящих трубок.

Ввиду быстрого зашлаковывания выходных отверстий трубок от них пришлось отказаться, и при строительстве второй топки трубки были заменены каналами с регулируемым притоком воздуха и с нишей у выхода каналов в шахту. Влияние очагов горения на подсушку торфа в топочной шахте определялось по сбросу влаги торфа при работе с очагами и без них. Исследование производилось по методу, описанному выше. Для опытов применялся торф различной крупности и влажности, но с практически одинаковой степенью разложения — от 20 до 25%. Результаты испытаний приведены в таблице 14.

На основании результатов, полученных при проведении исследования, можно высказать следующие соображения.

При употреблении крупного кускового торфа с малым содержанием мелочи и с умеренной влажностью, когда топка работает с очагами горения при открытых лючках и хорошо очищенных каналах, сброс влаги торфа в шахте составляет: $\Delta W^o = 7 \div 10\%$; $\Delta W^c = 15 \div 22\%$, тогда как без очагов горения в аналогичных условиях сброс влаги составляет: $\Delta W^o = 18 \div 20\%$; $\Delta W^c = 33 \div 40\%$. Отрицательное влияние очагов горения можно объяснить тем, что ввод воздуха в шахту через открытые лючки в каналах ослабляет поток топочных газов навстречу опускающемуся по шахте торфу; притом очаги, создаваемые в отдельных трех местах слоя торфа, интенсифицируют среднюю подсушку торфа меньше, чем мощный сплошной поток топочных газов через весь слой торфа в нижней части шахты.

При применении кускового торфа нормальной крупности с обычным содержанием мелочи и с умеренной влажностью, когда топка работает с очагами горения при засоренных воздухоподводящих каналах, получается почти такой же сброс влаги, как и при работе без очагов.

Воздухоподводящие каналы при работе топки в течение нескольких дней засоряются золой, затем у места выхода воздуха образуются наросты шлака, для снятия которых нужно останавливать топку; при очистке вместе со шлаком отбивается частично и шамотная кладка обмуровки шахты.

Средний очаг — против плотного слоя, содержащего много мелочи, горит слабо, а следовательно, мало интенсифицирует подсушку в самой нужной части слоя; крайние же очаги, против которых расположены крупные куски торфа (сегрегация при загрузке шахты), вводят в топку слишком много не используемого очагами воздуха, который повышает коэффициент избытка воздуха в топке и теплотери с уходящими газами (q_2).

При использовании сухого торфа очаги могут зажечь весь торф в шахте и в бункере. Такой случай уже имел место при начальной влажности загруженного в шахту торфа, равной приблизительно 30%.

Влияние очагов горения в шахте на сброс влаги торфа

Качество торфа		Конечная влажность, %		Сброс влаги, %		Среднее значение содержания O_2 в уходящем воздухе	Состояние каналов, подводящих воздух в очаги
крупность	содержание мелочи, %	без очагов	с очагами	без очагов	с очагами		
Очень крупный	5	$W^o = 36,8$	$W^o = 27,0$	Нет данных	Нет данных	1,1	Каналы прочищены непосредственно перед опытом, лючки полуоткрыты
		$W^c = 58,0$	$W^c = 30,0$				
Крупный	5	$W^o = 36,4$	$W^o = 26,0$	Нет данных	Нет данных	2,3	Каналы прочищены, лючки совершенно открыты, нагрузка топки большая
		$W^c = 57,0$	$W^c = 29,2$				
Нормальный	25	$W^o = 38,0$	$W^o = 29,6$	$W^o = 30,0$	$W^o = 8,0$	1,7	После 3 дней работы без чистки каналов, лючки открыты
		$W^c = 61,0$	$W^c = 42,0$	$W^c = 43,0$	$W^c = 18,0$		
Мелкий	25	$W^o = 49,0$	$W^o = 29,6$	$W^o = 38,0$	$W^o = 11,0$	Нет данных	Каналы прочищены, лючки полуоткрыты, нагрузка малая
		$W^c = 85,0$	$W^c = 42,0$	$W^c = 61,0$	$W^c = 35,0$		
Крупный	—	$W^o = 33,7$	Нет данных	$W^o = 15,2$	$W^o = 18,5$	Нет данных	То же
		$W^c = 51,0$		$W^c = 18,0$	$W^c = 33,0$		
		$W^c = 62,0$		$W^c = 22,0$	$W^c = 40,0$		

Газовым анализом установлено, что при наличии очагов горения содержание O_2 в уходящих газах увеличивается на 1—2%, а это повышает теплопотери с уходящими газами и снижает к. п. д. котлоагрегата.

Очаги горения в шахте повышают сброс влаги высоковлажного, мелкого торфа, практика же показала, что кочегары пользуются ими, не считаясь с качеством торфа, часто во вред процессу сжигания.

Из сказанного следует, что от устройства каналов, подводящих в шахту воздух для организации очагов горения, нужно отказаться. Это, в свою очередь, позволит упростить шахту, придать ей форму, более выгодную для схода торфа в огневую зону топки. Следует учесть, что работу шахты можно интенсифицировать увеличением доли газов, направляемых в слой торфа, что достигается снижением завесы части зажимающей решетки и снижением тормозной балки до пережима шахты.

Приведенные результаты исследования степени подсушки торфа в шахте относятся к смеси кусков различной величины с мелочью.

Наряду с этим, произведено исследование степени подсушки в шахте отдельных кусков торфа в зависимости от их величины, формы, первоначальной влажности и степени разложения. Опыты производились по специально разработанной методике.

От торфины, выбранной для исследования, отрезались куски определенных размеров, снабжались жестяными ярлыками с порядковыми номерами и помещались в корзинку из проволочной сетки, а в оставшейся части торфины определялась начальная ее влажность. Корзинка подвешивалась к цепи и зарывалась в верхний слой загруженного в шахту торфа, а цепь протягивалась наружу через отверстие в крыше бункера шахты. Чтобы знать, какую зону шахты проходит корзинка, и для определения момента достижения ею верхнего пережима цепь была проградуирована прикрепленными к ней кольцами через каждые 0,5 м.

Корзинку увлекал за собой опускающийся вниз слой торфа, а когда она достигала намеченной зоны, то вынималась из слоя через бункер шахты и немедленно помещалась в плотно закрываемый жестяной бак для прекращения горения и охлаждения образцов. После этого каждый образец или образцы одинакового размера и качества размельчались и испытывались на влажность. Если некоторые образцы загорались, то в баке они быстро потухали. Конденсат пара на стенках бака учитывался при определении процента подсушки торфа.

Попытки вынимать корзинку из пережима через фронтальные дверцы топки оказались безуспешными, так как на розыски и выемку корзинки требуется 1—2 минуты, а за это время образцы быстро теряют влагу, что ведет к искажению фактического результата подсушки образцов в шахте.

Полученные результаты исследования приведены в таблице 15 и на графике (рис. 43).

Таблица 15

Влияние начальной влажности отдельных кусков торфа на сброс ими влаги в шахте

Размер кусков, мм	Влажность торфа				Сброс влаги	
	начальная, %		конечная, %			
	W^o	W^c	W^o	W^c	ΔW^o	ΔW^c
100×100×340	30,7	44	27,0	37	3,7	7
100×100×340	34,5	53	29,8	42	4,7	11
100×100×340	44,0	79	37,5	60	6,5	19
100×100×340	52,9	112	44,7	81	8,2	31
100×100×340	60,0	150	50,0	100	10,0	50
100×100×340	68,1	213	56,3	129	11,8	84
25×100×100	42,8	75	16,8	20	26,0	55
25×100×100	53,9	117	19,9	25	34,0	92

Примечание. Во всех случаях шахта была заполнена торфом одинакового качества и установка работала с практически одинаковой нагрузкой.

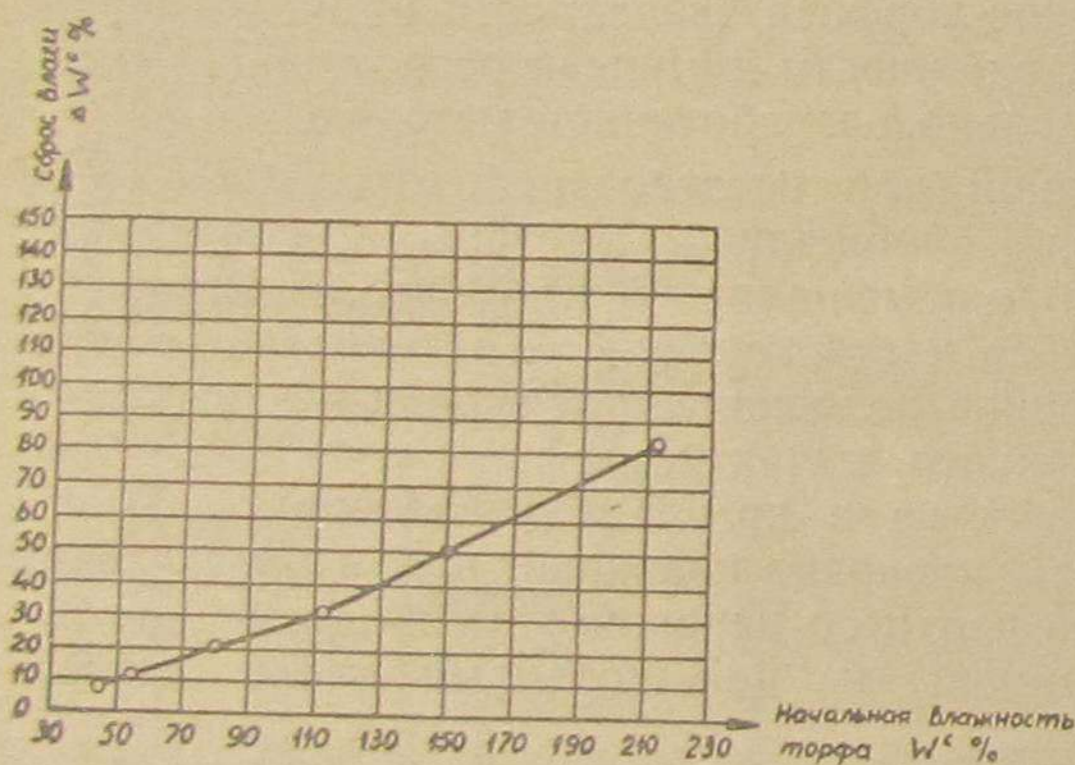


Рис. 43. Влияние начальной влажности отдельных кусков торфа на сброс ими влаги в топочной шахте.

Из данных таблицы 15 видно, что при прочих одинаковых условиях куски торфа теряют влагу в шахте тем больше, чем выше их начальная влажность и чем они меньше и тоньше.

Опыт показал, что куски торфа с низкой степенью разложения при одном и том же режиме сушки теряют в шахте влаги больше, чем такие же куски с более высокой степенью

разложения. Это можно объяснить пористостью торфа низкой степени разложения и большей его действительной поверхностью, чем определяемая по наружному обмеру куска.

Опыты выемки образцов торфа из шахты, загруженной торфом с $W^p=50\%$, в момент достижения ими зоны 500 мм над пережимом показали, что подсушка в этом случае незначительна, так как образцы проходили через низкотемпературные зоны (ниже 200°C). Так, например, куски размером $100\times 100\times 100$ мм, вынутые из зоны 500 мм над пережимом, при начальной влажности $W^p=31\%$

сбросили $1,2\%$, при $W^p=37\%$ сбросили $1,6\%$, при $W^p=39\%$ — уже $3,1\%$. Исследование подсушки отдельных кусков торфа показало, что крупные куски торфа с начальной влажностью порядка 50% и выше в шахте, наполненной торфом той же влажности, подсыхают недостаточно.

Таблица 16

Влияние содержания мелочи в кусковом торфе на сброс влаги торфа в шахте

Содержание мелочи, %	Влажность торфа				Сброс влаги, %	
	начальная, %		конечная, %			
	W^o	W^c	W^o	W^c	ΔW^o	ΔW^c
10	49,4	98	44,9	69	8,5	29
25	53,5	115	45,5	84	8,0	31
30	50,0	100	45,5	84	4,5	16
60—70	49,0	96	49,0	96	0,0	0

Из результатов исследования подсушки в шахте высоковлажного торфа вытекает необходимость изыскания эффективных мероприятий по интенсификации подсушки; одним из таких мероприятий является направление горячих топочных газов в слой торфа, опускающегося по шахте, что достигается закрытием зажимающей решетки против пережима шахты (см. рис. 30 на стр. 61).

Опыты показали, что влияние присадки к кусковому торфу мелочи или фрезерного торфа на сброс влаги в шахте зависит от влажности компонентов. Особенно резко ухудшает работу шахты присадка влажной мелочи к влажному кусковому торфу; так, смесь, состоявшая на 85% из кускового торфа с $W^p=49\%$ и на 15% из фрезерного торфа с $W^p=56\%$, дала сброс влаги $\Delta W=3\%$, а кусковой торф с $W^p=44\%$ без присадки фрезерного торфа дал при тех же прочих условиях сброс влаги $\Delta W=26\%$.

Из данных таблицы 16 и графика (рис. 44) следует, что сброс влаги торфа тем меньше, чем больше мелочи содержится в кусковом торфе. Увеличение содержания мелочи до 25% на сбросе влаги сказывается незначительно, но при дальнейшем его увеличении сброс влаги резко снижается, и при содержании мелочи

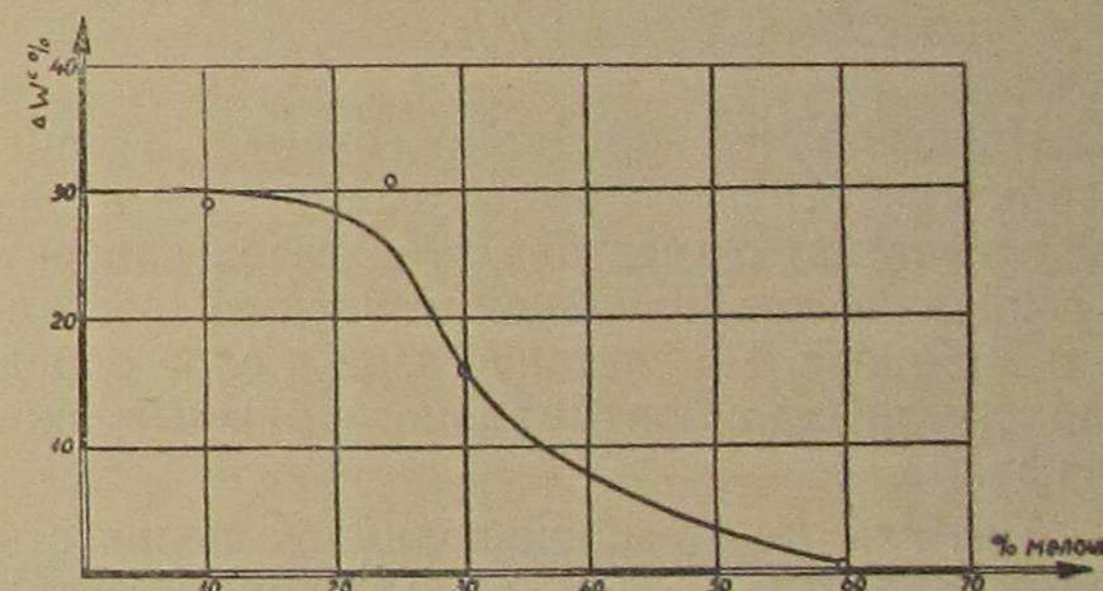


Рис. 44. Влияние содержания мелочи в кусковом торфе на сброс влаги торфа в шахте.

60—70% подсушка совершенно исключается, так как горячие газы не проходят через плотный слой мелочи.

Наряду с этим установлено, что небольшая присадка фрезерного торфа умеренной влажности к сухому кусковому торфу не уменьшает, а даже может увеличить сброс влаги, так как сухой кусковой торф способствует горению смеси, фрезерный же торф, имеющий большую удельную поверхность, быстрее подсыхает и хорошо реагирует с кислородом воздуха.

Повышение нагрузки котлоагрегата при практически одинаковых прочих условиях снижает сброс влаги торфа в шахте, так как увеличение расхода торфа ускоряет проход торфа через зоны сушки, т. е. сокращает время сушки. Об этом свидетельствует следующий пример:

- 1) при паросъеме $D = 1,62$ т/ч ($W^p = 43,7\%$) сброс $\Delta W^o = 25\%$, $\Delta W^c = 51\%$,
при паросъеме $D = 2,73$ т/ч ($W^p = 42,3\%$) сброс $\Delta W^o = 10\%$, $\Delta W^c = 25\%$;
- 2) при паросъеме $D = 1,56$ т/ч ($W^p = 52,1\%$) сброс $\Delta W^o = 18\%$, $\Delta W^c = 58\%$,
при паросъеме $D = 2,13$ т/ч ($W^p = 51,2\%$) сброс $\Delta W^o = 7\%$, $\Delta W^c = 27\%$.

Исследование процесса горения. Процесс горения в топке характеризуется составом газов в слое и на выходе из зажимающей решетки; от состава этих газов зависит также состав газов в горловине, соединяющей выносную топку с котлом, и за котлом, т. е. в борове. По составу газов в слое определяется необходимая для организации оптимального режима сжигания толщина слоя торфа.

Анализы газов производились посредством ручного химического газоанализатора¹. Содержание CO_2 , O_2 и CO определялось на месте для установления отчетливой связи состава газов со всеми колебаниями, происходившими в работе топки за время испытания; содержание CO_2 определялось поглощением концентрированным раствором KOH , O_2 — при помощи фосфора, CO — поглощением реактивом β -нафтола.

Как известно, существующим способам прямого определения CO поглощением присущи существенные недостатки, поэтому произведен ряд параллельных определений CO различными способами для сопоставления результатов (табл. 17).

Хотя результаты определения CO различными способами сравнительно мало различаются между собой, нами отдано предпочтение поглощению реактивом β -нафтола, как наиболее удобному в работе и достаточно надежному способу.

¹ Анализы газа производил Р. Я. Вилнис.

Аммиачный раствор хлористой меди при хранении быстро теряет способность поглощать CO , поэтому он должен применяться вскоре после приготовления. Реактив β -нафтола дает надежные результаты, близкие к тем, которые получились при дожигании. Однако он также имеет существенные недостатки:

Таблица 17

Результаты определения CO различными способами

№№ проб	Поглощение CO , %		Дожигание CO , %
	реактивом β -нафтола	аммиачн. раствором хлористой меди	
1	5,10	5,00	5,00
2	2,64	2,64	2,62
3	1,55	1,53	1,42
4	1,15	1,08	1,10
5	0,90	0,76	0,85
6	0,58	0,48	0,43
7	0,35	0,37	0,36

раствор затвердевает и приходит в негодность при охлаждении до температуры ниже $+15^\circ C$; после приготовления раствор должен выдерживаться в течение 1—2 дней, так как свежеприготовленный реактив дает завышенный результат; время поглощения вначале составляет 5 минут, но затем убывает, так что после 50 анализов проб газов, содержавших около 1% CO , реактив приходит в негодность и требуется замена его свежим реактивом.

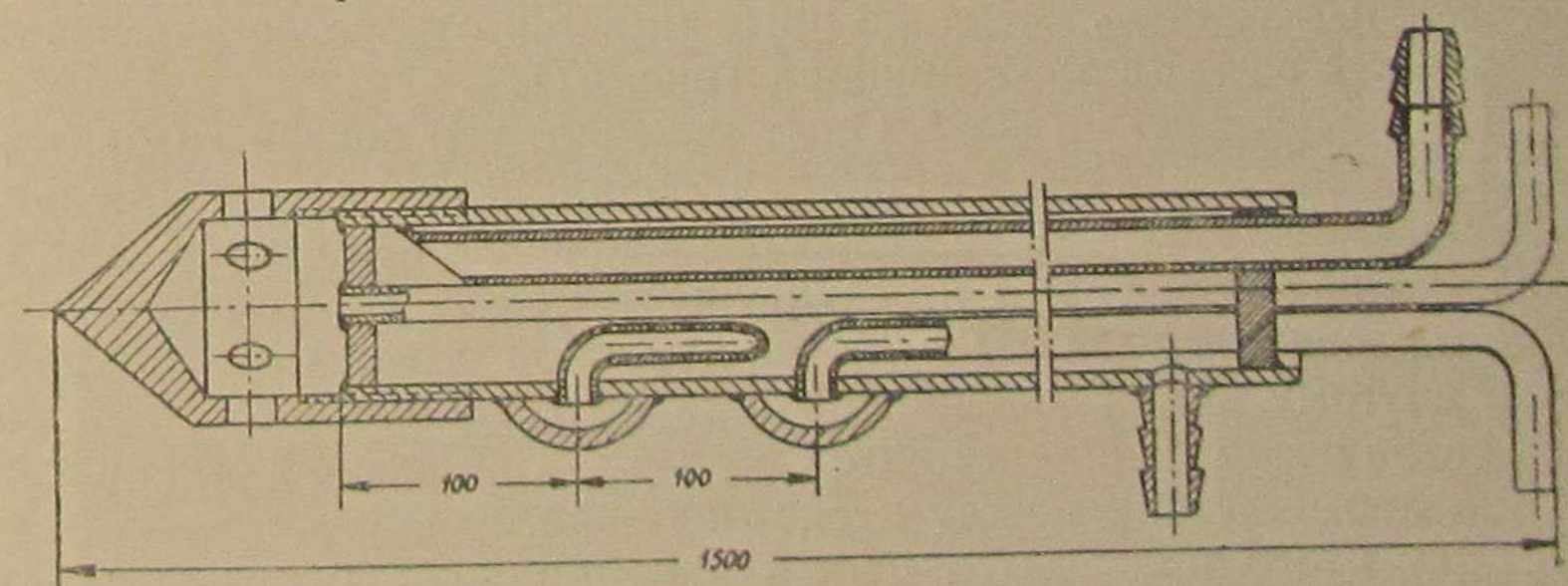


Рис. 45. Прибор для забора проб газов из горящего слоя торфа.

Реактив β -нафтола готовится следующим способом: 20 г закиси меди хорошо измельчается, смешивается с 25 г порошка β -нафтола; к смеси при подогревании и тщательном растирании приливается 200 см³ серной кислоты с удельным весом 1,84.

Для забора проб газов из горящего слоя торфа сконструирован прибор с охлаждением проточной водой (рис. 45). Прибор имеет три газозаборные медные трубки с входными отвер-

Влияние начальной влажности кускового торфа на состав газов горящего слоя торфа

Начальная влажн. торфа W^p , %	Состав газов (в %) в точках забора проб на расстоянии от зажимающей решетки									Температура слоя в 100 мм от зажим. решетки, °C	
	100 мм				200 мм			300 мм			
	CO ₂	O ₂	CO	$\alpha_{сл}$	CO ₂	O ₂	CO	CO ₂	O ₂		CO
31,4	17,8	0,1	6,0	1,17	17,3	1,8	3,1	16,1	3,1	2,6	1100
38,2	16,2	0,2	8,4	1,26				18,4	5,2	2,1	1050
38,5	15,6	4,1	1,4	1,30							
39,7					14	0,4	10,8				
46,0	15,4	4,6	1,2	1,32	15,1	5,0	0,2				950
49,3	14,7	2,5	2,0	1,20	14,5	5,4	1,4				900
53,2	9,2	10,8	0,5	2,11	10,5						

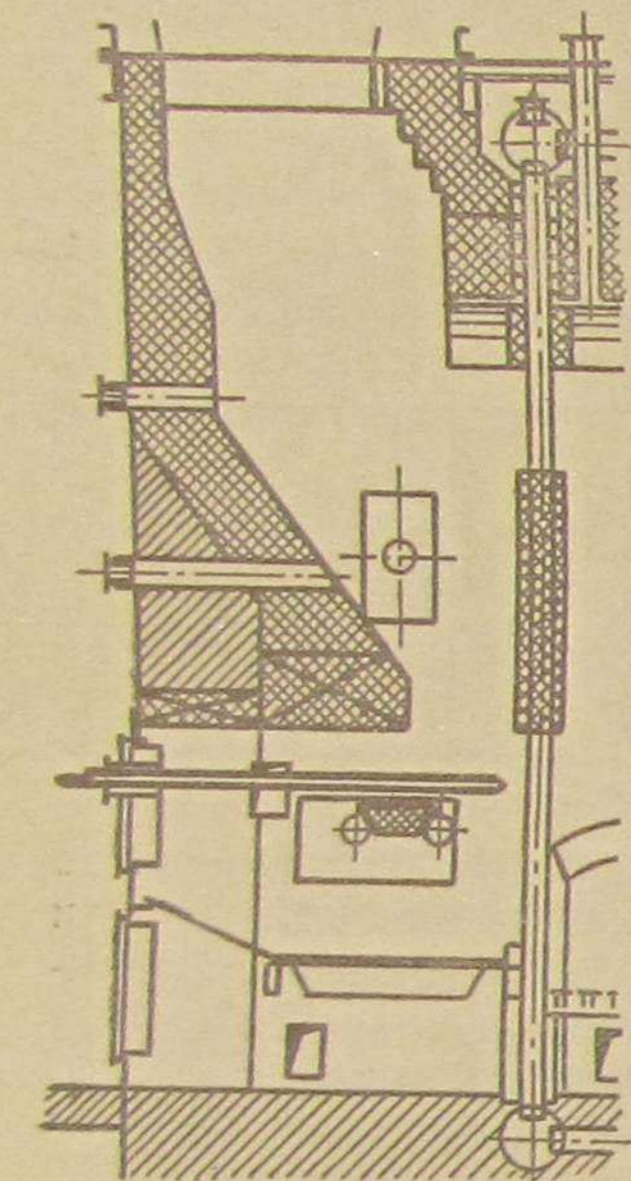


Рис. 46. Расположение в горящем слое торфа газозаборного прибора и трубы с шамотным образцом.

Для анализа газов пробы забирались в основном из зоны, отстоящей от зажимающей решетки на расстояние 100 мм, так как при прохождении воздуха сквозь слой горящего торфа в эту зону он попадает в последнюю очередь и состав образующихся здесь газов определяет степень использования кислорода слоем, или так называемую кислородную зону. Изредка анализировались также пробы газов из зон, более удаленных от зажимающей решетки. Газозаборный прибор вводился в слой между верхним пережимом шахты и шамотными колосниками топки; место ввода прибора в слой горящего торфа показано на рис. 46.

Во время забора проб фронтные дверцы топки открывались и заменялись щитами, изготовленными из двух листов жести с асбестовой прокладкой; в середине щита имеется отверстие для ввода прибора (рис. 47).

Опыт показал, что состав газов, забираемых в одних и тех же точках слоя, изменяется скачкообразно из-за непо-

стоянства качества торфа и структуры его слоя. Торфины в сравнении с пережимом шахты и с толщиной слоя имеют большие размеры, поэтому при изменении положения торфин в месте забора проб газов резко меняется приток воздуха, а вместе с тем и состав газов в промежутках между кусками торфа.

Ввиду этого произведен целый ряд анализов, результаты их сгруппированы по степени влажности поданного в шахту торфа и по роду подачи воздуха в топку, а затем выведены средние арифметические значения CO₂, O₂ и CO для каждой группы результатов. На основании полученных средних результатов определено влияние влажности торфа и подачи воздуха в топку на состав газов в горящем слое (рис. 48 и табл. 18).

Из данных таблицы 18 видно, что содержание CO₂ при нормальной начальной влажности торфа (31,4%) в зоне слоя, отстоящей от зажимающей решетки на 100 мм, высокое — 17,8%, но с повышением начальной влажности торфа оно постепенно

снижается, так что при браковочной влажности W^p выше 50% газы содержат лишь 9% CO₂; соответственно снижается и температура слоя (рис. 49).

Кислород O₂ при нормальной влажности торфа (31,4—38,2%) в слое на расстоянии 100 мм от зажимающей решетки практически отсутствует, т. е. кислородная зона заканчивается в слое; при повышении начальной влажности торфа содержание O₂ увеличивается, достигая при браковочной влажности 10%.

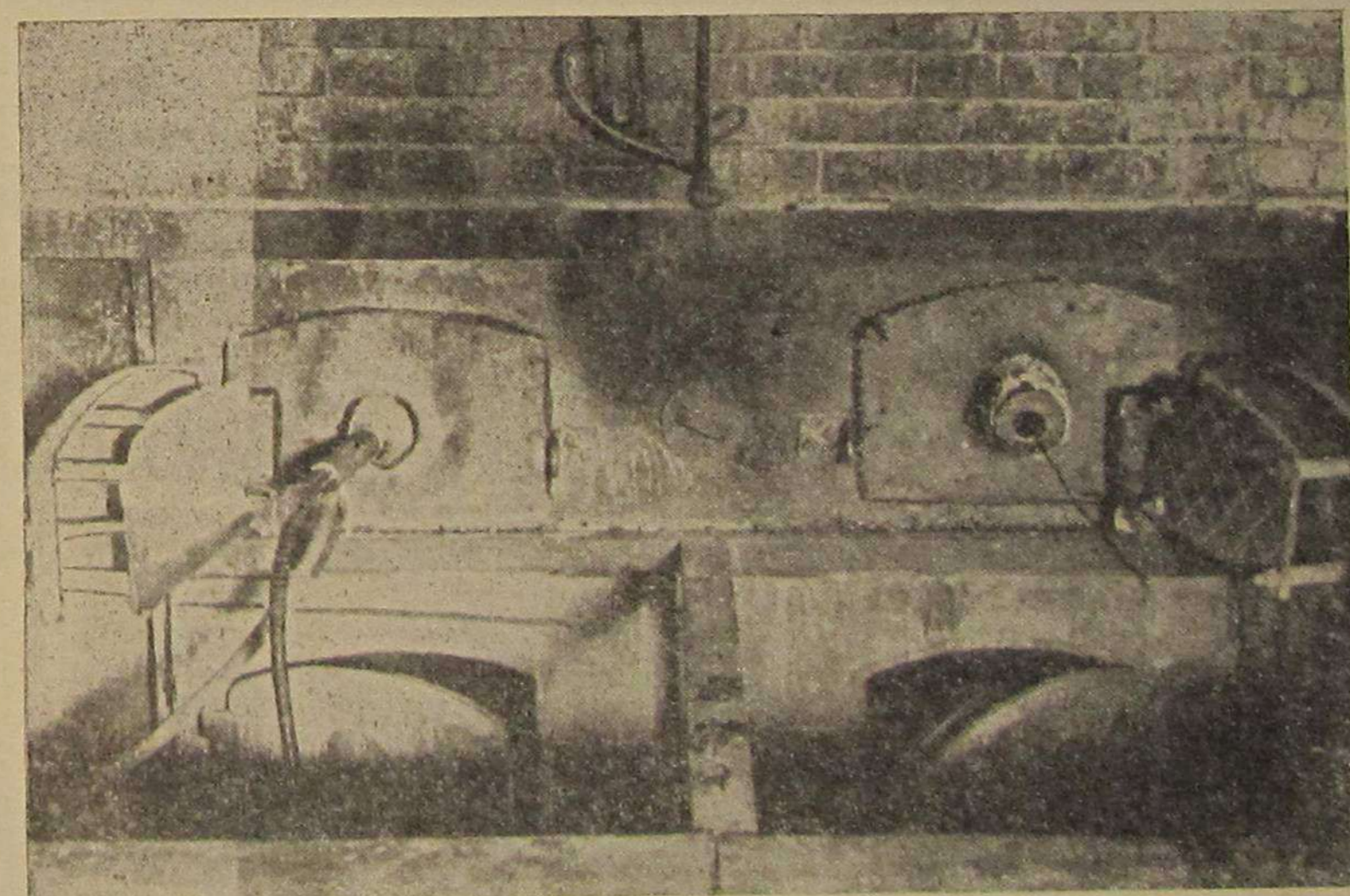


Рис. 47. Расположение приборов для забора проб газов и замера температуры горящего слоя торфа.

Самое большое содержание CO в газах слоя имеет место при низкой и умеренной начальной влажности торфа; при $W^p = 50\%$ и выше оно снижается до $0,5\%$, т. е. С сгорает непосредственно в CO_2 .

Данные таблицы 19 показывают, что небольшая присадка мелочи при умеренной влажности торфа интенсифицирует процесс газификации и горения торфа в слое. Это особенно ясно выражено в последнем случае, приведенном в таблице (при содержании мелочи 20%). Такое явление объясняется большой удельной поверхностью мелочи, реагирующей с кислородом воздуха, и легкой продуваемостью слоя смеси кускового торфа с мелочью. Для возможности увеличения присадки мелочи важно, чтобы хотя бы один компонент был сухим.

Для определения влияния нагрузки установки на состав газов в горящем слое проводилось исследование газообразования при низкой нагрузке ($16 \text{ кг/м}^2\text{ч}$), при средней нагрузке ($23 \text{ кг/м}^2\text{ч}$), при повышенной нагрузке ($25 \text{ кг/м}^2\text{ч}$); при максимальной нагрузке ($30\text{--}35 \text{ кг/м}^2\text{ч}$) провести опыт не удалось из-за отсутствия потребителей такого количества пара. Полученные результаты показывают, что с увеличением нагрузки до известной степени (до средней нормы) содержание CO_2 в слое увеличивается, O_2 — уменьшается, CO — немного возрастает, но при переходе к повышенной нагрузке состав газов ухудшается, очевидно потому, что слой не успевает

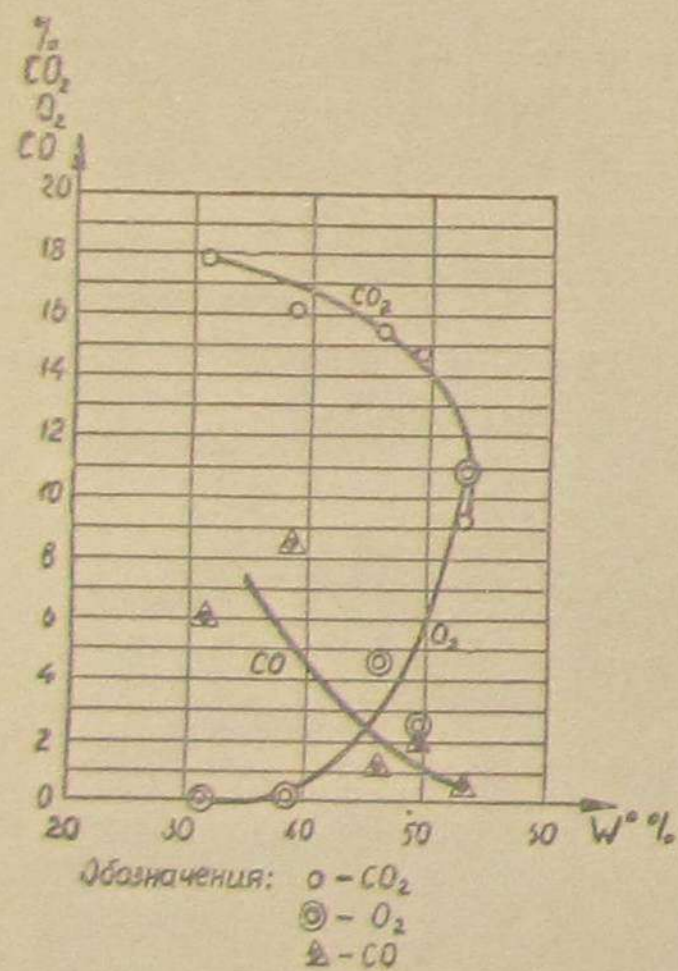


Рис. 48. Влияние начальной влажности кускового торфа на состав газов горящего слоя торфа.

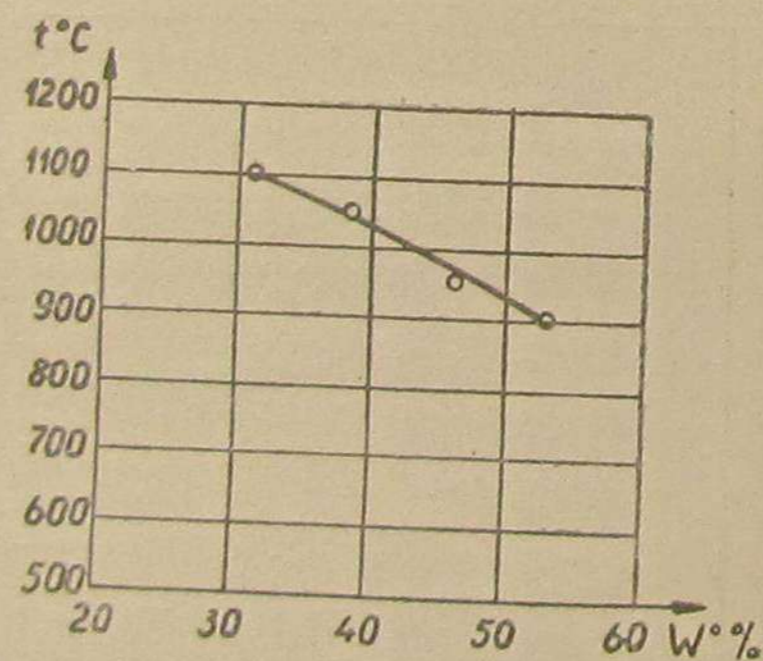


Рис. 49. Влияние начальной влажности кускового торфа на температуру горящего слоя.

использовать кислород всего подаваемого при форсировке топки воздуха.

Сопоставление состава газов, забранных в точках, отстоящих от зажимающей решетки на 300, 200 и 100 мм, позволяет заклю-

Таблица 19

Влияние присадки мелочи и фрезерного торфа к кусковому торфу на состав газов горящего слоя торфа

Содержание в кусковом торфе				Состав газов (в %) в точках забора проб на расстоянии от зажимающей решетки								
мелочи		фрезторфа		100 мм			200 мм			300 мм		
%	$W^p, \%$	%	$W^p, \%$	CO_2	O_2	CO	CO_2	O_2	CO	CO_2	O_2	CO
10	46,8						12,1	8,2	1,4	5,5	14,9	0,7
10	49,3			14,9	2,8	2,3	14,5	5,4	1,4			
20	51,1			15,9	2,7	1,3	16,0	3,2	2,5	16,4	2,9	2,1
30	38,2	15	51,9	16,5	1,5	3,0	12,5	5,7	5,1	10,5	8,7	4,0
20	39,8	25	32,2	18,0	0,4	4,3	17,2	1,2	4,0	16,5	3,4	2,5

чить, что при сжигании торфа с нормальной начальной влажностью интенсивное горение протекает по всей глубине слоя, начинаясь уже на первом этапе (в 300 мм от зажимающей решетки).

Характер изменения состава газов по глубине слоя, хотя и не в столь ясной форме, сохраняется и при сжигании торфа с умеренной влажностью (порядка 40%), но при влажности торфа $W^p = 46\%$ и выше интенсивное горение происходит в середине глубины слоя (в 200 мм от зажимающей решетки). При влажности выше 50% (например, если $W^p = 53\%$) горение слоя на первом этапе (в 300 мм от зажимающей решетки) слабое, содержание CO_2 составляет $6,5\%$, при большом избытке кислорода (содержание O_2 — $13,7\%$); в середине слоя горение усиливается, а на последнем этапе — ослабляется, причем здесь увеличивается содержание O_2 , очевидно за счет поступившего через колосниковую решетку и не использованного слоем кислорода воздуха (рис. 50).

Для определения в газах горящего слоя торфа не только CO , но также CH_4 и H_2 остатки проб газов после поглощения CO_2 и O_2 сбрасывались в аспиратор и подвергались фракционированному дожиганию [12] (табл. 20).

Из данных таблицы 20 видно, что а) содержание CH_4 и H_2 тем больше, чем больше содержание CO ; б) содержание H_2 зна-

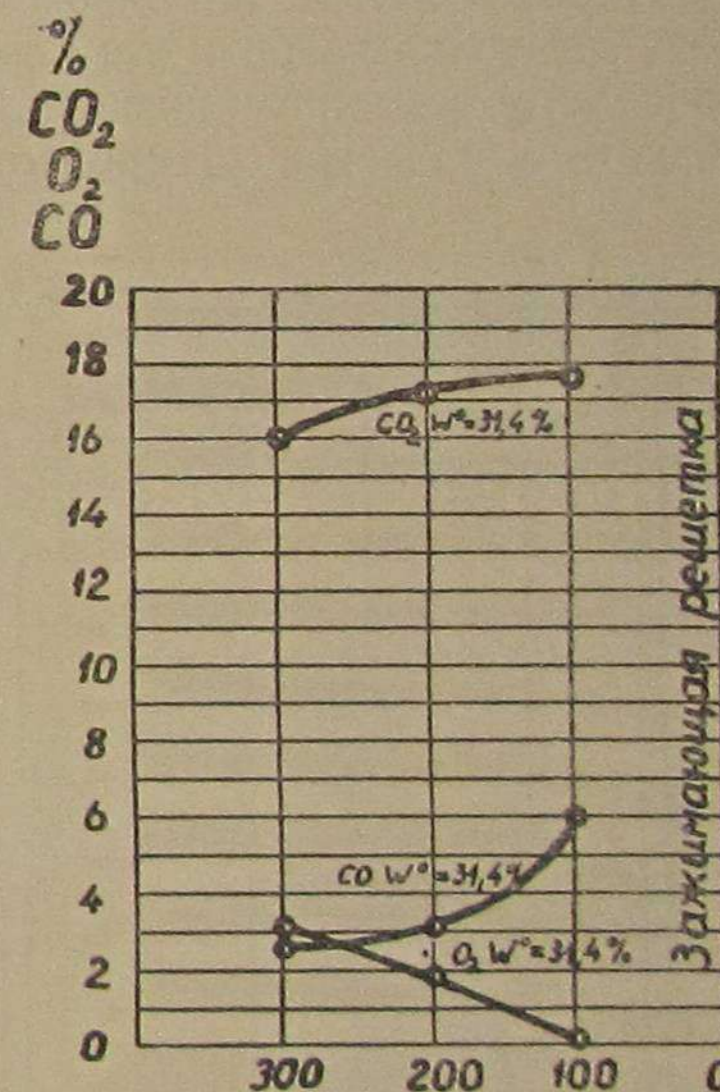


Рис. 50. Изменение состава газов по глубине горящего слоя торфа при нормальной влажности и влажности выше браковочного предела.

чительно превышает содержание CH_4 , очевидно из-за образования в слое водяного газа; в) наибольшее количество CH_4 и H_2 содержится в слое на последнем этапе, т. е. у зажимающей решетки, при сухом торфе, а наименьшее — на первом этапе при высоковлажном торфе.

Таблица 20

Влияние влажности кускового торфа, присадки мелочи и удельного паросъема на содержание продуктов неполного сгорания в топке

Начальная влажность, W^p , %	Содержание мелочи, %	Удельный паросъем, $\text{кг/м}^2\text{ч}$	Содержание продуктов неполного сгорания (в %) на расстоянии от зажимающей решетки								
			100 мм			200 мм			300 мм		
			CO	CH_4	H_2	CO	CH_4	H_2	CO	CH_4	H_2
30—40	5	20	11,4	0,4	1,5	6,2	0,2	1,0	2,6	0,3	0,5
40—49	10	23	2,4	0,2	0,8	1,4	0,1	0,4	3,1	0,2	0,0

Параллельно с анализом газов слоя периодически определялось давление газов и температура в слое. Давление замерялось посредством микроманометра, а температура — с помощью оптического пирометра «Пиропто», для чего в горячий слой торфа

вводилась стальная труба Φ 90 мм с заглушенным концом «на конус», а в ней помещался шамотный образец — кирпичик, устанавливаемый на соответствующем месте с помощью прикрепленного к образцу стержня по шкале, нанесенной на стержне (см. рис. 45 и 46). Запись температуры по показанию оптического пирометра, визируемого на шамотный образец, производилась после того, как образец принимал постоянную температуру.

Во время опыта замечено, что трубу нельзя оставлять продолжительное время на одном месте, так как наружная поверхность ее изолируется золой и поэтому температура шамотного образца в таких случаях ниже фактической температуры слоя; для получения надежных результатов необходимо трубу часто переносить на другое место или сильно встряхивать и поворачивать.

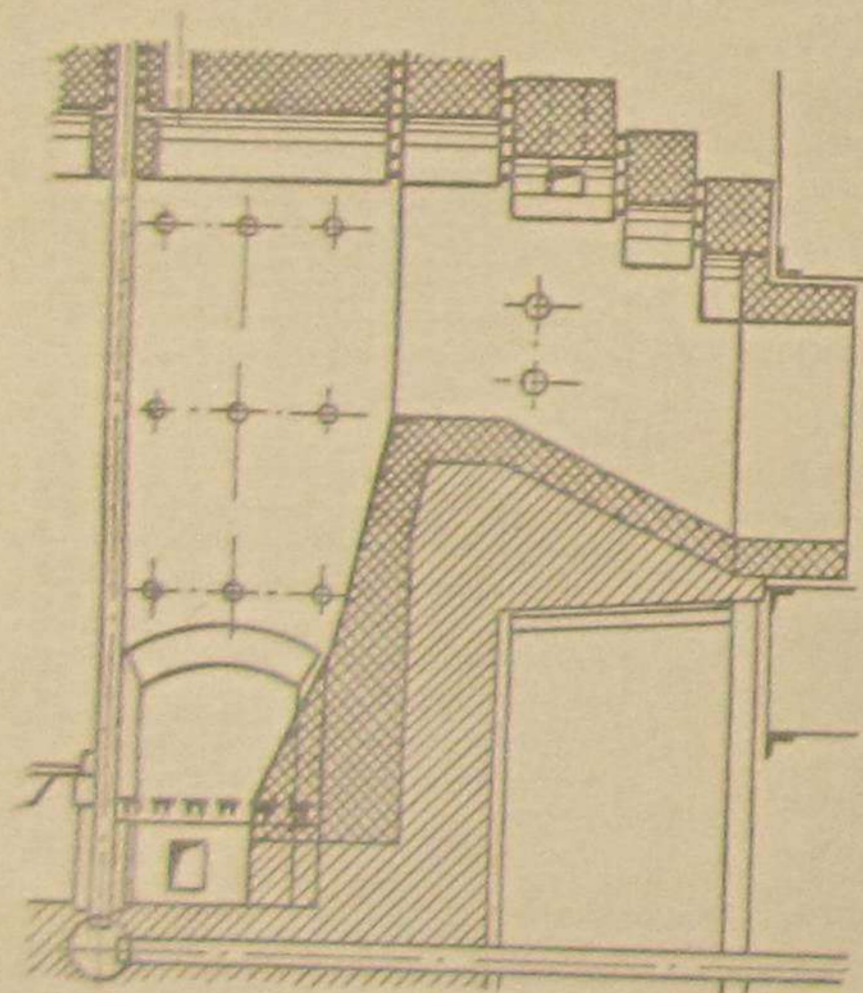


Рис. 51. Расположение отверстий в стене топки для ввода приборов в топочное пространство.

Для забора проб газов, замера температуры и разрежения в боковой стене топочного пространства на разной высоте вмуровано 9 трубок, а в горловине — 2 трубки (рис. 51). Трубки закрываются крышками, которые снимаются при вводе в топку специально сконструированного газозаборного прибора (рис. 52), охлаждаемого проточной водой. Посредством присоединенного к этому же прибору микроманометра замеряется также разрежение в топочном пространстве.

Зафиксированная внутри слоя температура при начальной влажности торфа $W^p=35\%$ составляла 950°C , при $W^p=50\%$ она равнялась 800°C . Разрежение в слое составляло в среднем 3—5 мм вод. ст. При сжигании торфа с высокой начальной влажностью горение, очевидно, происходило в кинетической области со свойственной ей низкой температурой и малым содержанием CO_2 .

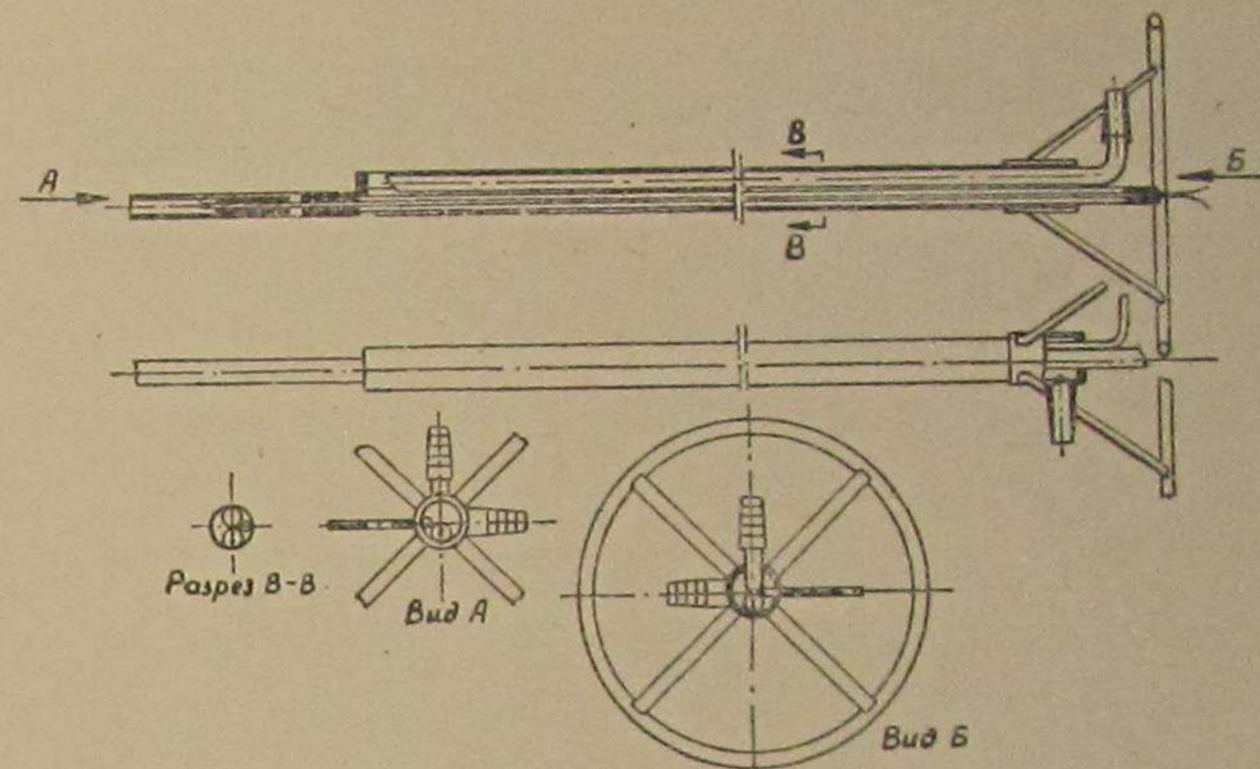


Рис. 52. Прибор для забора пробы газов из топочного пространства и для замера в нем температуры и давления.

Из слоя торфа сквозь зажимающую решетку выходят газы, содержащие продукты неполного сгорания, а также выносятся мелкие частицы торфа, догорающие в топочном пространстве.

Для забора проб газов, замера температуры и разрежения в боковой стене топочного пространства на разной высоте вмуровано 9 трубок, а в горловине — 2 трубки (рис. 51). Трубки закрываются крышками, которые снимаются при вводе в топку специально сконструированного газозаборного прибора (рис. 52), охлаждаемого проточной водой. Посредством присоединенного к этому же прибору микроманометра замеряется также разрежение в топочном пространстве.

В газозаборный прибор вмонтированы термопары с отсосом газов. На наружной трубе прибора нанесены деления, указывающие глубину ввода прибора в топочное пространство. Выпущенный из прибора конец термопары длиной 100 мм защищен никелевой трубкой. Расположение приборов для замера температуры и забора проб газов из топочного пространства показано на рис. 53.

Одновременно с исследованием процесса горения торфа в слое производились анализы газов на выходе из зажимающей решетки в верхней, средней и нижней зонах. Полученные результаты подтвердили закономерность, установленную при исследовании

горения в слое, — по мере повышения начальной влажности торфа содержание CO_2 в газах всех трех зон уменьшается, а содержание O_2 — увеличивается.

Наивысший процент CO_2 и самый низкий процент O_2 содержат газы, выходящие из средней зоны зажимающей решетки, так как эта зона защищена от засоса воздуха из бункера и от поступления избытка воздуха, подаваемого в топку. Из нижней зоны,

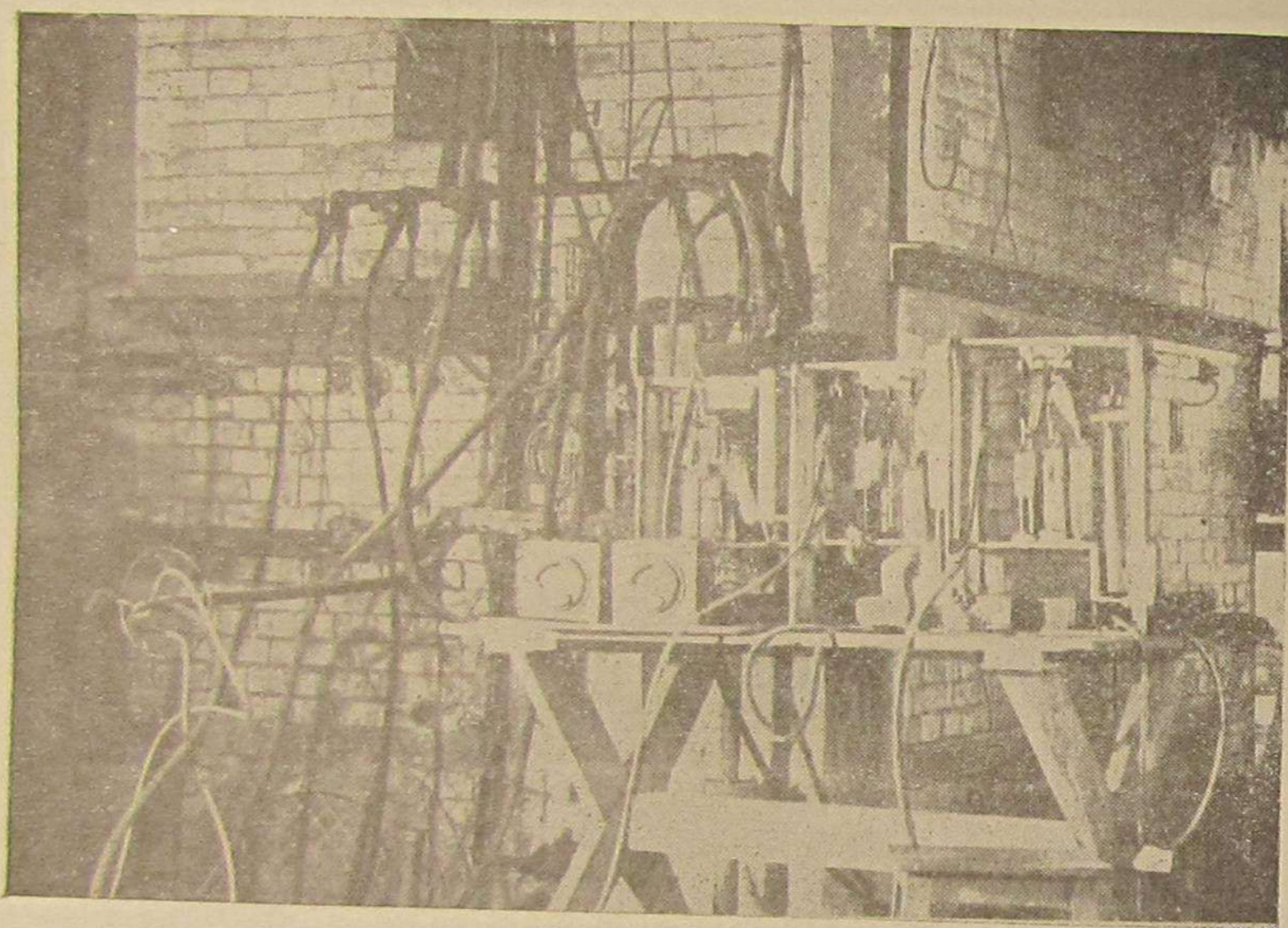


Рис. 53. Расположение приборов для замера температуры и анализа газов топочного пространства.

ввиду поступления в нее избытка подаваемого в топку воздуха, выходят газы с несколько пониженным содержанием CO_2 и повышенным содержанием O_2 . Из верхней зоны зажимающей решетки выходят газы с низким содержанием CO_2 и с высоким содержанием O_2 , что указывает на засос воздуха через бункер. Попытка ограничить засос закрытием зазоров верхней части зажимающей решетки не дала положительных результатов.

Анализ газов на выходе из зажимающей решетки при сжигании смеси кускового торфа с мелочью показал, что интенсивное горение происходит в этом случае в основном в нижней части слоя, очевидно потому, что плотный слой торфа препятствует доступу воздуха и организации горения в вышележащих зонах. При повышении форсировки до известного предела горение интенсифицируется, поэтому в выходящих из зажимающей решетки га-

зах увеличивается содержание CO_2 и уменьшается содержание CO (табл. 21).

Исследование процесса горения в топочном пространстве позволило установить зависимость доли тепла, выделяемого горящим слоем ($\varphi_{сл}$) и в топочной камере ($\varphi_{к}$), от начальной влажности торфа, что отражено на графике (рис. 54), построенном на основании результатов балансовых испытаний топки (без учета механического недожога). Этот график показывает, что при начальной влажности торфа порядка 50% горение практически заканчивается в слое.

Таблица 21

Состав газов на выходе из зажимающей решетки

Начальная влажность торфа W^p , %	Присадка мелочи, %	Средняя влажность смеси, %	Паропроизводительность, т/ч	Состав газов (в %) в зонах								
				нижней			средней			верхней		
				CO_2	O_2	CO	CO_2	O_2	CO	CO_2	O_2	CO

Кусковой торф при средней форсировке горения

39,7	—	—	1,58	13,5	2,3	7,0	14,5	3,5	2,6	5,0	15,0	0,8
53,8	—	—	1,83	13,7	2,5	7,0	13,2	6,8	0,0	9,4	10,8	0,6

Кусковой торф при повышенной форсировке горения

38,5	—	—	2,28	13,7	2,5	7,0	15,7	1,7	5,3	9,4	10,8	0,6
51,0	—	—	2,78	15,3	1,9	4,2	17,0	2,0	2,9	—	—	—

Кусковой торф с присадкой мелочи

—	40	55	1,66	13,1	6,7	0,0	4,6	15,6	0,3	7,8	12,4	0,0
—	25	50	1,60	18,8	0,6	2,3	4,8	15,1	0,3	5,1	15,1	0,2
—	40	40	1,55	15,5	0,0	10,0	14,1	4,5	3,8	—	—	—

Более наглядное представление о ходе процесса горения в топочной камере дают изотермы в продольном разрезе топки, полученные на основании замеров температуры (рис. 55). Как видно из кривых температур, при сжигании торфа с начальной влажностью 31,4% факел, выходящий из зажимающей решетки, развивается по ходу газового потока и имеет определенное ядро с максимальной температурой в районе горловины топки, в то время как при высокой начальной влажности торфа (например, $W^p=48\%$) появляются признаки неустойчивости горения, так как наблюдаются отдельные, местные ядра с более низкой температурой. Это указывает на необходимость усиления подсушки влажного торфа в топочной шахте.

Температура топочного пространства при начальной влажности торфа $W^p=35\%$ в среднем составляет 900°C , при начальной влажности $W^p=50\%$ — в среднем 600°C .

Топочные газы из топочного пространства выносной топки проходят через горловину в жаровые трубы котла; состав этих газов в горловине характеризует результат всего процесса горения в топке. Средние результаты анализов газов в горловине топки и за котлом при сжигании торфа с различной влажностью приводятся в таблице 22 и отражены на рис. 56, а изменение состава газов по всему тракту — на рис. 57.

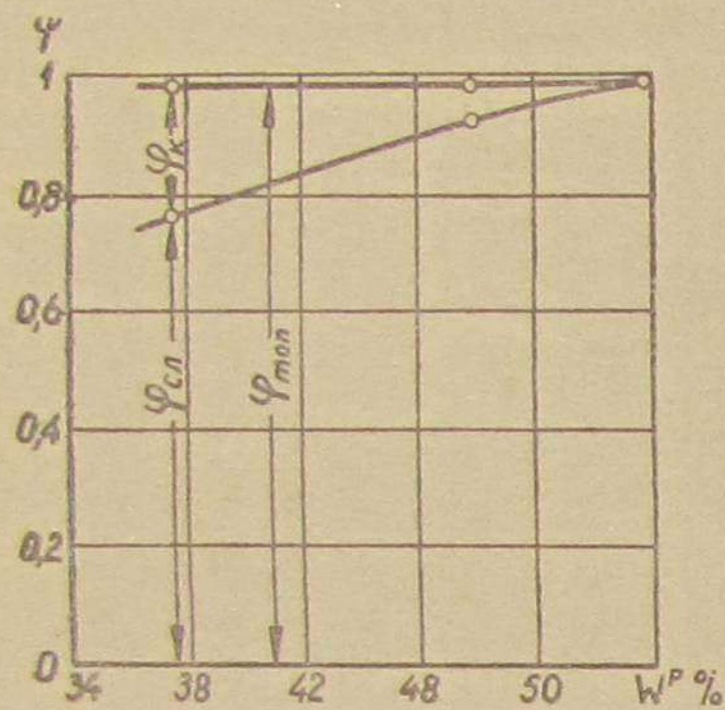


Рис. 54. Зависимость доли тепла, выделенного горящим слоем торфа и в топочной камере, от начальной влажности торфа.

Из полученных результатов анализов вытекает, что по мере повышения начальной влажности торфа содержание CO_2 в газах горловины и за котлом уменьшается, а содержание O_2 увеличивается, ввиду ослабления реагирования влажного торфа с кислородом и необходимости подачи в топку большего избытка воздуха для сохранения требуемой паропроизводительности котла. Содержание CO в газах горловины при сжигании торфа с нормальной и повышенной влажностью составляет в среднем не более 0,5% (за немногими исключениями, когда при высоком содержании CO_2 содержание CO достигало 1,0%).

Хотя в жаровых трубах значительная часть CO догорала, в уходящих газах за котлом все же оставалось некоторое количество (0,2—0,3%) CO , очевидно из-за недостаточного объема топочного пространства и низкой температуры в топке в связи с засосом холодного воздуха.

Таблица 22

Влияние начальной влажности торфа на состав газов и коэффициент избытка воздуха в горловине и за котлом

Начальная влажность торфа W^p , %	Состав газов, %						Козф. избытка воздуха	
	в горловине			за котлом			α_m	$\alpha_{ка}$
	CO_2	O_2	CO	CO_2	O_2	CO		
30	16,6	2,8	1,0	16,1	3,5	0,4	1,19	1,21
34—40	14,9	4,5	0,5	14,0	5,9	0,3	1,30	1,50
42—49	13,8	6,4	0,3	12,6	7,5	0,3	1,45	1,57
51—55	12,0	8,1	0,2	10,7	9,9	0,3	1,70	1,90

В соответствии с уменьшением содержания CO_2 и увеличением содержания O_2 в топочных и отходящих газах, по мере повышения начальной влажности сжигаемого торфа возрастает коэффициент

избытка воздуха в горловине и за котлом. Это изменение α_m и $\alpha_{ка}$ отражено на графике (рис. 58).

Предварительные испытания опытно-промышленной топки позволили установить основной ее недостаток — завышенный коэффициент избытка воздуха: даже при сжигании сухого торфа

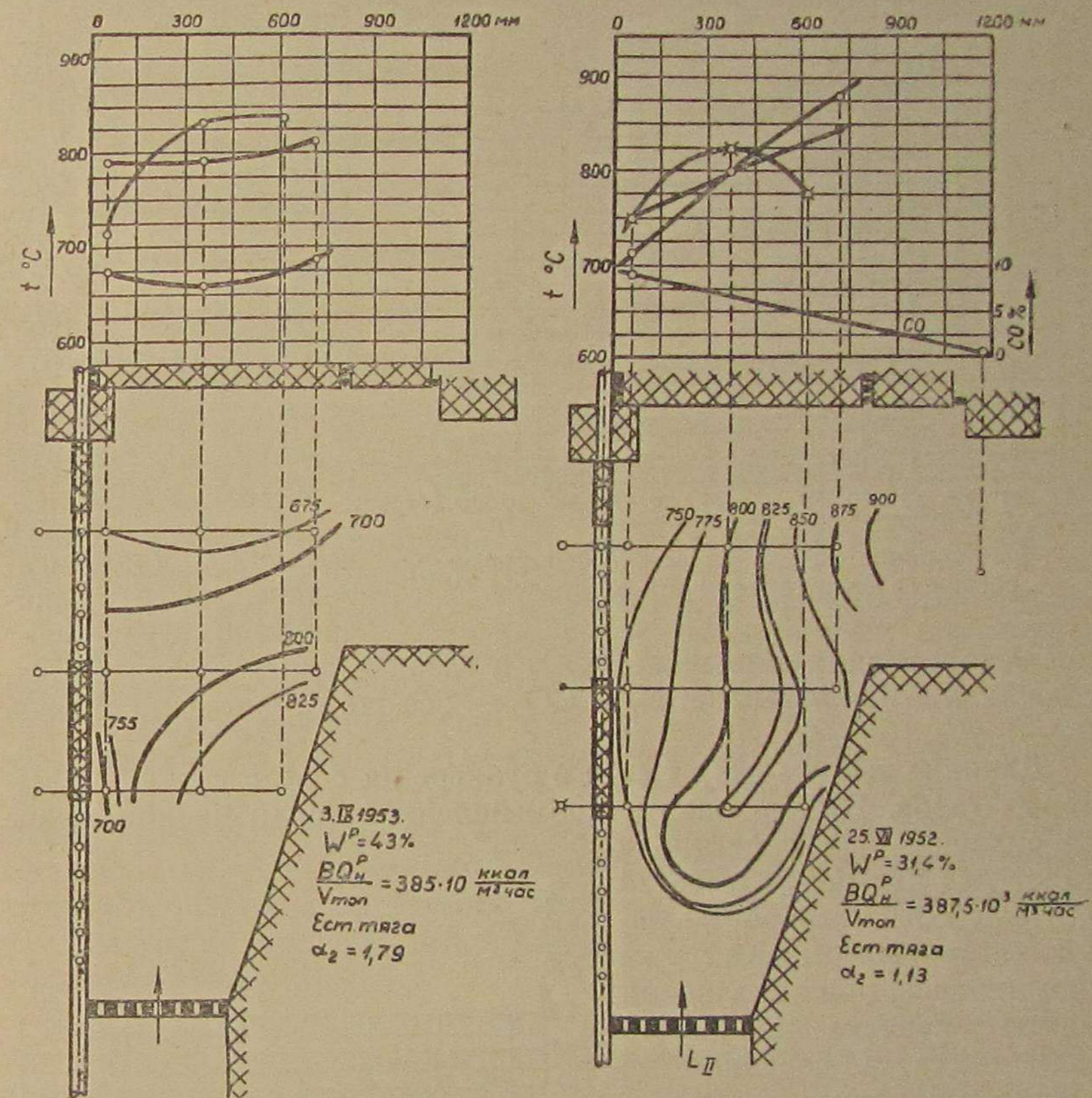


Рис. 55. Изотермы в топочной камере.

($W^p=27\%$) $\alpha_{ка}$ составлял 1,69, при высокой же влажности он достигал 2 и более. Произведенная переделка топки привела к улучшению процесса сжигания в ней торфа: благодаря усилению степени подсушки торфа в шахте, увеличению толщины слоя торфа и ограничению подачи воздуха, в особенности под дожигательную решетку, достигнуто значительное снижение коэффициента избытка воздуха.

Систематические анализы газов топочного пространства и горловины показали, что даже уменьшенная на 1/3 площадь

дожигательной решетки (из 6 рядов колосников оставлены 4) еще слишком велика и подлежит дальнейшему уменьшению для сокращения поступления воздуха в топочное пространство (табл. 23). Опыт показал также, что при сжигании кускового торфа с нормальным содержанием мелочи подавать воздух под дожигательную колосниковую решетку требуется в ничтожном количестве, а после уборки шлака с этой решетки для дожигания упавших на решетку частиц торфа и газов (в топочном пространстве) достаточно того излишка кислорода, который выходит из слоя.

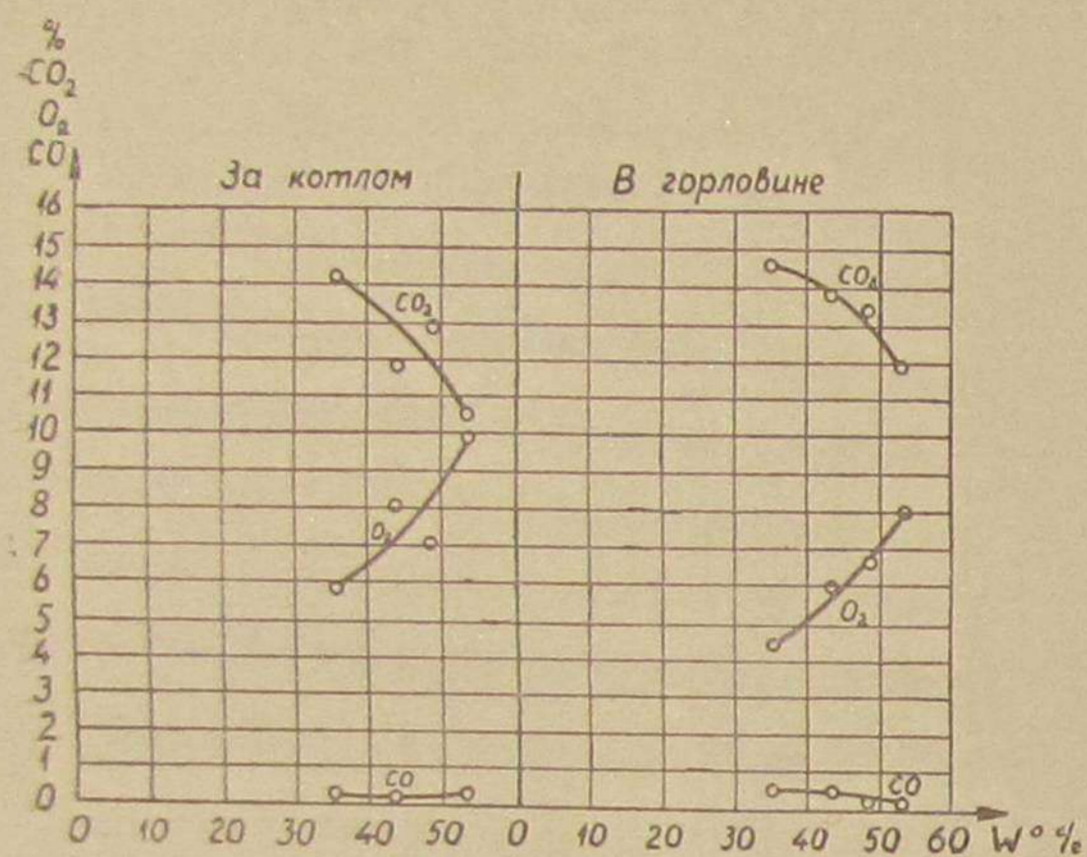


Рис. 56. Влияние начальной влажности торфа на состав газов в горловине и за котлом.

Свободный доступ воздуха под дожигательную решетку значительно ухудшает процесс горения: содержание CO₂ в газах горловины снижается, содержание O₂ повышается, а CO — все же остается на уровне 0,2—0,4%.

Влияние высоты слоя торфа в бункере на состав уходящих дымовых газов. Бункер опытно-промышленной топки на комбинате «Засулаука мануфактура» имеет вид кормушки высотой 0,8 м и обыкновенно не заполняется торфом. Как уже упоминалось, при заполнении шахты ковшем скипового подъемника в середине ее получается конус (горка), а по бокам слой более крупного торфа снижается под углом естественного откоса и пропускает в топку холодный воздух.

Значительная высота здания котельной фабрики «Лента» позволила построить коленчатый бункер высотой 2,5 м. При этом была поставлена цель определить влия-

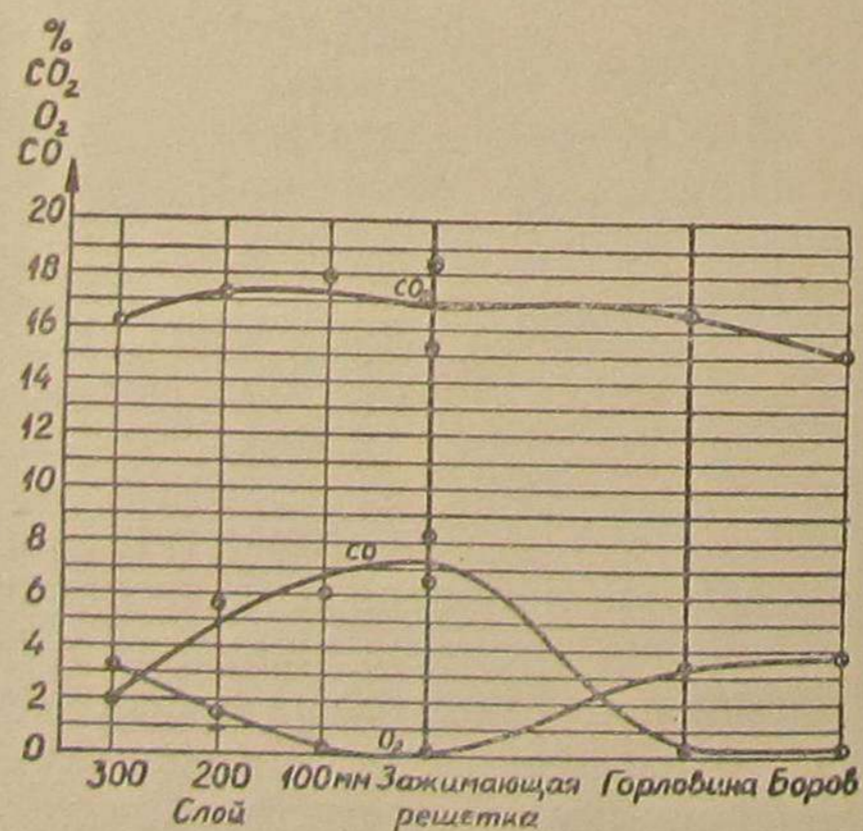


Рис. 57. Изменение состава газов по всему тракту при сжигании торфа с нормальной влажностью.

ние высоты слоя торфа в бункере на присос воздуха в топку и установить нормальную высоту бункера.

Так как присос воздуха в топку через бункер можно обнаружить по повышению содержания кислорода O₂ в дымовых газах, то для установления нормальной высоты бункера, необходимой и достаточной для предотвращения присоса воздуха, определялось содержание O₂ в уходящих дымовых газах при различной высоте в бункере слоя торфа равномерного качества. Для сопоставления результатов опыт повторялся с торфом различного качества при одинаковых прочих условиях.

Полученные результаты указывают, что для предотвращения заметного присоса воздуха в топку достаточна высота слоя торфа в бункере в 1 м (табл. 24).

Дожегание СО и других продуктов неполного сгорания в топочных газах. При исследовании работы опытно-промышленной топки содержание окиси углерода СО в уходящих газах составляло до 0,5%, а в отдельных случаях и больше. Для сокращения теплотерь с химическим недожогом намечалось поместить в жаровых трубах котла второй промышленной топки шамотные насадки в виде стенки из шамотного кирпича длиной до 1,5 м и высотой во весь диаметр жаровой трубы.

При испытании работы промышленной топки на фабрике «Лента» оказалось, что содержание СО в уходящих газах при торфе нормального качества составляет в среднем 0,2%. Поэтому шамотная стенка в жаровой трубе могла бы, в лучшем случае, дать ничтожное сокращение теплотерь с химическим недожогом, но зато она увеличила бы отложение летучей золы в жаровой трубе, а это ухудшило бы теплопередачу котловой воде, повысило бы температуру уходящих газов, и в результате повышение теплотерь q_2 легко могло бы превзойти сокращение теплотерь q_3 благодаря дожеганию СО. Кроме того, нужно иметь в виду, что топочное пространство выносной топки, горловина, соединяющая ее с жаровыми трубами котла, и концы жаровых труб выложены шамотным кирпичом, т. е. для дожегания СО в топке имеется достаточно нагретых шамотных поверхностей.

В литературе [34] отмечается, что проф. К. В. Кириш в свое

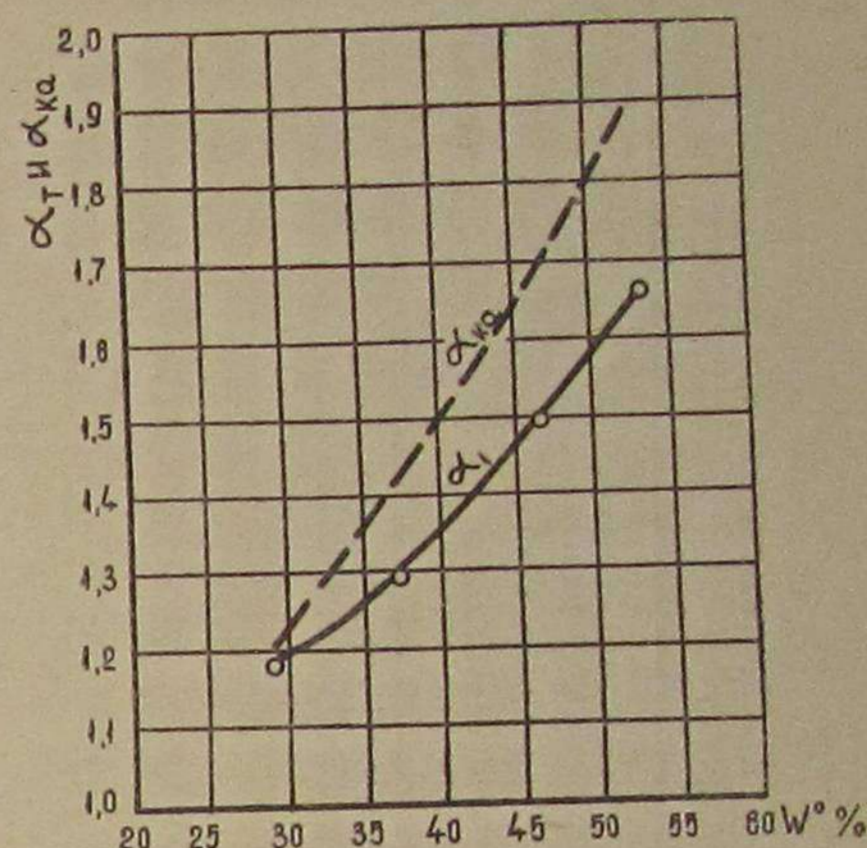


Рис. 58. Зависимость коэффициента избытка воздуха в топке и за котлом от начальной влажности торфа.

Анализы топочных газов с разных мест топки при изменении подачи воздуха под дожигательную решетку

Способ подачи воздуха	Подача воздуха под дожигательную решетку	Температура слоя, °С	На выходе из зажим. решетки			Середина топочного пространства			Горловина					
			состав газов, %		температура, °С	состав газов, %		температура, °С	состав газов, %		температура, °С			
			CO ₂	O ₂	CO	CO ₂	O ₂	CO	CO ₂	O ₂	CO			
За счет разрежения, создаваемого дымовой трубой	Закрыта	970	17,3	0,0	3,3	675	11,8	7,2	3,0	745	17,2	3,2	0,6	845
	"	970	19,0	0,0	5,7	700	18,3	0,5	2,2	885	17,4	2,6	1,4	865
	"	930	16,2	4,2	6,0	700	15,8	3,2	2,2	655	15,6	4,0	0,4	780
	"	"	17,6	0,1	5,9	652	15,1	4,8	0,6	"	18,0	2,3	0,4	890
За счет разрежения, создаваемого дымовой трубой	Открыта	950	12,4	7,1	1,9	615	8,6	11,6	0,5	700	8,8	11,4	0,2	700
	"	870	10,2	9,2	2,0	500	11,6	8,8	0,2	700	9,40	11,2	0,4	"
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Таблица 24

Влияние высоты слоя торфа в топочном бункере на содержание O₂ в уходящих дымовых газах

крупность	Качество торфа		Высота слоя торфа в бункере, м	Содержание O ₂ в уходящих газах, %	Разрежение в топочном пространстве, мм вод. ст.
	содержание мелочи, %	влажность, W _P , %			
Торфины средней величины	15	54,5	2,0	10,0	5—7
			1,5	10,2	
			1,0	11,5	
			0,5	13,2	
			0,0	14,3	
То же	25	46,0	2,0	9,5	2—3
			1,5	9,0	
			1,0	9,0	
			0,5	13,8	
			0,0	13,8	
Исключительно крупные торфины	—	40—50	2,0	11,0	5—7
			1,5	11,3	
			1,0	13,0	
			0,5	14,0	
			0,0	14,0	

Опыты, проведенные ЭНИНом АН СССР, показали, что шамотная насадка в жаровых трубах могла бы оказаться полезной для дожигания СО при сжигании каменноугольного топлива во внутренней топке, когда теплотери с химическим недожогом весьма значительны.

По этим соображениям решено было отказаться от помещения шамотной насадки в жаровых трубах котла.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОПКИ

Опытно-промышленная топка на комбинате «Засулаука мануфактура», поступившая в эксплуатацию в феврале 1952 г., работала до остановки на капитальный ремонт в июле 1957 г., т. е. более пяти лет, с перерывами, вызванными отсутствием торфа или невозможностью получить торф со средней влажностью ниже 55%. За все это время котлоагрегат ни разу не пришлось останавливать из-за каких-либо недочетов в конструкции топки; требовался только обычный текущий ремонт и очередной ремонт.

При работе на торфе кондиционного качества котел с испытываемой топкой заменял два таких же котла с внутренними топками, работавших на антраците марки «АРШ».

В новой топке сжигался в чистом виде кусковой торф со средней влажностью 26—57%, с зольностью до 20%, с содержанием мелочи до 75%. Это дало комбинату возможность использовать залежавшиеся на складе запасы торфа с влажностью выше предельной, а также торф, подвергшийся на складах других предприятий самовозгоранию и превратившийся в мелкий полукокс. Такое низкосортное топливо не могла бы сжигать ни одна топка других существующих конструкций котлов малой мощности.

Торф, заготовленный в дождливом 1956 г., имел влажность до 60% и выше, но тем не менее он сжигался в новой топке; приходилось лишь следить, чтобы при превышении средней влажности 55% к нему до подачи в топочную шахту подмешивался более сухой торф, сухие древесные отходы, в небольшом количестве каменный уголь или антрацен. В случае загрузки шахты торфом, настолько мокрым, что топка начинала глохнуть, для «выжигания шахты» через фронтные и боковую дверцы подбрасывался сухой торф, дрова или каменный уголь, а в бункер подавался торф нормального качества.

Опыт показал, что при работе на торфе с влажностью выше 55% смешивание торфа с каменноугольным топливом или антрацитом может привести к повреждению труб зажимающей решетки (см. ниже, стр. 104) и вызвать потери q_4 невыгоревшего угля в очаговых остатках. Подсвечивание топки лучше производить сжиганием каменного угля на дожигательной решетке, загружая его через боковую дверцу.

Особых затруднений при чистке топки за все время не наблюдалось; отчасти это можно объяснить сжиганием в основном торфа верховых болот, который содержит немного золы (притом тугоплавкой) и имеет повышенную, а часто высокую влажность. Затруднения имели место только при резком снижении влажности торфа и повышении содержания золы, особенно когда сжигался торф низинных болот, с легкоплавкой золой; однако и такие случаи не вызывали заметных перебоев в снабжении предприятия паром. На боковых стенах шахты ниже пережима образовывался слой шлака, который при чистке топки приходилось снимать кочегарным резакон.

При низкой и средней нагрузке котла и сжигании торфа нормального качества топка может работать за счет разрежения, создаваемого дымовой трубой; в этом случае необходимо открыть не только дверцы зольников, но приоткрыть также шуровочные фронтные дверцы топки для подачи воздуха в слой.

При повышенной нагрузке и сжигании низкосортного торфа необходимо вентиляционное дутье с напором порядка 30—40 мм вод. ст.

При сжигании торфа среднего качества ($W^p = 40 \div 45\%$, содержание мелочи — 20—25%) основное количество дутьевого воздуха, соответствующее примерно теоретически необходимому, нужно подавать под колосниковую решетку шахты. При сжигании

крупного, высоковлажного торфа подачу воздуха непосредственно в слой нужно ограничивать, а при сжигании мелкого, сухого торфа — значительно увеличивать. Под дожигательную решетку после чистки топки нужно подавать минимальное количество воздуха, но затем постепенно усиливать подачу по мере накопления шлака и догорающей торфяной мелочи.

Для торфа данного качества нужно практически определить положение, т. е. степень открытия, задвижек на воздуховодах, подающих дутьевой воздух под решетки и в слой, а затем изменение форсировки регулировать заслонкой на главном воздуховоде. Эту заслонку целесообразно устанавливать по ходу газов до вентилятора.

Котел опытной установки в течение ряда лет питался смесью конденсата с добавкой не более 50% сырой воды низкой жесткости с таким расчетом, чтобы средняя общая жесткость воды была не выше 5°. При определении состояния водяной поверхности котла и труб зажимающей решетки во время остановки на текущий ремонт после полугодовой работы установки обнаружено, что накипь на трубах зажимающей решетки имела в среднем толщину 1 мм, а на жаровых трубах котла — не менее 1,5 мм. При чистке стальной щеткой накипь с труб зажимающей решетки легко отделялась в виде чешуек, тогда как удаление твердой накипи с жаровых труб требовало значительно больших усилий. То, что на трубах зажимающей решетки накипь отлагается в меньшем размере, чем на котле, показало возможность применения трубчатой зажимающей решетки и при питании котла сырой водой невысокой жесткости.

В начальный период эксплуатации установки опытным путем получены первые ее эксплуатационные характеристики.

На растопку котлоагрегата от холодного до рабочего состояния требуется около 4,5 тонны торфа среднего качества и около 5 часов времени. Доведение котлоагрегата от полугорячего состояния (например, после остановки на ночную смену) до рабочего состояния требует 1,5—2 тонн торфа и 2—3 часов времени.

Расход проточной воды на охлаждение тормозной и опорных балок (под шамотными колосниками) при средней форсировке составлял до переделки топки около 1 м³/ч, а после переделки увеличился примерно до 1,5 м³/ч, при условии регулирования скорости истечения теплой воды так, чтобы температура ее составляла около 40°C при минимальных колебаниях. Теплая вода используется как добавка к конденсату для питания котла.

За все время длительной эксплуатации установки отмечены перечисленные ниже отрицательные моменты, причем были установлены способы их предотвращения.

Охлаждение огневых балок проточной водой требует постоянного внимания со стороны кочегаров, так как при выходе воды с более низкой температурой увеличивается ее расход, а при более высокой температуре воды на внутренней поверхности балок

отлагается накипь, затрудняющая теплопередачу и требующая периодической очистки. Кроме того, при недостаточном напоре или прекращении подачи воды вода в балках закипает, трубы накаляются и выходят из строя. Такой случай имел место в марте 1954 г. при эксплуатации топки на комбинате «Засулаука мануфактура», в результате чего котлоагрегат пришлось остановить на три дня для смены опорных балок. Для очистки балок от накипи устроены съемные заглушки на концах балок.

Чтобы предотвратить аварии и избежать расхода тепла и проточной воды, следует включить огневые балки в циркуляцию воды в котле, но для этого нужно разработать надежную схему циркуляции.

После снижения тормозной балки и расширения верхнего пережима шахты в шахте не наблюдалось случаев зависания торфа нормальной крупности, имевших место до проведения этих мероприятий; требовалось дробление только смерзшихся глыб и разламывание пополам торфин длиннее 340 мм.

Для обеспечения нормального режима горения шахту необходимо заполнять выше потолочного свода топки. Несоблюдение этого условия нарушает правильный режим горения; более того, при использовании сухого торфа он может загореться во всей шахте. В таком случае нужно срочно заполнить шахту и бункер доверху сырым торфом, а если это не помогает, слегка увлажнить поверхность слоя торфа в бункере. В августе 1955 г., когда сухой торф однажды не заполнял шахты до надлежащей высоты, торф загорелся, кочегар же, вопреки инструкции, залил шахту водой, часть которой попала на раскаленные стены обмуровки и на торец потолочного свода топки. Конечно, в этих местах кирпич разрушился, и потребовалась остановка котлоагрегата на ремонт.

В конце четвертого года работы топки, т. е. зимой 1955/56 г., резко изменились условия ее эксплуатации: в котельную продолжительное время поступал высоковлажный торф, расход пара из-за холодов значительно увеличился, жесткость питательной воды с 5° повысилась до 11° (ввиду уменьшения возврата конденсата и добавки более жесткой воды из нового колодца), а в довершение всего во время длительного отпуска главного механика комбината и отсутствия надзора кочегары в течение нескольких недель не продували ни котел, ни коллектор зажимающей решетки и подмешивали к торфу каменноугольное топливо и антрацен. В результате таких недопустимых условий эксплуатации установки в январе 1956 г. произошла авария: прогорела первая труба зажимающей решетки со стороны подачи дутьевого воздуха (рис. 59), а толщина стенок следующих двух труб в огневой зоне уменьшилась с 3,5 до 2—2,5 мм.

При осмотре котла изнутри после аварии на дне барабана был обнаружен слой шлама средней толщиной около 100 мм; водоподводящие трубы зажимающей решетки заплыли шламом, а на пострадавших трубах зажимающей решетки образовался слой на-

кипи толщиной 5—7 мм и окалина с наружной стороны. Для приведения топки в порядок были сменены три трубы зажимающей решетки; котел, нижний коллектор, водоподводящие трубы и трубы зажимающей решетки были очищены до металла. После этого установка в упорядоченных условиях эксплуатации работала больше года — вплоть до капитального ремонта.

Из изложенного видно, что авария ни в коем случае не может быть объяснена недостатками конструкции новой топки.

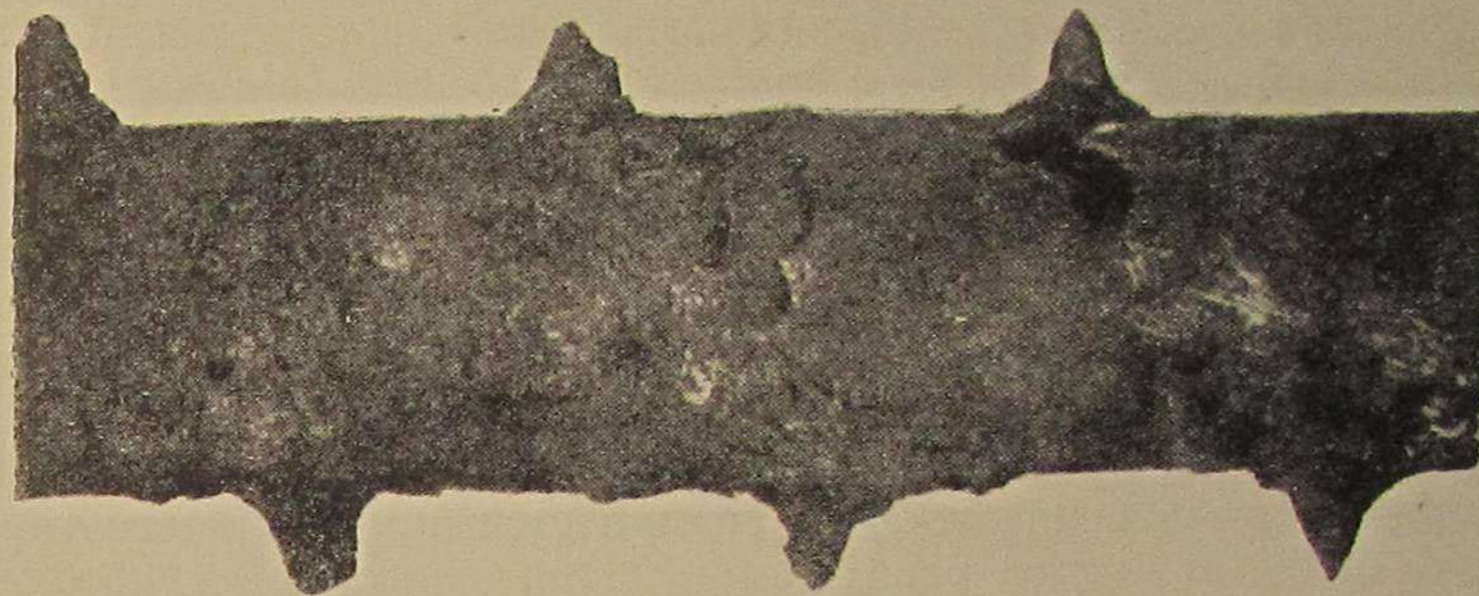


Рис. 59. Вид прогоревшей трубы зажимающей решетки.

Для выяснения вопроса об износе стенок вертикальных труб зажимающей решетки от сползающего по шахте торфа после первого года эксплуатации установки был промерен наружный диаметр труб. Получение таким образом точных данных об износе затруднялось тем, что трубы не были калиброваны; тем не менее стало ясным, что диаметр большинства труб со стороны топочной шахты уменьшился примерно на 0,25 мм. При прямом измерении толщины стенки одной из труб найдено, что со стороны топочной шахты она составляет 3,3 мм вместо прежних 3,5 мм. Для продления срока службы труб следует со стороны шахты приварить к ним полосовую или угловую сталь.

Цилиндрические шипы, приваренные к трубам зажимающей решетки, с течением времени сгорают: на третьем году эксплуатации в огневой зоне концы цилиндрических шипов обгорели «на конус», а по истечении 3—4 лет укоротились наполовину (см. рис. 59). Сравнительно быстрое сгорание шипов можно объяснить тем, что при прямом срезе шипа из стержня торец его не прилегал к цилиндрической поверхности трубы, а лишь касался ее и при сварке образовалась воздушная прослойка, затрудняющая охлаждение шипа водой, заполняющей трубу. Удлинение срока службы шипов возможно заточкой «на конус» привариваемого к трубе конца шипа и заполнением электродом всего пространства между трубой и конусом шипа.

Все эти наблюдения относятся к опыту эксплуатации топки на комбинате «Засулаука мануфактура».

Промышленная топка на фабрике «Лента» была пущена в работу в июле 1955 г. В период наладки было установлено, что крупные сухие легкие куски слаборазложившегося торфа завиваются в горле между торцом потолочного свода и горбом наклонной стены пережима шахты, получившимся ввиду устройства каналов для очагов горения в шахте. Снятием слоя кладки по всей наклонной плоскости пережима шахты был обеспечен бесперебойный сход торфа, содержащего торфины длиной до 500 мм.

В течение первой недели работы котлоагрегата проводились наблюдения и опыты сжигания торфа различного качества: с влажностью от 35 до 55%, с зольностью до 20%, с содержанием мелочи до 50%.

При нормальной нагрузке порядка 20 кг/м²ч, когда топка работала на торфе с влажностью порядка 45—50%, вентиляторное дутье требовалось только во время розжига после ночного перерыва (фабрика работала в две смены). Давление пара в котле и его количество соответствовали требованиям производства.

Чистка топки при сжигании малозольного торфа верховых болот производилась раз в смену, а при сжигании зольного торфа низинных болот — два раза в смену. При сжигании мелкого торфа, в котором содержание золы составляло около 15%, в течение смены на дожигательной решетке накапливался трудно продуваемый слой золы толщиной до 300 мм, содержание в котором несгоревшего углерода достигало 20%. Кроме того, высокий слой золы на дожигательной решетке затруднял выход газов из слоя через окно зажимающей решетки между колосниковой решеткой и нижним рядом шамотных вкладышей, подвешенных на шипах зажимающей решетки; ввиду этого значительная часть топочных газов направлялась вверх через слой опускающегося по шахте торфа, а при использовании сухого торфа зажигала его в верхней части шахты. Для предотвращения этого приходилось убирать золу с дожигательной решетки несколько раз в смену.

Чтобы обеспечить нормальную работу топки, оказалось необходимым расширить дожигательную решетку, уменьшенную до 3 рядов колосников, на один колосник, т. е. до ширины 400 мм. Необходимость увеличения площади дожигательной решетки подтвердил также газовый анализ: при работе топки за счет естественной тяги содержание СО в уходящих газах достигало 0,4%, что можно объяснить недостатком воздуха, проходящего через дожигательную решетку и слой золы на ней; при вентиляторном же дутье уходящие газы содержали только 0,1 — 0,2% СО, так как воздух под напором дутья поступал уже в достаточном количестве.

Опыт показал, что опрокидная шуровочная плита для сброса шлака в зольник облегчает труд кочегара, но недостаточно уменьшает загрязнение воздуха в котельной золой и вредными газами. Дело в том, что глубина зольника под шахтой при сжигании многозольного торфа оказалась недостаточной, даже при чистке топки два раза в смену; шлак не успевает остывать, и при уборке его

из зольника загрязнение воздуха котельной не устраняется. Поэтому впредь следует предусмотреть более глубокий зольник и шлак в нем гасить водой.

Проведенные испытания и опыт эксплуатации промышленной топки на фабрике «Лента» в основном подтвердили те же ее достоинства, которые были определены для опытно-промышленной топки комбината «Засулаука мануфактура».

В 1956 г. котельная фабрики принуждена была сжигать торф исключительно высокой влажностью: в первую половину года расходовались промокшие в низких открытых кучах остатки торфа заготовки 1955 г., а во вторую половину — высоковлажный торф, заготовленный в течение дождливого сезона 1956 г. и недосушенный в осенние месяцы. Влажность сжигавшегося торфа колебалась от 50 до 70%, и в период поступления торфа, содержащего влаги больше 55%, топка останавливалась; при влажности ниже 55% торф сжигался без примеси другого топлива. В то же время промышленная топка на комбинате «Засулаука мануфактура» работала непрерывно, сжигая поставляемый торф с влажностью до 55—60%, но при подсвечивании топки антрацитом или каменным углем.

При сдаче в эксплуатацию топки на фабрике «Лента» нами было предложено предусмотреть возможность аварийной подачи воды из резервного бака для охлаждения огневых балок в топке, однако фабрикой это сразу выполнено не было. Между тем уже неделю спустя произошел случай, подтвердивший значение предложенного мероприятия: 20 августа, в знойный субботний день, расход воды из городского водопровода увеличился настолько, что на высоком месте, где расположена фабрика «Лента», напор воды оказался недостаточным для охлаждения балок; вода в них вскипела, паро-водяная смесь с шумом выбрасывалась из труб через спускные краны в котельную, и авария не произошла только потому, что уже через 10—15 минут напор воды усилился и в трубы поступила проточная вода. Случай этот еще раз подтвердил целесообразность включения опорных балок в циркуляцию воды в котле; для этого необходимо разработать надежную схему циркуляции¹. Способ охлаждения огневых балок проточной водой особенно невыгоден в случае возврата в котельную большей части конденсата, когда теплая проточная вода не может быть использована для питания котла.

Во время наблюдения за эксплуатацией обеих топок было замечено, что тяжелые шамотные блоки на опорных балках (образующие нижний пережим шахты) и вес лежащего на них торфа изгибают балки, а при чистке топки блоки разрушаются кочегарным инструментом. Шамотные вкладыши, которыми перекрывается средняя зона зажимающей решетки, при загрузке крупного

¹ Схема разработана Г. А. Мангулисом и В. К. Мельниковым и испытывается в работе на комбинате «Засулаука мануфактура».

торфа в шахту часто разрушаются и выпадают, а замена их возможна только при остановке топки. Нужные в ограниченном количестве шамотные блоки и вкладыши по специальным образцам изготавливаются заводами очень неохотно и притом в течение длительного времени, кроме того, для этого требуются фонды на шамот. Впредь эти фасонные шамотные части могут быть заменены стальными пластинками-плавниками, приваренными к трубам.

В процессе работы топки фабрики «Лента» проверены выводы, сделанные при испытании и эксплуатации опытно-промышленной топки; при этом получены положительные результаты и данные, необходимые при разработке уточненной и усовершенствованной схемы топочного устройства нового типа для широкого внедрения в народное хозяйство.

Опытом установлены рациональная конструкция и высота бункера, нецелесообразность организации очагов горения в шахте, применения шамотной насадки в жаровых трубах и уменьшения площади дожигательной решетки.

5. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ НОВОЙ ТОПКИ

Для облегчения проектирования новой топки нами в 1955 г. разработан технический проект выносной топки скоростного горения для торфа к жаротрубному котлу, что в значительной степени должно помочь широкому внедрению топки.

При разработке этого проекта использованы результаты испытаний и эксплуатации первых двух топок. При этом преследовалась цель всемерно упростить и удешевить конструкцию — уменьшить расход рабочей силы и металла без особого ущерба для работы установки.

Снижение бункера, отказ от затворов под ним, ликвидация второй лестницы и площадки у бункера уменьшают трудоемкость и сокращают расход металла примерно на 0,5 тонны. Отказ от организации очагов горения в топочной шахте упрощает работу печника, увеличивает объем шахты, а следовательно, повышает количество подсыхающего в ней торфа, позволяет придать шахте упрощенную, более выгодную для схода торфа форму; кроме того, отпадают три чугунных лючка для ввода воздуха в очаги горения. Замена фасонных шамотных плит и вкладышей стальными пластинками-плавниками облегчает, упрощает, удешевляет работу по изготовлению топки и высвобождает фондируемый материал — шамот. Для увеличения расстояния от фронта котла до противоположной стены котельной, требующегося для сооружения выносной топки, горловины топки максимально укорочена и всей топке придан в плане вид прямоугольника. Это упрощает работу печника и сокращает расход кирпича.

Кроме того, в проекте предусмотрены изменения и уточнения, обоснованные результатами испытаний и опытом эксплуатации двух топок.

Длина плитчатых колосников обеих решеток принята стандартная — 690 мм, а живое сечение увеличено с 9 до 12%. Глубина зольника под колосниковой решеткой шахты увеличена до 750 мм.

Стандартные топочные дверцы шахтных топок с винтовым затвором, оказавшиеся неудобными для скоростной топки, у которой необходимо часто открывать дверцы, заменены обыкновенными дверцами с рычажным зажимом, а все фронтальные и боковые дверцы для упрощения изготовления предусмотрены одинаковыми как по конструкции, так и по размерам. Для большей прочности фронтальные дверцы укреплены на швеллере № 14.

Дожигательная решетка шириной 400 мм составлена из четырех рядов стандартных плитчатых колосников; соответственно увеличена ширина зольника под ней. Под колосниковую решетку подведена труба с заглушенным концом, с тремя рядами отверстий для парового дутья (для подпаривания шлака в целях облегчения удаления его). Для предотвращения износа вертикальных труб зажимающей решетки со стороны шахты к ним привариваются стальные накладные пластины.

Для сооружения топки к котельной предъявляются следующие требования:

1) при размещении топки непосредственно на полу котельной высота здания должна быть не менее 6 м; в случае углубления топки (ниже пола котельной) эта высота может быть сокращена на глубину приямка;

2) расстояние от фронта котла до противоположной стены котельной должно быть не менее 5 м; при меньшем расстоянии в стене устраивается ниша соответствующей глубины;

3) свободный доступ к выносной топке для бокового обслуживания ее, для размещения воздухопроводов, вентилятора, лестниц и прочего оборудования.

На основании результатов балансовых испытаний рекомендуются следующие расчетные параметры, которые могут быть использованы при проектировании топок к жаротрубным котлам с поверхностью нагрева 70—100 м² при сжигании со средней форсировкой кускового торфа стандартного качества ($W^p = 33\%$, $A^c = 10\%$, содержание мелочи — порядка 25%, $Q_u^o \approx 2900$ ккал/кг):

тепловой баланс топки:

теплопотери от химического недожога $q_3 = 1,5\%$,

теплопотери от механического недожога $q_4 = 2,5\%$,

теплопотери в окружающую среду и прочие, неучтенные $q_5^m = 2,0\%$,

сумма теплопотерь топки $\Sigma q^m = 6,0\%$,

к. п. д. топки $\eta_m = 94\%$,

коэффициент избытка воздуха $\alpha_m = 1,3\%$,

видимое тепловое напряжение зеркала горения активной площади зажимающей решетки $\frac{B \cdot Q_n^p}{R_{зж.реш}} = 1600$ тыс. ккал/м²ч,

видимое тепловое напряжение топочного пространства (без жаровых труб) $\frac{B \cdot Q_n^p}{V} = 600$ тыс. ккал/м³ч,

давление дутьевого воздуха — 40 ÷ 50 мм вод. ст.

Таблица 25

Сопоставление показателей скоростной топки и стандартной шахтной полумеханической топки для жаротрубного котла

Показатели	Топка скоростного горения	Стандартная топка
Коэффициент полезного действия котлоагрегата $\eta_{ка}$ без хвостовых поверхн. нагрева на торфе стандартного качества, %	65	55
Максимальный удельный паросъем $\frac{D}{H}$, кг/м ² ч	30—35	20
	Легкая приспособляемость к изменению нагрузки	Инертность
Максимальная влажность торфа W^p , %	55	45
Максимальное содержание мелочи, %	75	20
Максимальная зольность торфа A^c , %	20	10
Шлакоудаление	На ходу, сброс шлака в зольник; давление пара повышается после чистки топки	С остановкой и выжигом торфа в шахте; резкое падение давления пара при чистке топки
Расход металла, т	5,5	4,0
в т. ч. на зажимающую решетку	1,2	—
Уд. расход металла на 1 т/ч пара, т/т	1,6	2,0
Расход огнеупорного кирпича, тыс. шт.	4	9
Расход строительного кирпича, тыс. шт.	7	10,5
Габариты топки	Малогабаритность	Громоздкость
Минимальное расстояние от фронта котла до стены котельной, м	5	5,5
Стоимость топки при серийном изготовлении конструкции, руб.	55 000	45 000

Топка может работать и на низкосортном торфе — с влажностью до 55%, с зольностью до 20%, с содержанием мелочи до 75%, но показатели работы при этом соответственно снижаются. Между тем существующие топки со свободно залегающим слоем торфа на низкосортном торфе работать не могут (см. выше, стр. 40). Даже стандартная топка, сконструированная проф. К. В. Киршем специально для торфа, может сжигать кусковой торф с влажностью не выше 40—45%, содержащий не более 10% золы и 15—20% мелочи, тогда как котельные снабжаются торфом значительно худшего качества.

Технический проект новой топки рассматривался и обсуждался в комиссии с участием местных специалистов и ученых, а также представителей министерств, проектных организаций и инспекции Котлонадзора; полученные и признанные приемлемыми рекомендации учтены при оформлении проекта.

Ввиду того что новая топка для сжигания торфа в котлах малой мощности должна заменить собой стандартную шахтную полумеханическую топку, приводится таблица 25, в которой даются основные показатели этих топок.

Расчетные параметры топок для водотрубных котлов различной мощности приведены в таблице 26 [31].

Таблица 26

Расчетные параметры топок водотрубных котлов

Параметры	Влажность торфа W^p , %			
	35—40	40—45	45—50	50—55
Коэффициент избытка воздуха в механической шахтно-цепной топке со скоростным предтопком	1,20	1,25	1,35	1,40
Коэффициент избытка воздуха в ручной топке	1,30	1,40	1,50	1,55
Видимое тепловое напряжение зеркала горения ¹ $\frac{B \cdot Q_n^p}{R}$, ккал/м ² ч	2,2 · 10 ⁶	2,2 · 10 ⁶	2,0 · 10 ⁶	1,8 · 10 ⁶
Потери от мех. и хим. недожога (q_3 и q_4), %	3—4	3—4	3—4	3—4
Давление дутьевого воздуха в мм вод. ст.	80	80	80	80

Видимое тепловое напряжение топочного объема (до первого ряда труб): для установок с паропроизводительностью более 20 тонн в час — до 250 000 ккал/м³ч, для установок небольшой мощности — до 350 000 ккал/м³ч.

¹ Зеркало горения — от пола до верхнего пережима.

6. ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТОПКИ В ПРОИЗВОДСТВО

В целях содействия внедрению новой топki результаты ее испытания опубликованы в сборнике трудов Института энергетики и электротехники АН Латвийской ССР «Вопросы энергетики» (вып. II и IV), в журнале «Теплоэнергетика» (№ 12 за 1954 г.) и в отдельных статьях, помещенных в местной прессе.

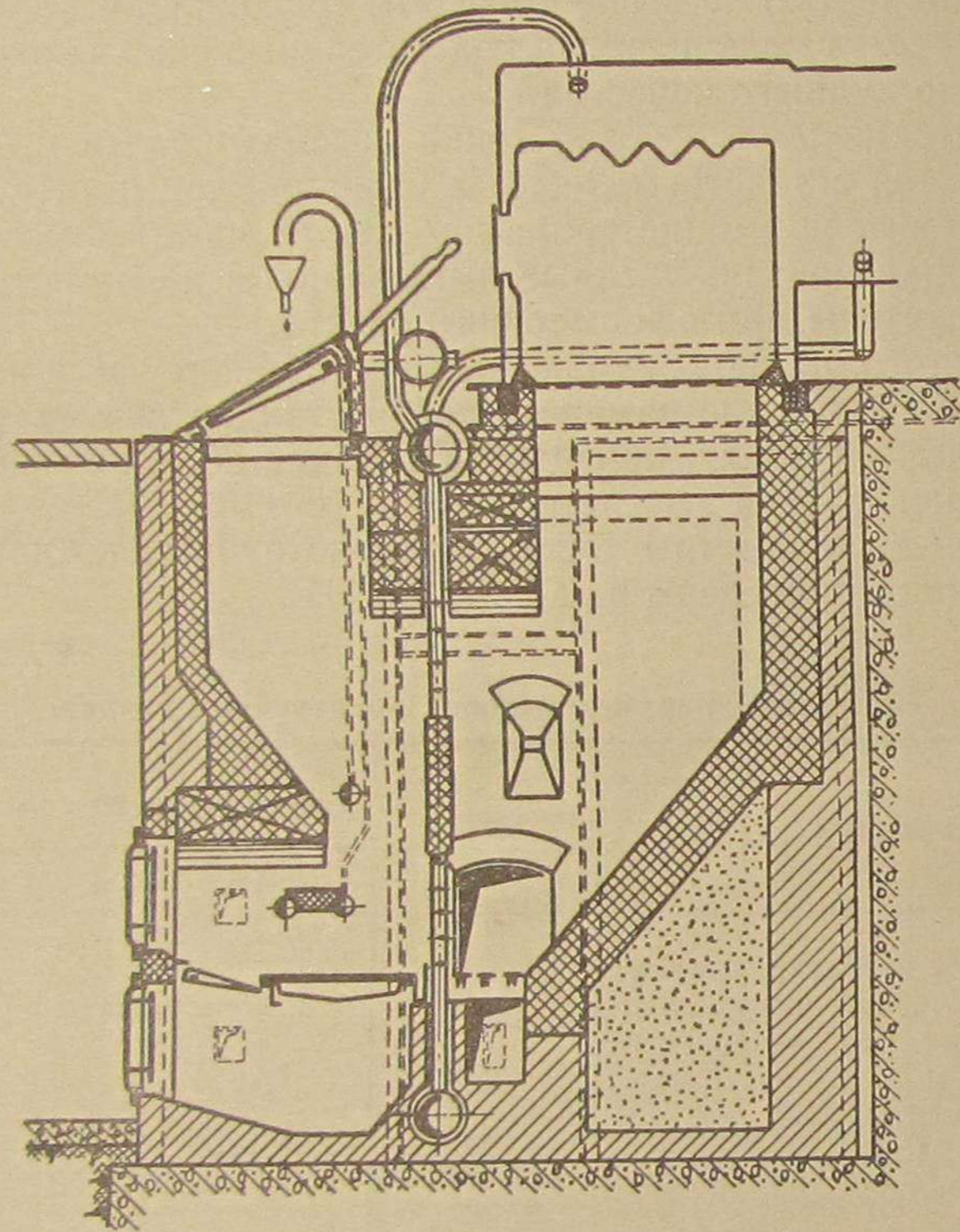


Рис. 60. Компоновка топki скоростного горения для торфа с локомотивным котлом при наличии золowego подвала.

На совещании по использованию торфа, организованном Министерством местной и топливной промышленности Латвийской ССР с участием Академии наук республики и проведенном 16—17 апреля 1957 г., было подчеркнуто, что основной причиной, тормозящей широкое внедрение скоростной топki для торфа, являются крупные недостатки в снабжении торфом, и были намечены мероприятия по упорядочению торфяного хозяйства.

Совет Министров Латвийской ССР вынес решение, обязываю-

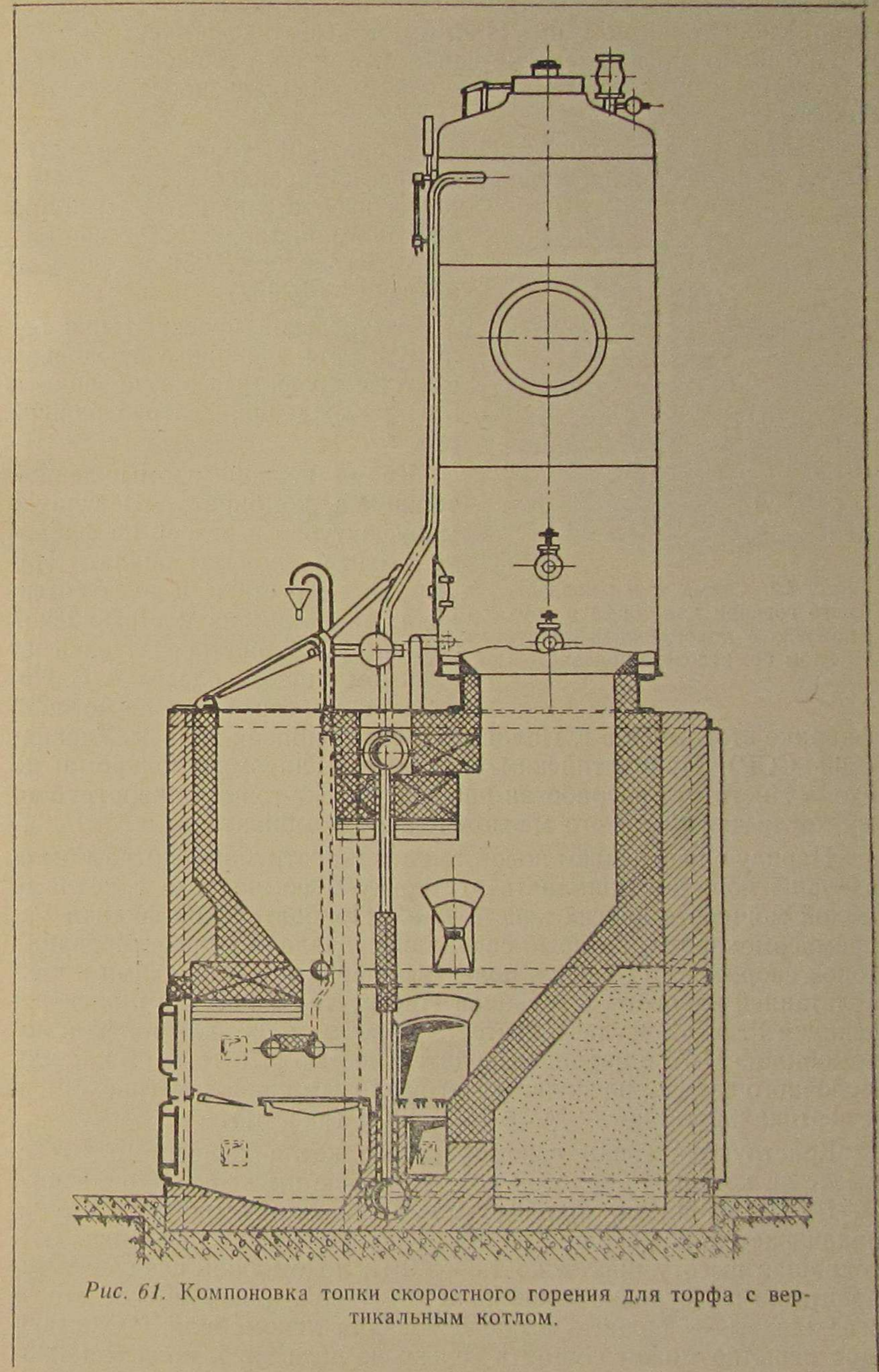


Рис. 61. Компоновка топki скоростного горения для торфа с вертикальным котлом.

щее внедрять на предприятиях легкой и пищевой промышленности республики топки по схеме Института энергетики и электротехники; Госплану предложено не допускать срыва снабжения торфом тех котельных, которые имеют топки, специализированные под торф.

Работа по сжиганию торфа в скоростной топке с зажатым слоем в котлах малой мощности зарегистрирована в Комитете по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР с приоритетом 6 декабря 1956 г. (удостоверение № 52992).

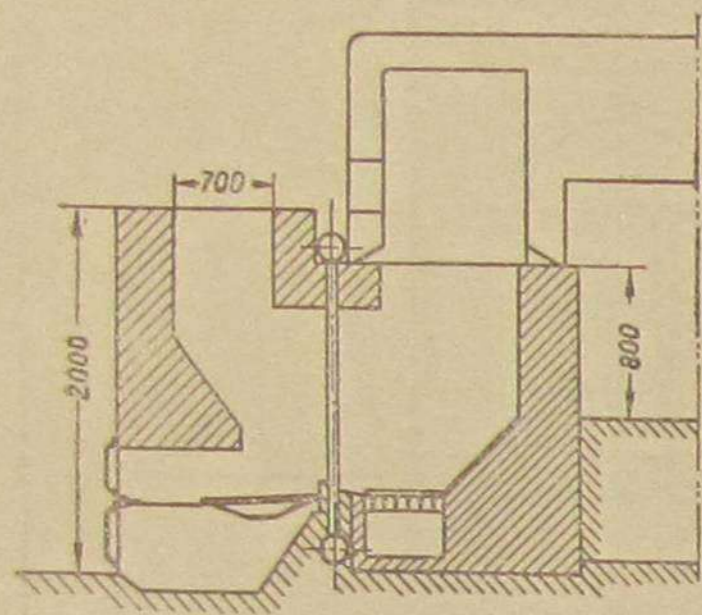


Рис. 62. Схема топки скоростного горения для торфа в компоновке с локомотивным котлом без золового подвала.

Технический проект топки получили для широкого внедрения местные проектные организации и все учреждения, затребовавшие его.

Кроме первой промышленной топки на комбинате «Засулаука мануфактура» и второй на фабрике «Лента», по материалам Института энергетики и электротехники Академии наук Латвийской ССР в 1956 г. построена топка на Рижском радиозаводе им. А. С. Попова и на сортировочно-моечной

фабрике вторсырья в г. Полонское (Хмельницкая область Украинской ССР). Прибалтийским филиалом Гипромасомолпрома по схеме Института разработан рабочий проект топки к жаротрубному котлу для Рижского масложирового комбината.

Наряду с внедрением новой топки к жаротрубным котлам были сделаны попытки применять эту топку в компоновке с котлами малой мощности других конструкций. Прибалтийский филиал Гипромасомолпрома, который специализировался на проектировании топок скоростного горения, пользуясь нашими материалами и консультацией научного сотрудника Института энергетики и электротехники Г. А. Мангулиса, составил проекты топки для торфа к локомотиву П-75 с паропроизводительностью 0,75 тонны в час для молочного завода, располагающего золовым подвалом (рис. 60), и к вертикальному котлу ММЗ-МОЦКТИ (рис. 61).

Конструкция топки локомотивного котла зависит от того, имеет ли котельная золовой подвал или не имеет его. По мнению В. В. Померанцева, при отсутствии подвала устройство его не оплачивается и можно строить бесподвальную топку (рис. 62), сокращая высоту шахты до 1,5—2,0 м; локомотив следует установить на подмуровке выше пола котельной, а загрузочное отверстие шахты — поднять выше основания локомотива. Зажимающая решетка может состоять только из пяти труб, причем закла-

дывать крайние трубы в обмуровку нет надобности. Боковые стены обмуровки можно строить толщиной в полтора кирпича (один кирпич строительный и полкирпича шамотного), так что ширина топки составит 1650 мм, длина нижнего коллектора — 1700 мм, а верхнего — 1200 мм. Верхний коллектор зажимающей решетки соединяется с паровым, а нижний — с водяным пространством котла только двумя трубами. Шахта имеет два пережима — верхний шириной 460 мм и нижний — 350 мм.

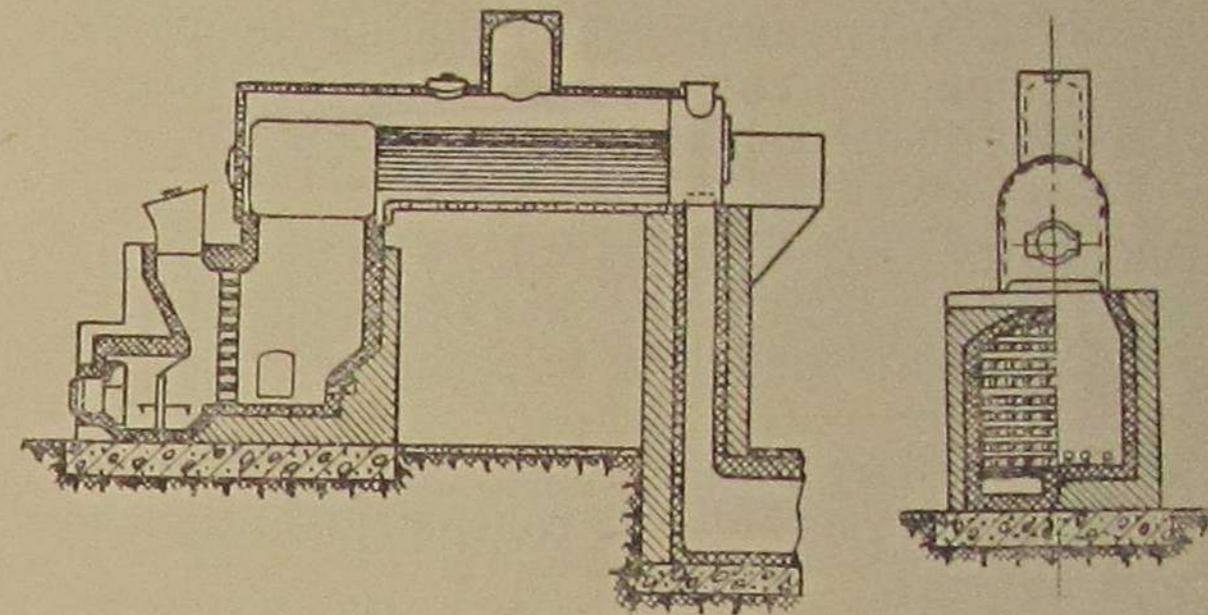


Рис. 63. Схема топки скоростного горения с шамотной зажимающей решеткой для локомотива.

Схема скоростной топки для торфа в компоновке с вертикальным котлом ММЗ-МОЦКТИ показана на рис. 61. При конструировании топок для локомотивных и вертикальных котлов сохранены основные узлы скоростной топки.

Как упоминалось выше (см. стр. 47), Лесотехническая академия им. С. М. Кирова разработала конструкцию упрощенной скоростной топки для сжигания древесных отходов в локомотивных котлах; при этом трубчатая зажимающая решетка заменена решеткой из шамотного кирпича (рис. 63), колосниковая решетка может отсутствовать. Ввиду того что топка с успехом применяется для сжигания сырых опилок и конструкция ее весьма проста и дешева, в 1955 г. была сделана попытка применить эту же топку для сжигания торфа. Так как в Латвийской ССР не было ни одной топки этой конструкции, в 1955 г. на Рижском ДОКе была построена первая топка по схеме ЛТА. Опыт показал, что топка хорошо работает на сырых мелких древесных отходах, в основном на опилках, но при сжигании смеси сухих опилок со стружкой кирпичная зажимающая решетка и обмуровка топки зашлаковываются и разрушаются в течение нескольких месяцев. Шлакование и неудобство удаления шлака затрудняют применение этой топки для сжигания торфа, особенно при высокой его зольности.

ДОСТИГНУТЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЖИГАНИЯ ТОРФА И РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты испытания и длительная эксплуатация первых топков скоростного горения для торфа к жаротрубным котлам позволили установить, что применение принципа скоростного горения в зажатом слое при сжигании торфа в котлах малой мощности вполне возможно, целесообразно и осуществляется достаточно успешно.

Применение этого метода предусмотрено также при сжигании торфа в котлах ДКВ. Принципиальная рациональность схемы, надежность новой топки в работе и высокая ее эффективность уже доказаны.

Топка может работать на торфе со средней влажностью до 55%, с зольностью до 20% и с содержанием крошки или фрезерного торфа до 75%.

Достигнутые результаты приводят к выводу, что новая топка в весьма значительной степени удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к современным топочным устройствам малой мощности, отличаясь высокой производительностью и достаточной экономичностью, приспособляемостью к широким колебаниям качества торфа и нагрузки, надежностью в эксплуатации, простотой конструкции, легкостью обслуживания, механизацией топливоподачи. Благодаря этим особенностям новая топка стала уже широко внедряться в производство. Это позволяет разрешить задачу перевода на торф многочисленных котлов малой мощности, весьма распространенных в Латвийской ССР и расходующих дальнепривозное каменноугольное топливо.

Значение решения этой задачи усугубляется тем, что до настоящего времени не было создано рационального топочного устройства, которое не только обеспечивало бы высокую экономичность при сжигании кондиционного торфа, но и позволяло бы без особого осложнения эксплуатации поддерживать близкую к номинальной паропроизводительность котла на торфе повышенной и высокой влажности, а также с большим содержанием мелочи. Скоростные топки ЦКТИ системы В. В. Померанцева, обладающие более благоприятными эксплуатационными характеристиками, до сего времени не были приспособлены к установке под котлами малой мощности и не были опробованы в этих специфических условиях.

Оборудование новой топкой котла с поверхностью нагрева порядка 100 м² может высвободить в год около 4000 тонн дальнепривозного каменноугольного топлива, которое заменяется местным

топливом — торфом, дать экономию до 500 тонн условного топлива в год благодаря повышению к. п. д. установки и повышению паропроизводительности; облегчается также труд кочегаров.

Помимо достижения описанных результатов, имеющих главным образом практическое значение, разработана методика исследования специфических топочных процессов в новой топке, сконструирован ряд специальных приборов для таких исследований, получены характеристики процессов сушки торфа в топочной шахте и горения в слое и в топочной камере, установлены зависимости показателей работы установки от качества торфа и режима его сжигания.

Наряду с полученными положительными результатами, выявлены и некоторые недостатки разработанной схемы топочного устройства, найдены пути к ее усовершенствованию, а также намечены направления дальнейшей работы по рационализации использования торфа применительно к выдвинутым новейшим принципам.

Как уже упоминалось, опыт показал, что при достижении средней влажностью торфа уровня 50% показатели работы топки резко снижаются, а при средней влажности выше 55% горение становится неустойчивым, топка начинает глохнуть и для поддержания горения требуется подсвечивание высококалорийным топливом, которое не всегда имеется в распоряжении котельной, причем такое мероприятие может вредно отразиться на прочности и сроке службы топки.

Наряду с этим, котлы малой мощности, как правило, не имеют хвостовых поверхностей нагрева, а потому дымовые газы уходят в трубу с высокой температурой — порядка 350—400°C, унося тепло, которое могло бы быть использовано для подсушки высоковлажного торфа, часто поступающего в наши котельные. Учитывая возможность периодической подачи торфа с влажностью выше браковочного предела (50%), а также в целях повышения к. п. д. установки целесообразно переходить на предварительную сушку торфа уходящими газами котла по разомкнутому циклу. Высокое содержание мелочи в кусковом торфе должно обеспечить достаточное охлаждение газов в относительно тонком слое торфа.

Так как добыча фрезерного торфа полностью механизирована, цена его значительно ниже цены кускового торфа; реакционная способность фрезерного торфа значительно выше реакционной способности кускового торфа ввиду большей удельной поверхности первого. Поэтому следует добиваться максимального использования в скоростных топках фрезерного торфа, вплоть до полного отказа от применения кускового торфа. Большое внимание должно уделяться изучению сушки фрезерного торфа горячими газами.

Во избежание остановки котлоагрегата со скоростной топкой без сушилки торфа при случайном, временном поступлении торфа со средней влажностью выше 55% желательно разработать конструкцию комбинированного топочного устрой-

ства, в котором обычно сжигался бы торф с влажностью ниже 55%, но которое для случая, когда влажность торфа была бы более высокой, имело бы вторую топку, рассчитанную на каменноугольное топливо, или, в случае необходимости, могло бы быть полностью переведено с торфа на каменный уголь.

Одним из новых направлений развития скоростных топок для торфа может быть сочетание скоростного предтопка с неподвижной ступенчатой решеткой или с горизонтальной решеткой, оборудованной шурующей планкой. Необходима разработка схемы механизированного золоудаления.

Положительные опыты перехода от простого сжигания топлива к комбинированному его использованию в виде технологического сырья для получения ценных продуктов указывают новый этап работы — исследование процессов в установке с каскадной сушилкой торфа, швельшахтой (для получения из торфа горючего газа и жидких продуктов швелования) и скоростной топкой (для сжигания твердого остатка — полукокса).

ЛИТЕРАТУРА

1. Директивы XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 годы. Госполитиздат, 1956.
2. Т. М. Анисимова и П. И. Зотов. Шахтно-цепная топка с предтопком скоростного горения. Центр. котельно-топочн. инст., отчет 1951 г.
3. К. Ю. Ванаг. Изменение свойств верхнего слоя торфа на осушенных торфяниках. Канд. диссертация, Латв. с.-х. акад., 1956 г.
4. А. С. Горшков. Техничко-экономические показатели тепловых электрических станций. Госэнергоиздат, 1949.
5. В. Н. Дешкин. Методика испытания и исследования котельных установок. Машгиз, 1947.
6. В. Дирба. Определение теплотворной способности торфа по содержанию в нем влаги золы и по степени разложения. «Известия АН Латв. ССР», 1954, № 11.
7. Е. А. Жук. Получение фрезерного торфа на верховой залежи при интенсивной переработке торфомассы. Канд. диссертация, АН БССР, 1955 г.
8. П. А. Жучков. Тепловые процессы в скоростной топке для торфа. Канд. диссертация, ЦКТИ, 1948 г.
9. Т. А. Зикеев и А. И. Корелин. Анализ энергетического топлива. Госэнергоиздат, 1948.
10. П. Н. Кендысь и И. К. Барштейн. Топки для сжигания местных топлив. Госэнергоиздат, 1949.
11. Г. Ф. Кнорре. Исследование процесса горения натурального топлива. Госэнергоиздат, 1948.
12. Г. Ф. Кнорре. Тепловые расчеты по газовому анализу. Госэнергоиздат, 1947.
13. М. В. Кражовский. Исследование работы топки скоростного горения для торфа к котлу малой мощности. Канд. диссертация, Ленингр. политехн. инст., 1954 г.
14. М. В. Кражовский. Сжигание торфа на механической наклонно-переталкивающей решетке системы Ломшакова — Круль. «За экономию топлива», 1951, № 6.
15. М. Кражовскis. Kūdras kurtuves mazjaudas tvaika katliem. LVI, 1948.
16. М. В. Кражовский и Г. А. Мангулис. Топка скоростного горения для торфа к котлу малой мощности. «Теплоэнергетика», 1954, № 12.
17. Н. Н. Кулаков. Введение в физику торфа. Госэнергоиздат, 1947.
18. Л. Лиепинь. Торфяной фонд Латвийской ССР. Латтопроект, отчет 1950 г.
19. М. А. Микеев. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат, 1949.
20. P. Nomals. Vidzemes un Latgales purvu apskats. Zemes bagātību pētīšanas instituta raksti, IV, 1. Rīgā 1943.
- 20a. P. Nomals. Kurzemes purvu apskats. RLB Zinātņu komitejas 22. B rakstu kr. Rīgā 1937.
- 20b. P. Nomals. Zemgales purvu apskats. LU raksti, Lauks. fak. serijs, IV, 1939.

21. В. В. Померанцев. Вопросы интенсификации топочных процессов (скоростное сжигание топлив в слое). Докт. диссертация, ЛПИ, 1957 г.
22. В. В. Померанцев. Топки скоростного горения для древесного топлива. Машгиз, 1948.
23. В. В. Померанцев и П. А. Жучков. Освоение скоростного сжигания торфа в топке ЦКТИ системы В. В. Померанцева. ЦКТИ, отчет 1948 г.
24. А. К. Сильницкий. Местные топлива в мелких промышленных котельных. Лениздат, 1946.
25. Б. Б. Стернин. Исследование топок скоростного горения для сжигания древесного топлива. Канд. диссертация, ЦКТИ, 1950 г.
26. К. Д. Сыркина. Исследование процесса при энергетическом использовании древесины в топке-генераторе ЦКТИ. Канд. диссертация, Ленингр. лесотехн. академия им. Кирова, 1953 г.
27. С. В. Татищев. Рациональные методы сжигания торфа в котельных установках. Госэнергоиздат, 1946.
28. С. В. Татищев. Топочные устройства промышленных котельных. Госэнергоиздат, 1956.
29. Торфяной промышленности СССР — 40 лет. Госэнергоиздат, 1957.
30. Г. К. Филоненко и П. Д. Лебедев. Сушильные установки. Госэнергоиздат, 1952.
31. Топки скоростного горения ЦКТИ системы В. В. Померанцева для паровых котлов. Главкотлопром, 1955.
32. З. Ф. Чуханов и Л. Н. Хитрин. Энерготехнологическое использование топлива. Изд. АН СССР, 1956.
33. В. С. Шереметьев. Топки скоростного горения для древесных отходов. «Лесная промышленность», 1953, № 8.
34. М. М. Щеголев. Топливо, топки и котельные установки. Госстройиздат, 1953.
35. Институт энергетики и электротехники АН Латвийской ССР, научные отчеты по темам:
 - а) Энергетический баланс и внутрисистемные связи Латв. ССР (1955 г.);
 - б) Сжигание торфа в топках с колосниковыми решетками (1949 г.);
 - в) Слоевое сжигание кускового торфа с мелочью (1950 г.);
 - г) Процесс сжигания торфа в выносной топке с зажатым слоем для котлов малой мощности (1952—1955 гг.);
 - д) Процесс сжигания торфа в зажатом слое топки с каскадной сушилкой для котлов малой мощности (1956 г.).
36. E. G. Graf. Querstromzündung in Brennstoffbetten. «Brennstoff, Wärme, Kraft», Bd. 8, 1956, Nr. 2.

ИНСТРУКЦИЯ

по обслуживанию скоростной топки для торфа с жаротрубным котлом без сушилки

Для обслуживания скоростной топки назначаются только те кочегары, которые прошли государственные курсы для кочегаров паровых котлов и выдержали экзамены по установленной программе. В связи с этим настоящая инструкция не повторяет общих правил обслуживания обычных котлоагрегатов.

Растопка

1. До растопки открыть вентили водопровода для пропуска холодной воды, охлаждающей трубы-балки, расположенные в топке, убедиться в том, что вода вытекает из них, и установить небольшой расход.
2. На колосниковую решетку через фронтные дверцы заложить сухие дрова, а шахту и бункер заполнить сухим кусковым торфом без мелочи.
3. Открыть на $\frac{1}{3}$ шибер за котлом, через фронтные дверцы зажечь топливо в нескольких местах и проводить растопку при естественной тяге. Закрывать шуровочные дверцы, а также заслонку на главном воздуховоде дутьевого вентилятора. Воздух, необходимый для горения, пропускать через дверцы зольника. Минимальная продолжительность растопки от холодного состояния котла до полного рабочего давления — 5 часов, причем в течение первой половины этого времени воду в котле необходимо согреть только до кипения, а за остальное время следует поднять давление до рабочего.

Обслуживание топки во время работы

4. Все время, пока в топке горит топливо, следить, чтобы через трубы-балки, помещающиеся в топке, протекала вода в сливную воронку. Температура воды не должна превышать 50°C , но и не быть ниже 30° ; это регулируется количеством пропускаемой воды.
5. Во время работы топки топливный бункер должен быть заполнен торфом выше чем до половины.
6. Чтобы торф не застревал в шахте, торфины длиной свыше 350 мм должны разламываться пополам, а смерзшиеся глыбы должны разбиваться; случайно образующиеся заторы, препятствующие сползанию торфа вниз, следует ликвидировать посредством кочегарной пика, действуя через оставленный для этой цели люк в боковой стене топки.
7. Если торф загорится в бункере, что может произойти при использовании сухого торфа и неполном бункере, немедленно заполнить бункер доверху; если это не устранило горения в бункере, необходимо осторожно полить торф водой, пользуясь приготовленным для этой цели рукавом, подсоединенным к водопроводу.
8. В случае сжигания высоковлажного торфа, содержащего промокшие насквозь торфины, когда из-за накопления их в нижней части шахты горение

становится неустойчивым, для предотвращения срыва работы топки необходимо прибегать к «подсвечиванию», подавая сухой торф или дрова через боковую дверцу на дожигательную решетку и через фронтальные дверцы — на колосниковую решетку под шахтой.

9. При работе топки без дутьевого вентилятора горение регулируется посредством зольных и шуровочных дверей, а при вентиляторном дутье — шибером на главном воздухопроводе; положение же шиберов на ответвлениях воздухопровода определяется заранее для каждого сорта торфа. Шибера для подачи воздуха под дожигательную решетку регулируются отдельно — в зависимости от слоя топлива и накопления шлака на этой решетке. Разрежение в топочном пространстве (в пределах от 2 до 4 мм вод. ст.) устанавливается посредством шибера за котлом.

10. Для отвода воды, охлаждающей топочные балки-трубы, должны быть два направления: одно — в бак питательной воды, другое — в канализацию через продувочную линию котла.

До начала продувки котла или нижнего коллектора зажимающей решетки необходимо открыть вентиль трубопровода охлаждающей воды в питательный бак и закрыть вентиль на трубопроводе в канализацию. Продувку нижнего коллектора зажимающей решетки производить один раз в сутки, делая соответствующую запись в журнале котельной.

11. Чистку топки производить два раза в смену; при работе с малой нагрузкой на малозольном торфе чистка может производиться раз в смену. При чистке соблюдать следующие правила:

- а) если сжигается торф с большим содержанием мелочи (или с фрезерным торфом), то за час до чистки топку подавать в шахту крупный кусковой торф без мелочи;
- б) если сжигается слишком сухой или многозольный торф, то примерно за полчаса до чистки топку пускать вместе с дутьевым воздухом пар под решетку топочной шахты, открывая вентиль специально для этой цели пристроенного паропровода.

Остановка топки

12. При остановке топки выключить дутьевой вентилятор в то время, когда уровень торфа в шахте понизится до потолочного свода топки. Шибера за котлом оставить немного открытым.

13. Закрыть верх бункера крышкой.

14. При аварийной остановке топки выключить дутьевой вентилятор, основную массу горящего топлива удалить через фронтальные и боковые дверцы и на полу котельной потушить водой.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Характеристика торфа Латвийской ССР	5
1. Торфяные ресурсы Латвийской ССР	5
2. Качественные показатели кускового топливного торфа	10
Глава II. Слоеое сжигание торфа в топках котлов малой мощности	20
1. Сжигание торфа в топках со свободно залегающим слоем на колосниковых решетках	20
2. Сущность, особенности и преимущества метода скоростного сжигания топлива в зажатом слое	41
3. Развитие и область практического применения метода скоростного сжигания	43
Глава III. Топка по схеме Института энергетики и электротехники АН Латвийской ССР для скоростного сжигания торфа в жаротрубном котле	54
1. Создание экспериментальной базы	54
2. Описание топки	55
3. Испытание работы топки	66
4. Эксплуатация топки	101
5. Технический проект новой топки	108
6. Внедрение новой топки в производство	112
Глава IV. Достигнутые результаты и направления дальнейшей работы по интенсификации сжигания торфа и рационализации его использования	116
Литература	119
Приложение: Инструкция по обслуживанию скоростной топки для торфа к жаротрубным котлам без сушиллки	121

Михаил Викентьевич Кражовский
ТОПКИ СКОРОСТНОГО ГОРЕНИЯ
ДЛЯ ТОРФА К КОТЛАМ
МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Редактор *С. Леви.*
Технический редактор *Р. Бокман.*
Корректор *И. Шульц.*

Сдано в набор 4 апреля 1958 г. Подписано к печати
4 сентября 1958 г. Формат бумаги 60×92¹/₁₆. 7,75 физ.
печ. л.; 7,75 усл. печ. л.; 7,78 уч.-изд. л. Тираж
1000 экз. ЯТ 08492. Цена 5 руб. 45 коп.
Издательство Академии наук Латвийской ССР,
г. Рига, ул. Смилшу № 1. Отпечатано в типогра-
фии № 2 «Советская Латвия» Главного управле-
ния издательств, полиграфической промышленно-
сти и книжной торговли, г. Рига, ул. Дзирнаву № 57.
Заказ № 5198.