

НКМТП УССР

УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

622.23

МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

„УКРИНСТОПЛИВО“

И 71

ТРУДЫ УКРИНСТОПЛИВА

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

(СЕДЬМОЙ)



УКРГИЗМЕСТПРОМ

6400

НКМТП УССР
УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ
„УКРИНСТОПЛИВО“

622.33

1774

ТРУДЫ УКРИНСТОПЛИВА

ВЫПУСК I (VII)

6400-
Украинский
Институт
6000

проверено
1966 г.

УКРАИНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МЕСТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КИЕВ—1940

Редактор *С. В. Курдюмов*
Технический редактор *Г. Д. Зинченко*

Литредактор *Х. В. Симонов*

БМ — 7411
Заказ № 2312. Тираж 500
Печатных листов 8
Бумажных листов 4

Формат бумаги $72 \times 105 \frac{1}{16}$
Знаков в 1 печ. листе 59.280
Сдано в производство 10/XII 1939 г.
Подписано к печати 28/VIII 1940 г.

НКМП УССР УКРПОЛИГРАФТРЕСТ 4 полиграффабрика—Киев, пл. Калинина, 2.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исторический XVIII съезд ВКП(б) подвел итоги успешного выполнения второго пятилетнего плана.

Съезд констатировал, что „главная и решающая хозяйственная задача второй пятилетки — завершение технической реконструкции народного хозяйства СССР — в основном выполнена“¹.

„На основе победоносного выполнения второго пятилетнего плана и достигнутых успехов социализма, СССР вступил в третьем пятилетии в новую полосу развития, в полосу завершения строительства бесклассового социалистического общества и постепенного перехода от социализма к коммунизму“².

Съезд поставил перед страной задачу „догнать и перегнать также в экономическом отношении наиболее развитые капиталистические страны Европы и Соединенные Штаты Америки“³.

В связи с этим съезд дал ряд важнейших установок и заданий в области третьего пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, в частности определил увеличить добычу торфа в 2,06 раза и бурого угля в 2,6 раза.

Съезд предложил широко развернуть газификацию всех видов топлива, в крупных городах дровяное отопление заменять газовым, развить использование коксовых и доменных газов.

Дана установка о широком внедрении новейшей энергетической техники; отмечено, что важнейшей задачей всех предприятий в области энергохозяйства является экономия топлива.

Постановления XVIII съезда ВКП(б) являются основой всей нашей дальнейшей работы.

Издавая помещенные в настоящем сборнике работы по газификации торфов УССР в газогенераторах промышленного типа (получение смешанного газа), в мощных домах-газогенераторах (последняя работа является одним из вариантов газоснабжения Киева — выбор типа газового завода) и по сжиганию бурых углей УССР, Украинский научно-исследовательский институт тем самым включается в практическую реализацию установок XVIII съезда ВКП(б) в области добычи и использования местных топлив.

Укринстопливо

¹ Резолюции XVIII съезда ВКП(б), Государственное издательство политической литературы, 1939, стр. 8.

² Там же, стр. 11.

³ Там же, стр. 12.

Доц. М. В. КАНТОРОВ и инж. Е. М. ВИТАЛЬЕВА

ОПЫТЫ ГАЗИФИКАЦИИ ТОРФОВ УССР В МЕХАНИЗИРОВАННОМ ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ СО ШВЕЛЬШАХТОЙ

ВВЕДЕНИЕ

До настоящего времени газификация украинских торфов производится в шахтных газогенераторах с неподвижной решеткой (простая колосниковая, по типу „дахрост“ и „Сименс-дахрост“).

В некоторых из указанных установок газификация торфа (при невысокой зольности его) проходит достаточно удовлетворительно. Однако, и в этих установках имеется ряд весьма существенных недостатков, выражающихся в следующем:

- 1) невысокая производительность;
- 2) ручное обслуживание, особенно тяжелое при увеличивающейся зольности исходного торфа;
- 3) ухудшенный состав газа вследствие наличия прогаров, неизбежных при этом типе генераторов.

При повышенной и высокой зольности шахтные газогенераторы оказываются непригодными, так как производительность их при этом падает, качество газа сильно ухудшается, условия же обслуживания становятся очень тяжелыми, особенно при легкоплавкой золе.

Об этом свидетельствует практика работы газогенераторов Полтавского и Козелецкого клинкерных заводов, где при работе на зольном торфе производительность шахты составляет всего лишь 4—6 т в сутки.

Значительные трудности при газификации местного зольного торфа возникли и на Гостомельском стекольном заводе в шахтных газогенераторах с колосниковой решеткой типа „Сименс-дахрост“ с применением паровоздушного дутья; условия шуровки и чистки решетки создавались здесь исключительно тяжелые.

Из опыта работы газогенераторов на зольном украинском торфе на небольших заводах вытекает, что для более крупных заводов установка газогенераторов с ручным обслуживанием на таких торфах недопустима и подавно. Ввиду этого можно считать, что внедрение теперь торфяных механизированных газогенераторов для ряда предприятий УССР является не только своевременным, но, в силу особенностей украинского торфа, безусловно необходимым; масштаб предприятия, для которого допустима установка газогенераторов механизированного типа, должен быть, вследствие указанного, меньшим, чем для других районов СССР.

Проектирование станций с механизированными газогенераторами для украинских торфов производилось в разное время для ряда предприятий—машиностроительного завода им. Фрунзе в Сумах, Киевского газового завода, Коростенского фарфорового и др.

Принятым типом механизированного газогенератора для газификации торфа является, как известно, газогенератор со швельшахтой по типу АФГ, в дальнейшем несколько видоизмененный Газогенераторстроем.

Газификация торфа с получением смешанного генераторного газа в этом типе газогенераторов нашла в СССР наибольшее распространение.

Это объясняется как особенностями смешанного генераторного газа, удовлетворяющего основные промышленные нужды, так и удачной конструкцией самого газогенератора.

При газификации торфа в этих газогенераторах обеспечивается сравнительно высокая производительность агрегата при минимальных трудовых затратах; получаемый газ имеет рабочую теплопроизводительность около 1500 кал/м^3 при относительно больших колебаниях влажности в исходном торфе, высокий общий и термический коэффициенты полезного действия.

Положительной особенностью конструкции механизированного газогенератора этого типа является также и то, что при нем обеспечивается получение в виде побочного продукта первичной торфяной смолы, являющейся ценным сырьем для переработки и потому важным фактором, удешевляющим основной продукт—газ.

Из осуществленных в СССР газогенераторных механизированных установок на торфе следует упомянуть газостанции в Гусе-Хрустальном, Горьком, Гомеле, Иванове, Свердловске (Уралмашзавод), Тагиле (Уралвагонострой), Ленинградской области (Тихвинский завод) и др.

Все эти установки работают на малозольном торфе с зольностью не выше 10% на абсолютно сухую массу, торфе верховом, переходном, частично низинном.

Рядовой украинский торф имеет, как известно, зольность более высокую, причем, как правило, зола эта относится к разряду легко- и среднеплавких. По своему происхождению украинский торф почти целиком низинный со всеми вытекающими отсюда последствиями, в частности склонностью к образованию крошки, что имеет для газификации чрезвычайно большое значение.

Имеют также значение для аппаратурного оформления газостанций на украинских торфах характер получаемых при газификации подсмольных вод, особенности получаемого торфяного дегтя и др.

Все это явилось причиной постановки описанных ниже испытаний украинских торфов в заводских условиях—на газогенераторной станции гомельского завода им. Сталина.

Основные задачи, которые ставились при проведении испытаний, были следующие:

а) выявить возможность осуществления газификации испытуемых торфов на газогенераторах этого типа, установив режимные условия и дав необходимые технические показатели работы;

б) выявить специфические особенности этих торфов в процессе газификации, имеющие существенное значение как при проектировании газогенераторов, так и газостанции в целом.

Опыты газификации были проведены с типовым украинским торфом Бучанской торфоразработки по трем вариантам, в зависимости от характера и особенностей отдельных партий торфа.

Первый вариант — торф с зольностью 13—15% на абсолютно сухую массу, с влажностью 33—38% на рабочий торф и с содержанием крошки 30—40%.

Второй вариант — торф с зольностью 15—17% на абсолютно сухую массу, с влажностью 33—35% на рабочий торф и с содержанием крошки 35—60%.

Оба варианта были проведены на колосниковой решетке сист. Коллера без ребер, но механически укрепленной.

Третий вариант — торф с зольностью 17—23% на абсолютно сухую массу, с влажностью 36—40% и с содержанием крошки 25—30%.

Опыт был произведен на коллеровской решетке оригинальной конструкции с эксцентрически расположенным шипом в верхней части чепца.

Тут следует отметить одно важное обстоятельство, а именно: опыты, в силу ряда причин, о которых будет сказано ниже, были проведены на торфе с очень высоким содержанием крошки, особенно при втором варианте испытаний; это, конечно, не могло не отразиться на нормальном процессе газификации.

При нахождении газогенераторной станции вблизи торфоразработки, при правильной организации транспорта торфа на газостанцию таких количеств крошки в торфе не будет и, таким образом, соответствующие данные будут отличаться от полученных как стабильностью, так и величиной показателей. Однако, это обстоятельство не гарантирует от получения в отдельных случаях, наряду со стандартным, и торфа с резко повышенной влажностью, зольностью и содержанием крошки.

Проведенные опыты дают в этом отношении указания о поведении такого торфа в процессе газификации в механизированном газогенераторе.

Вместе с тем анализ работы по отдельным вариантам позволяет получить, с допустимой в практических условиях точностью, необходимые параметры для проектирования механизированных станций смешанного генераторного газа и для так называемого стандартного украинского торфа.

I. Характеристика торфа, подвергшегося испытаниям

Для испытания был взят торф с Бучанской торфоразработки. Присланный торф отличался повышенной влажностью (35—40%), очень высоким содержанием крошки и зольностью в пределах 14—17% на абсолютно сухую массу торфа.

Для проведения испытаний еще более зольного торфа было затребовано от Бучанской торфоразработки дополнительное количество торфа с зольностью 18—24% на абсолютно сухую массу торфа.

Этот торф, подобно первой партии, отличался высокой влажностью (около 38%) и повышенным содержанием крошки.

В целом торф, подвергшийся испытаниям, характеризуется следующими показателями:

1) ботанический состав — торф тростниковый с гипнумом и древесиной высокой степени разложения;

2) зольность торфа A^c (средняя) 17,3%;

3) влажность W^p (") 35,4%;

4) состав органической массы (средний) приведен в табл. 1.

Таблица 1

С	Н	Н	С	О	Всего
в п р о ц е н т а х					
54,70	5,9	3,3	0,50	35,60	100,0

- 5) теплотворная способность $Q_0^0 = 5560$ кал.;
 6) валовой анализ золы (средний) (см. табл. 2).

Таблица 2

SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O + Na ₂ O	Потери при прокаливании
в п р о ц е н т а х							
33,6	21,4	1,2	28,7	1,9	7,2	2,7	3,3

- 7) температура¹:

начала размягчения золы 1100°;
 плавления золы 1180°;

- 8) швельанализ торфа (средний) в алюминиевой реторте на сухую массу (в процентах):

полукокс	46,5
торфяной деготь	12,7
подсмольная вода	17,6
газ	23,2
	100,0

Основной особенностью торфа, подвергнутого испытаниям, явилось, как уже было отмечено, очень высокое содержание торфяной крошки, доходившее до 60% и оказавшее существенное влияние на ход и результаты проведенных испытаний.

Наличие такого значительного количества крошки, помимо естественных факторов, связанных с низинным характером торфа, объясняется также:

1) причинами эксплуатационного характера (дефекты в ведении процесса сушки на торфоразработке из-за недостатка рабочей силы) и

2) что более существенно, — моментами транспортировки торфа: для доставки к месту назначения торф перегружался несколько раз; в частности, первая основная партия торфа подверглась по вине железной дороги еще и добавочным перегрузкам из вагонов пригородного сообщения в вагоны дальнего следования. Всего было 8 перегрузок: а) из штабелей в вагонетки, б) из вагонеток в бурты у железной дороги, в) погрузка

¹ Температура здесь и далее указана по Цельсию.

в вагоны пригородного сообщения, г) выгрузка из них, д) погрузка в вагоны дальнего следования, е) выгрузка на площадке завода, ж) погрузка в вагонетки газостанции и з) выгрузка из вагонеток в бункеры.

II. Объект испытаний

Испытания бучанских торфов производились на газогенераторной станции механизированного стеклозавода им. Сталина, расположенного на ст. Костюковка (Зап. ж. д., БССР).

Газогенераторная станция, построенная в 1932 году, состояла из семи газогенераторов типа АФГ. В дальнейшем, ввиду возросшей потребности в газе, были установлены еще два таких же газогенератора.

Схема установки следующая.

Торф к газогенераторам подается по узкоколейной ветке с болота; саморазгружающиеся вагонетки емкостью в 2,5—3 т доставляют его по эстакаде длиной в 115 м на площадку четвертого этажа газостанции. Тут вагонетки опоражниваются, и торф попадает в бункеры, расположенные над газогенераторами.

Подъем вагонеток с торфом на эстакаду производится лебедкой с бесконечным тросом, идущим по направляющим каткам. Одновременно производится подъем 2—3 вагонеток.

В нижней части бункера имеется затвор с опускающейся задвижкой; при подъеме последней торф по направляющему лотку поступает в загрузочную коробку генератора (рис. 1).

Крепление затвора к нижней части бункера произведено на шарнирах, что дает возможность менять угол направления лотка, по которому торф поступает в загрузочную коробку.

Загрузочная коробка газогенератора имеет чугунный литой корпус, установленный на опорное кольцо, уложенное в верхней части швельшахты; диаметр ее 1200 мм; высота над поверхностью газогенератора 1180 мм.

Внутри коробки на штанге подвешен чугунный конусообразный затвор; в закрытом положении он прижимается к опорному кольцу.

Каждый из газогенераторов станции состоит из основной шахты — газификатора диаметром 3000 мм и высотой 4000 мм; нижняя часть газификатора имеет водяную рубашку высотой 1800 мм и шириной пароводяного пространства 200 мм; в остальной части газогенератор зафуртован огнеупорным фасонным кирпичом толщиной 250 мм.

Пароводяная рубашка газификатора посредством двух циркуляционных труб соединена с паросборником, установленным у каждого газогенератора.

Питание водяной рубашки производится через паросборник, что обычно для данной конструкции газогенераторов. На паровом котелке дополнительно установлен сухопарник, который обеспечивает подачу под генератор осушенного пара и предупреждает засорение паропроводов накипью, особенно в моменты бурного парообразования, при котором унос в паропровод воды, насыщенной минеральными примесями, неизбежен.

Пар из водяной рубашки используется вместе с добавкой пара из котельной (по мере надобности) для образования паровоздушной смеси, вдуваемой под решетку газогенератора.

Кроме того, пар используется для создания паровых завес у шуровочных лючков во время штанговки и замера зон.

Над газификатором с помощью конусообразного перехода, опирающегося на опорное кольцо, установлена швельшахта.

Высота ее — 3750 мм, внутренний диаметр — 2050 мм; швельшахта также зафутерована фасонным огнеупорным кирпичом толщиной в 125 мм.

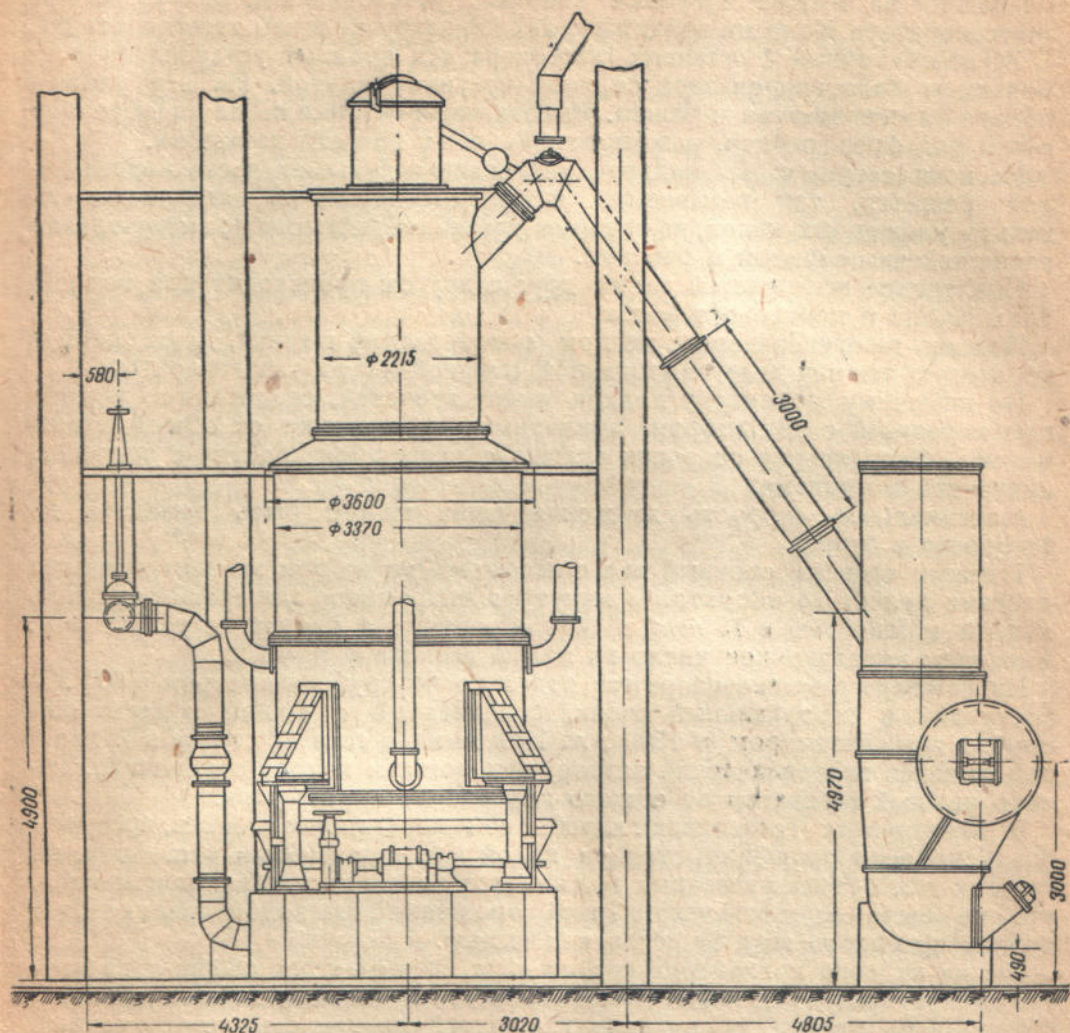


Рис. 1. Механизированный газогенератор завода им. Сталина.

Швельшахты газогенераторов завода им. Сталина при их проектировании Газогенераторстроем были укорочены против оригинальной конструкции на 750 мм. При этом предполагалось обеспечить более высокую температуру выходящего из газогенератора газа, исходя из того, что уксусная кислота в парообразном состоянии не производит разъедающего действия на металлические части.

К крышке швельшахты приварен железный цилиндр, так называемая газовая юбка, диаметром 1680 мм, изготовленный из 8-миллиметрового железа. Высота цилиндра — 1500 мм, на каковую он и опущен в генератор.

В нижней части газификатора имеется железный фартук — пояс длиной в 600 мм, нижняя часть которого опущена в воду чаши для образования водяного затвора.

К кожуху газификатора прикреплены железные угольники, которые опираются на четыре чугунные колонки, установленные на фундаменте газогенератора. Колонки принимают на себя нагрузку всего газогенератора.

Железобетонный фундамент газогенератора прикрыт установленной на болтах и забетонированной опорной чугунной плитой. На нее уложен поддон газогенератора с чашей. Высота чаши — 730 мм. На поддоне приварен ряд фрез-гребков, разрыхляющих шлак при его движении.

На коническую часть поддона установлена дутьевая часть колосниковой решетки, так называемый чепец, состоящий из пяти последовательно уложенных колец, на которые установлена головка с эксцентрично расположенным шипом и ребрами.

Соединение всех частей чепца друг с другом происходит при помощи трех шипов и центрального болта.

Поддон газогенератора с чепцом опирается на шарики, уложенные в кольцевую выемку забетонированной опорной плиты газогенератора.

По внешнему периметру поддон имеет зубчатку, соединенную червячной передачей с редуктором, приводимым в движение от общей трансмиссии. Регулировка скорости вращения чаши производится с помощью кулисного механизма.

Максимальная скорость движения чаши может быть доведена до 1 оборота в 3 часа.

Главный трансмиссионный вал с насаженными на нем эксцентриковыми дисками делает 26 оборотов в минуту; электромотор для вращения трансмиссии мощностью в 13 квт с 1450 оборотами в минуту, с редуктором, имеющим передаточное число на малую звездочку $n = 1/22$.

Из каждого газогенератора газ отдельно по трубе диаметром в 600 мм поступает в вертикальный стояк, соединенный с общим коллектором сырого газа диаметром в 1500 мм. При выходе газа из стояка в коллектор имеется гидравлический затвор, при помощи которого можно отключить каждый генератор от общего коллектора сырого газа.

В газопроводах (газосливах), идущих от генераторов к стоякам, проектом предусмотрено орошение стояков водой или известковым раствором, но так как для отвода указанных вод не было соответствующих приемников, это не было осуществлено. Такое орошение газа водой предохраняет коллектор сырого газа от засорения пылью.

Газ из первого коллектора сырого газа, являющегося сборным из всех газогенераторов, переходит в газопровод, ведущий к зданию электрофильтров (к моменту проведения настоящей работы еще не установленных) и скруберам.

Коллектор по своей длине имеет люки, через которые происходит систематическая очистка его от пыли, смола же очищается в коллекторе через люки гидравлических затворов, в коих она скопляется вместе с подсмольной водой.

По газопроводу газ поступает в три пары параллельно соединенных с ним скруберов, из которых всегда в работе находятся две пары, третья же является резервной.

Соединение каждой пары скруберов первой и второй ступени с газопроводом сырого газа происходит через отдельную газовую трубу с тарельчатым клапаном на ней. При помощи клапана происходит отключение — включение каждой пары скруберов. В каждой паре скруберов первый

имеет: высоту 20 м, диаметр 3 м и внутри 28 кругов деревянной насадки; второй — высоту 12 м, диаметр 3 м и 14 кругов деревянной насадки.

Орошение газа водой в скруберах производится с помощью форсунок, установленных сверху скруберов, причем вода движется по принципу противотока по отношению к газу.

Очистка выходящей из скруберов смолы и пыли производится путем систематической промывки канав сточных вод.

Остановка действующих скруберов для промывки деревянных насадок производится один раз в шесть месяцев.

Из скруберов газ поступает в коллектор „чистого“ газа, идущий параллельно скруберам, диаметром в 1000 мм; из коллектора газ трубой в 800 мм поступает к эксгаустерам.

В машинном отделении газостанции установлено два эксгаустера системы Сирокко производительностью в 18000 м³/час газа, из коих один работает постоянно, а второй в резерве. Каждый эксгаустер приводится в движение электромотором мощностью в 40 квт с 1460 об/мин.

Из эксгаустера газ поступает в осушитель, наполненный кольцами Рашига. Высота осушителя 12000 мм, диаметр 2000 мм. Из осушителя газ идет к потребителям.

Температура газа при выходе из газогенератора в газослив обычно достигает 70°, давление 5 мм водяного столба; при выходе из скруберов соответственно: $t = 40 - 45^\circ$, давление 0,5—1,5 мм водяного столба; после осушителя $t = 35^\circ$, давление 40—45 мм водяного столба.

Вода и смола из-под гидравлических затворов, люков коллектора, отверстий газопровода и скруберов по сточным канавам идут в отстойные ямы.

Из последних смола выгребается черпаками и разливается в деревянную тару, в коей она отправляется потребителю; вода же насосами перекачивается на градирню, откуда с добавкой 5—6% свежей воды идет обратно для охлаждения газа в скруберах.

Воздух под колосниковые решетки газогенераторов подается двумя вентиляторами типа Сирокко производительностью в 10000 м³/час каждый; вентиляторы приводятся в движение двумя моторами по 29 квт с 1460 об/мин.

Всего в машинном зале установлено три вентилятора с тремя моторами, из них один является запасным.

По трубе диаметром в 600 мм воздух из вентиляторной подается на газостанцию, где патрубками диаметром в 350 мм подводится под каждый генератор отдельно.

Статический напор воздуха при выходе из вентиляторной колеблется в пределах 70—90 мм водяного столба; у генератора — 60—70 мм водяного столба.

В воздухопровод у подвода к колосниковой решетке вводится пар для насыщения воздуха водяными парами до температуры полного насыщения в 50—60° (в зависимости от влажности подаваемого в газогенератор торфа).

Паровоздушная смесь проходит через специально установленный под колосниковой решеткой гидравлический затвор, при этом потеря давления составляет 30—40 мм водяного столба.

Установка этого гидравлического затвора была вызвана необходимостью исключить возможность попадания газа из газогенератора в воздухопровод при внезапном выключении электроэнергии.

Обратный ток газа в регуляторе конструкции гидравлического затвора должен преодолеть давление в 700 мм, что полностью исключает возмож-

ность проникновения в воздухопровод газа и образования в нем взрывчатой смеси.

Постоянный уровень воды в гидравлическом затворе обеспечивается за счет пополнения конденсатом, выделяющимся из паровоздушной смеси. Отвод избыточного конденсата производится через сливные трубки в корпусе гидравлического затвора.

III. Методика испытаний

Из имеющихся на газостанции семи газогенераторов в качестве объекта для испытания был выбран газогенератор № 1, как наиболее удобный в отношении расстановки контрольно-измерительной аппаратуры и в отношении производства необходимых замеров.

Испытанию газогенератора предшествовала подготовка его, заключающаяся в очистке бункера шахты газогенератора и водяной рубашки, заготовке запасного комплекта колосников, установке водомера на трубе, подающей воду в водяную рубашку, проведении труб для газа, пара и воды к газогенераторам, прибору Юнкера для определения теплотворной способности газа и др.

Для контрольного замера количества получаемого газа и подаваемого на газификацию воздуха были изготовлены и установлены патрубки с измерительными шайбами на газопроводе диаметром в 600 мм и отверстием в диафрагме в 350 мм, а на воздухопроводе диаметром в 350 мм и отверстием в диафрагме в 185 мм.

В соответствии с намеченной программой испытания была изготовлена, смонтирована и проверена вся необходимая контрольно-измерительная аппаратура—газоанализаторы, микроманометры, термометры сопротивления и др.

После расстановки приборов с концентрацией их для удобства наблюдений и записей в определенных пунктах, в целях проверки и налаживания приборов, были поставлены предварительные испытания, продолжавшиеся 24 часа.

По всем трем вариантам испытаний производились следующие замеры: а) расход торфа; б) температура, давление, состав и выход газа; в) количество, температура и давление дутья; г) состав золы и шлаков; д) теплоотдача поверхности газогенератора; е) замер количества воды, подаваемой в водяную рубашку, и показания манометра на паросборнике и ж) кислотность подсмольных вод.

Кроме того, проводилась запись показаний термоэлектрических приборов и систематические замеры зон газогенератора путем отжига штанг, фиксировалась работа чаши и др. для характеристики работы газогенератора в целом.

Методика производства отдельных определений была следующая.

Топливо. Учет топлива производился двояко:

а) взвешиванием торфа в вагонетках на взовых весах перед поступлением его по эстакаде в бункеры и б) по числу загрузочных коробок, поданных в газогенератор, и их среднему весу.

Последний определялся путем контрольных взвешиваний на установленных десятичных весах два раза в смену.

Из каждой загрузочной коробки отбиралась лопатой порция торфа в специальный ящик. К концу каждой смены собранный в ящик торф разделялся на железном листе. Согласно существующим инструкциям отбиралась средняя проба в две герметически закрывающиеся склянки.

По одной из них производилось текущее определение влажности и зольности торфа в заводской лаборатории, другая служила контрольной и для определения полных характеристик торфа: элементарного состава, теплотворной способности, валового анализа золы, определения ботанического состава и степени разложения торфа.

Газ. Температура газа определялась термопарой, установленной на газопроводе, а давление его — стационарным манометром. Записи велись каждые 30 минут.

Анализ газа производился в двух приборах Норзе (третий оставался запасным). Газ для анализа брался из газослива каждые 45 минут. Особое внимание при анализе обращалось на полноту дожигания.

Контрольные замеры количества газа определялись по показаниям микроманометра у диафрагмы, установленной на газопроводе.

Теплотворную способность газа по прибору Юнкерса систематически определять не удавалось, так как недостаточное давление газа в газопроводе не обеспечивало непрерывность горения его в горелке прибора. К тому же наличие смолы в газе засоряло газоподводящую трубку и горелку.

Невозможность в силу местных условий создать необходимую эжекцию (паром, воздухом и водой) не позволила также наладить и систематическое определение смольности в газе.

Дутье. Температура дутья определялась показаниями термометра, установленного в трубопроводе, подводящем паровоздушное дутье в генератор; давление дутья — стандартным водяным манометром.

Контрольное определение количества поданного дутья производилось микроманометром, соединенным с диафрагмой паровоздушного дутья.

Все показания фиксировались каждые 30 минут.

Зола и шлаки. Средние пробы золы получались путем ежечасного отбора золы и шлаков по мере выхода их из зольной чаши, причем особенное внимание обращалось на точное определение рабочей влажности. Перед началом и в конце испытания были произведены замеры толщины зольного слоя в чашах.

Содержание горючих в золе и шлаках определялось посменно.

Теплоотдача поверхности генератора определялась путем периодических замеров температуры наружных стенок газификатора и швельшахты помощью термощупа в строго определенных точках и систематической фиксацией температуры наружного воздуха.

Количество воды, подаваемой в водяную рубашку, определялось ежечасными записями показаний водомера на трубе, подающей воду в водяную рубашку генератора. Эти данные, наряду с показаниями манометра на паросборнике, позволили определить расход тепла на испарение воды в водяной рубашке.

Кислотность подсмольных вод определялась путем ежечасных отборов проб из гидравлического затвора и титрованием этих проб, после отделения смолы и разбавления их водой, децинормальным раствором едкого натра.

Режим газогенератора определялся ежечасным отжигом штанг, устанавливаемых во все глазки газогенератора — частью вертикально, частью на головку чепца.

Специфические особенности режима газогенератора, в частности характер образующегося шлака, скорость вращения и пр. фиксировались в журнале дежурного инженера.

IV. Первый вариант испытаний

Данные испытаний

Поступивший на газификацию торф по ботаническому составу тростниковый и тростниковый с осоками, со степенью разложения 70—75%.
Средний элементарный состав его приведен в табл. 3 (в процентах).

Таблица 3

Составные элементы	Органическая масса торфа	Абсолютно сухой торф	Рабочий торф
Углерод	56,26	47,92	30,50
Водород	5,76	4,90	3,12
Азот	3,21	2,73	1,74
Сера	0,49	0,42	0,27
Кислород	34,28	29,20	18,58
Зола	—	14,83	9,43
Влага	—	—	36,36
Итого	100,00	100,00	100,00

Торф в кусках с содержанием крошки (кусочки размером меньше 25 мм) 30—40%.

Влажность торфа по отдельным сменам колебалась в пределах от 30,52 до 42,10%, а зольность — от 12,01 до 15,62%.

Средняя теплотворная способность торфа на органическую массу $Q_0^0 = 5620$ кал., на абсолютно сухую массу $Q_0^0 = 4787$ кал.

Всего загружено в газогенератор за время двухсуточных испытаний 102 250 кг, которые по сменам распределяются так:

Таблица 4

Время испытаний	Смена	Число засыпок	Средний вес засыпки в кг	Израсходовано торфа в кг	Израсходовано торфа за сутки в кг
Первые сутки	I	15	1027	15 400	56 700
	II	20	1090	21 900	
	III	19	1020	19 400	
Вторые сутки	I	18	995	17 900	45 550
	II	12	975	11 700	
	III	16	995	15 950	

Среднесуточная производительность газогенератора 51,12 т.

Среднее напряжение колосниковой решетки при площади последней в $7,0 \text{ м}^2 \cong 300 \text{ кг/м}^2/\text{час}$.

Средние температуры газа, давления и удельные веса его, а также показания микроманометра даны в табл. 5.

Таблица 5

Время испытаний	Смена	Температура газа	Давление газа в мм водяного столба	Показания микроманометра	Удельный вес при 0° и 760 мм
Первые сутки	I	74	17	24	1,19
	II	65	26	46,8	1,13
	III	—	—	—	—
Среднее		70	22	35,4	1,16
Вторые сутки	I	60	16,8	33	1,11
	II	61	17,3	37,6	1,11
	III	64	18,8	32	1,10
Среднее		62	17,6	34,2	1,11
Среднее за время испытаний		66	19,8	34,8	1,14

Средний состав газа и теплотворная способность его за время испытаний были следующими (табл. 6).

Таблица 6

Состав газа (в процентах)							Q_v^p	Q_n^p
CO ₂	C _m H _n	O ₂	CH ₄	CO	H ₂	N ₂		
8,1	0,2	0,3	3,8	24,8	16,2	46,6	1645	1525

Содержание горючих в золе и шлаках, считая на абсолютно сухую массу, составляло в среднем 8,78%.

Основные показатели по воздуху и дутью приведены в табл. 7.

Таблица 7

Время испытаний	Смена	Воздух			Дутье		
		Среднее барометрическое давление в мм	Влажность		Температура в градусах	Давление воздуха в мм водяного столба	Показания микроманометра в мм
			Температура сухого термометра	Температура мокрого термометра			
Первые сутки	I	748	28,4	24,8	26	45,4	63,6
	II	747	33,1	27,9	41	105,0	143,6
	III	—	—	—	46,2	112	92,6
Среднее		747,5	30,8	26,4	37,7	87,5	99,6

Время испытаний	Смена	В о з д у х			Д у т ь е		
		Среднее барометрическое давление в мм	Влажность		Температура в градусах	Давление воздуха в мм водяного столба	Показания микроманометра в мм
			Температура сухого термометра	Температура мокрого термометра			
Вторые сутки	I	744	30,5	25,4	47,4	128	81,6
	II	745	29,1	24,7	46,8	144	93,6
	III	745	26,4	21,5	44,6	125	62,6
Среднее		745	28,7	23,9	46,3	132	79,3
Среднее за время испытаний		746,3	29,8	25,2	42	110	89,5

Средние температуры зоны горения, полученные путем отжига штанг, даны в табл. 8. Замеры проводились штангами, установленными в отверстия шуровочных люков.

Продолжительность пребывания штанги в генераторе 9 минут. Длина штанги 3550 мм. Температуры накала определялись по таблице Пулье.

Таблица 8

Показатели	1	2	4 ¹	5	6	7	8	Среднее
								по периметру генератора
Среднее за период испытания	900 ²	868	865	1050	855	1050	840	875
	440	492	810	550	560	440	415	530

Состав безводной торфяной смолы:

C = 81,32%; H = 8,93%; N = 1,73%; S = 0,03%; O = 7,99%.

Разгонка полученной смолы (средней пробы по всем трем вариантам) по фракциям дала следующие результаты:

Таблица 9

Шкала кипения кислых масел (в градусах)	Выход погоннов (в процентах)	Шкала кипения кислых масел (в градусах)	Выход погоннов (в процентах)
до 170	В о д а	250	25,2
180	2,1	260	28,0
190	3,5	275	32,2
200	5,6	280	35,0
210	9,8	290	42,0
225	12,6	300	54,6
230	18,2	310	70,0
240	22,4	320	72,0

¹ Шуровочное отверстие № 3 было занято установленными термопарами и потому в течение всего периода испытаний замеры производились через 7 шуровочных люков.

² Знаменатель показывает температуру в градусах, числитель — зону ее распространения по высоте замера в миллиметрах.

Всего погнонов	72 ⁰ / ₀
Пека	27,4 ⁰ / ₀
Потерь	0,6 ⁰ / ₀
Удельный вес смолы при 15°	1,1458 ⁰ / ₀
Вязкость по Энглеру при 100°	4,8
Масло фракции 180 — 250°	0,9060
" " 250 — 320°	0,9035
Количество кислых частей по Грэффе:	
фракции 180 — 200°	49 ⁰ / ₀

На основании экспериментальных данных¹ получен такой материальный и тепловой баланс газификации (табл. 10 и 11).

Таблица 10

Материальный баланс газификации

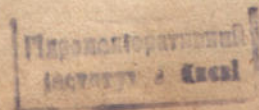
Элементы	C	H	O	N	S	A	Всего
	В килограммах						
ПРИХОД							
Абсолютно сухая масса рабочего торфа	30,50	3,12	18,58	1,74	0,27	9,43	63,64
Влага торфа	—	4,04	32,32	—	—	—	36,36
Воздух	—	—	21,70	71,50	—	—	93,20
Пар	—	0,57	4,53	—	—	—	5,10
Итого	30,50	7,73	77,13	73,24	0,27	9,43	198,30
РАСХОД							
Сухой газ	24,85	2,70	37,20	72,80	—	—	137,55
Влага газа	—	4,38	35,02	—	—	—	39,40
Смола	4,19	0,46	0,40	0,09	0,01	—	5,15
Уксусная кислота	0,63	0,11	0,84	—	—	—	1,58
Аммиак	—	0,08	—	0,35	—	—	0,43
Шлак и зола	0,83	—	—	—	0,26	9,43	10,52
Невязка	—	—	3,67	—	—	—	3,67
Итого	30,50	7,73	77,13	73,24	0,27	9,43	198,30

Таблица 11

Тепловой баланс газификации

Статьи	В калориях	В процентах
ПРИХОД		
Тепло, вносимое торфом:		
а) скрытое тепло торфа	2872,79	98,60
б) физическое тепло торфа	7,20	
	2879,99	

¹ Расчетные материалы за недостатком места не приводятся.



Статьи	В калориях	В процентах	
Тепло, вносимое паром:			
теплосодержание насыщенного пара	31,40	1,08	
Тепло сухого воздуха:			
внесено тепла сухим воздухом	9,40	0,32	
Всего	2920,79	100,00	
РАСХОД			
Теплота газа:			
а) теплотворная способность газа	2060	} 2089,00	71,55
б) физическое тепло газа	29		
Теплота смолы:			
а) химическая теплота смолы	427,75	} 431,15	14,75
б) физическое тепло	3,40		
Теплота паров в газе:			
теплосодержание паров	246,00		8,42
Теплота золы и шлаков:			
а) химическая теплота	66,80	} 67,72	2,32
б) физическое тепло	0,92		
Теплота испарения в водяной рубашке:			
затрачивается тепла на испарение		36,40	1,24
Потеря тепла охлаждением:			
теряется охлаждением		9,20	0,31
теплота неучтенная		41,32	1,41
Всего	2920,79		100,00

Коэффициент полезного действия газификации равен:

$$\frac{2060 \cdot 100}{2872,79} = 71,8\%$$

Термический коэффициент полезного действия равен:

$$\frac{2060 + 427,75}{2872,79} = 86,7\%$$

V. Второй вариант испытаний

Данные испытаний

Торф, поступивший на газификацию, по ботаническому составу тростниковый со степенью разложения 70—85%.

Средний элементарный состав его следующий (табл. 12).

Таблица 12

Составные элементы	Органиче- ская масса торфа	Абсолютно сухой торф	Рабочий торф
	в процентах		
Углерод	53,38	44,99	29,73
Водород	5,63	4,74	3,14
Азот	3,43	2,89	1,91
Сера	0,49	0,41	0,27
Кислород	37,07	31,24	20,64
Зола	—	15,73	10,38
Влага	—	—	33,93
Итого	100,00	100,00	100,00

Торф отличался очень большим содержанием крошки, доходившей до 60% и выше.

Чтобы иметь возможность вести процесс газификации на этом торфе, необходимо было освободить его от пыли; для этого торф перед подачей в загрузочную коробку пропускался через грохот с отверстиями в 4—5 мм.

Влажность торфа по отдельным сменам колебалась в пределах от 30,01 до 41,29%, а зольность — от 13,20 до 21,89%.

Средняя теплотворная способность торфа на органическую массу $Q_0^o = 5540$ кал, а на абсолютно сухую массу $Q_0^o = 4660$ кал.

За это время поступило торфа в газогенератор по отдельным сменам (табл. 13).

Таблица 13

Время испытаний	Смена	Число засыпок	Средний вес засыпки в кг	Израсходо- вано торфа в кг	Израсходовано торфа за сутки в кг
Первые сутки	I	14	1035	14 490	48 600
	II	15	1060	15 900	
	III	17	1073	18 240	
Вторые сутки	I	13	1028	13 360	38 480
	II	10	1095	10 950	
	III	14	1013	14 180	
Итого за время испы- таний					87 080

Всего загружено в газогенератор за время двухсуточных испытаний 87080 кг, т. е. среднесуточная загрузка газогенератора составляет 43,54 т.

Среднее напряжение колосниковой решетки составляло 260 кг/м²/час. Температура газа, его давление, удельный вес и показания микроанометров приведены ниже в табл. 14.

Таблица 14

Время испытаний	Смена	Температура газа в градусах	Давление газа в мм водяного столба	Показания микроанометра в мм	Удельный вес при 0° и 760 мм
Первые сутки	I	124	20,8	41,4	1,19
	II	81	15	37,0	1,10
	III	63	12,3	32,0	1,11
Среднее		89	16,0	36,8	1,13
Вторые сутки	I	69	14	34,4	1,08
	II	79	10	42,4	1,10
	III	70	16	32,0	1,09
Среднее		73	13,3	36,3	1,09
Среднее за время испытаний		81	14,7	36,6	1,11

Средний состав газа за время испытаний следующий (табл. 15).

Таблица 15

С о с т а в г а з а (в процентах)							Q_{σ}^p	Q_N^p
CO ₂	C _m H _n	O ₂	CH ₄	CO	H ₂	N ₂		
9,20	0,2	0,2	3,40	22,40	16,40	48,20	1543	1425

Содержание горючих в золе и шлаках, считая на абсолютно сухую массу, составляло в среднем 7,05%.

Основные показатели по воздуху и дутью приведены в табл. 16.

Таблица 16

Время испытаний	Смена	Воздух			Дутье		
		Среднее барометрическое давление в мм	Влажность		Температура в градусах	Давление воздуха в мм водяного столба	Показания микроманометра в мм
			Температура сухого термометра	Температура мокрого термометра			
Первые сутки	I	744	24,9	21,4	22,9	55	59
	II	743	29,2	25	46,5	100	72
	III	748	30,3	26,1	53	110	69
Среднее		745	28,1	24,2	40,8	88	67
Вторые сутки	I	743	28	23,5	42	145,3	73
	II	745	20,6	24,9	46,4	164	71
	III	746	29	23,8	51	164	66
Среднее		745	29,2	24,1	46,5	158	70
Среднее за время испытаний		745	28,6	24,1	43,6	123	68,5

Средние температуры зоны горения, полученные путем отжига штанг, даны в табл. 17.

Замеры производились штангами, установленными в отверстия шуровочных люков.

Продолжительность пребывания штанги в генераторе 9 минут.

Длина штанги 3550 мм. Температуры накала определялись по таблицам Пулье.

Таблица 17

Показатели ¹	1	2	4	5	6	7	8	Среднее по периметру генератора
Среднее за период испытаний	865	870	835	900	975	895	765	860
	600	760	1030	495	625	1000	945	815

На основании произведенных расчетов составляем материальный и тепловой балансы газификации.

¹ Обозначения те же, что в табл. 8.

Материальный баланс газификации

Элементы	С	Н	О	N	S	A	Всего
	в килограммах						
ПРИХОД							
Абсолютно сухая масса рабочего торфа	29,73	3,14	20,64	1,91	0,27	10,38	66,07
Влага торфа	—	3,77	30,16	—	—	—	33,93
Воздух	—	—	22,64	74,56	—	—	97,20
Пар	—	0,65	5,17	—	—	—	5,82
Итого	29,73	7,56	78,61	76,47	0,27	10,38	203,02
РАСХОД							
Сухой газ	24,01	2,66	37,00	76,00	—	—	139,67
Влага газа	—	4,23	33,77	—	—	—	38,00
Смола	4,32	0,48	0,42	0,09	0,01	—	5,32
Уксусная кислота	0,67	0,11	0,90	—	—	—	1,68
Аммиак	—	0,08	—	0,38	—	—	0,46
Шлак и зола	0,73	—	—	—	0,26	10,38	11,37
Невязка	—	—	6,52	—	—	—	6,52
Итого	29,73	7,56	78,61	76,47	0,27	10,38	203,02

На основании расчетов, аналогичных первому варианту, составляем таблицу теплового баланса газификации.

Коэффициент полезного действия газификации равен:

$$\frac{1 \cdot 950 \cdot 100}{2894,25} = 67,4\%$$

Термический коэффициент полезного действия равен:

$$\frac{(1 \cdot 950 + 442,89)100}{2894,25} = 82,60\%$$

Тепловой баланс газификации

С т а т ь и	В калориях		В про- центах
ПРИХОД			
Тепло, вносимое торфом:			
а) скрытое тепло торфа	2894,25	} 2901,45	98,43
б) физическое тепло торфа	7,20		
Тепло, вносимое паром:			
теплосодержание насыщенного пара		36,00	1,22
Тепло сухого воздуха:			
внесено тепла сухим воздухом		10,30	0,35
Всего		2947,75	100,00
РАСХОД			
Теплота газа:			
а) теплотворная способность	1950,00	} 1986,20	67,35
б) физическое тепло	36,20		
Теплота смолы:			
а) химическая теплота смолы	442,89	} 447,20	15,32
б) физическое тепло	4,31		
Теплота паров в газе:			
теплосодержание паров		240,00	8,14
Теплота золы и шлаков:			
а) химическая теплота	58,80	} 59,79	2,02
б) физическое тепло	0,99		
Теплота испарения в водяной рубашке		—	—
Затрачивается тепла на испарение		37,07	1,26
Потеря тепла охлаждением:			
теряется охлаждением		10,90	0,37
теплота неучтенная		166,59	5,64
Всего		2947,75	100,00

VI. Третий вариант испытаний

Данные испытаний

Торф, поступивший на газификацию, по ботаническому составу гипновостростниковый с древесиной, со степенью разложения 58%.

Средний элементарный состав его приведен в табл. 20 (в процентах).

Таблица 20

Составные элементы	Органиче- ская масса торфа	Абсолютно- сухой торф	Рабочий торф
Углерод	53,87	42,42	26,35
Водород	5,96	4,69	2,91
Азот	3,27	2,58	1,60
Сера	0,49	0,39	0,24
Кислород	36,41	28,67	17,80
Зола	—	21,25	13,15
Влага	—	—	37,95
Итого	100,00	100,00	100,00

Содержание крошки в торфе составляло 25—30%.

Влажность торфа по отдельным сменам колебалась в пределах от 34,27 до 40,05%, а зольность от 17,05 до 24,19%.

Средняя теплотворная способность торфа на органическую массу $Q_6^o = 5583$ кал., а на абсолютно сухую массу $Q_6^c = 4397$ кал.

Всего загружено в газогенератор за 16 часов испытаний 34 352 кг торфа, который по сменам распределяется так (табл. 21).

Таблица 21

Время испытаний	Смена	Число засыпок	Средний вес засыпки в кг	Израсходи- вано торфа в кг
Первые сутки	III	16	1072	17 176
Вторые сутки	I	16	1072	17 176

Среднесуточная производительность газогенератора составляет 51,53 т.

Среднее напряжение колосниковой решетки $\cong 300$ кг/м²/час.

Температура газа, его давление, удельный вес и показания микроманометра приведены в табл. 22.

Таблица 22

Время испытаний	Смена	Температура газа в гра- дусах	Давление в мм водя- ного столба	Показания микроmano- метра в мм	Удельный вес при 0° и 760 мм
Первые сутки	III	60	19,3	119,2	1,10
Вторые сутки	I	44	17	113,7	1,14
Среднее за время испытаний .		52	18,2	116,5	1,12

Средний состав газа и теплотворная способность его следующие (табл. 23).

Таблица 23

Состав газа (в %)							Q_d^p	Q_n^p
CO ₂	C _m H _n	O ₂	CH ₄	CO	H ₂	N ₂		
9,60	0,2	0,20	3,80	20,40	14,10	51,70	1448	1338

Содержание горючих в золе и шлаках, считая на абсолютно сухую массу, составляло 2,0%.

Основные показатели по воздуху и дутью приведены в табл. 24.

Таблица 24

Время испытаний	Смена	В о з д у х			Д у т ь е		
		Среднее барометрическое давление в мм	Влажность		Температура в градусах	Давление воздуха в мм водяного столба	Показания микроманометра в мм
			Температура сухого термометра	Температура мокрого термометра			
Первые сутки	III	740	22,7	19,1	44,4	76	122,5
Вторые сутки	I	742	20,4	17	40	96	84,5
Среднее . . .		741	21,5	18	42,2	86	103,5

Средние температуры зоны горения, полученные путем отжига штанг, даны в табл. 25.

Замеры производились штангами, установленными в отверстия шуровочных люков.

Продолжительность пребывания штанги в генераторе 9 минут.

Длина штанги 3550 мм. Температуры накала определялись по таблицам Пулье.

Таблица 25

Среднее за период испытания ¹	1	2	4	5	6	7	8	Среднее по периметру генератора
	$\frac{1025}{368}$	$\frac{988}{315}$	$\frac{1000}{412}$	$\frac{935}{267}$	$\frac{1027}{396}$	$\frac{1045}{447}$	$\frac{945}{325}$	$\frac{994}{359}$

На основании произведенных расчетов составляем материальный и тепловой балансы газификации (табл. 26 и 27).

¹ Обозначения те же, что в табл. 8.

Материальный баланс газификации

Элементы	C	H	O	N	S	A	Всего
	в килограммах						
П Р И Х О Д							
Абсолютно сухая масса рабочего торфа	26,35	2,91	17,80	1,60	0,24	13,15	62,05
Влага торфа	—	4,22	33,73	—	—	—	37,95
Воздух	—	—	22,50	74,30	—	—	96,80
Пар	—	0,59	4,71	—	—	—	5,30
Итого . . .	26,35	7,72	78,74	75,90	0,24	13,15	202,10
Р А С Х О Д							
Сухой газ	21,53	2,32	33,50	75,50	—	—	132,85
Влага газа	—	4,81	38,49	—	—	—	43,30
Смола	3,80	0,42	0,36	0,08	0,01	—	4,67
Уксусная кислота	0,59	0,10	0,79	—	—	—	1,48
Аммиак	—	0,07	—	0,32	—	—	0,39
Шлак и зола	0,43	—	—	—	0,23	13,15	13,81
Невязка	—	—	5,60	—	—	—	5,60
Итого . . .	26,35	7,72	78,74	75,90	0,24	13,15	202,10

На основании расчетов, аналогичных первому варианту, составляем таблицу теплового баланса газификации.

Коэффициент полезного действия газификации равен:

$$\frac{1695,0 \cdot 100}{2501,57} = 67,8\%$$

Термический коэффициент полезного действия равен:

$$\frac{(1695,0 + 388,78) 100}{2501,57} = 83,4\%$$

Таблица 27

Тепловой баланс газификации

С т а т ь и	В калориях		В про- центах
П Р И Х О Д			
Тепло, вносимое торфом:			
а) скрытое тепло торфа	2501,57	} 2508,77	98,94
б) физическое тепло торфа	7,20		

С т а т ь и	В калориях	В про- центах	
Тепло, вносимое паром:			
теплосодержание насыщенного пара	32,60	1,28	
Тепло сухого воздуха:			
внесено тепла сухим воздухом	9,70	0,38	
Всего	2551,07	100,00	
Р А С Х О Д			
Теплота газа:			
а) теплотворная способность газа	1695,0	} 1717,10	67,34
б) физическая теплота газа	22,1		
Теплота смолы:			
а) химическая теплота смолы	388,78	} 391,21	15,33
б) физическое тепло	2,43		
Теплота паров в газе:			
теплосодержание паров	268,00	10,50	
Теплота золы и шлаков:			
а) химическая теплота	34,60	} 35,81	1,40
б) физическое тепло	1,21		
Теплота испарения в водяной рубашке:			
затрачивается тепла на испарение	54,47	2,13	
Потери тепла охлаждением:			
теряется охлаждением	10,15	0,40	
теплота неучтенная	74,33	2,90	
Всего	2551,07	100,00	

VII. Испытание колосниковой решетки

Большая зольность испытуемых торфов по сравнению с теми торфами, для которых устанавливались до сего времени торфогазостанции с генераторами типа АФГ, приводит к мысли о необходимости иметь для этих торфов механически более прочную и устойчивую колосниковую решетку.

Это особенно важно в тех случаях, когда зола торфа обладает низкой температурой плавления; вследствие сильного шлакования золы, в газогенераторе образуются крупные золотые камни. Последние оказывают большое сопротивление ходу чаши, приводят к поломке и свертыванию решетки и, следовательно, к необходимости останавливать газогенератор.

Опыт эксплуатации газостанции гомельского стекольного завода им. Сталина показал, что в процессе работы, в особенности в моменты недостаточной подачи водяных паров к дутью, в периоды „горячего“ хода газогенератора образующиеся крупные сплавленные массы очень часто приводили к свертыванию чепца решетки.

Эти явления в первый период работы станции, когда обслуживающий газостанцию персонал еще недостаточно овладел процессом, были очень часты; но и в настоящее время они нередко наблюдаются. Этому способствуют низкая температура плавления золы заводских торфов и недостаток водяных паров для подачи к дутью.

Температура плавления золы бучанских торфов (1180° и выше) выше таковой местных заводских торфов (1000—1050°). Анализ состава золы по индексам плавления по Просту приводит к следующим показателям.

Для испытываемых (бучанских) торфов:

$$а) \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}} = \frac{33,58 + 4,37}{17,00 + 28,70 + 1,90} = 0,798,$$

$$б) \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} = \frac{4,37}{47,6 + 2,70} = 0,087.$$

Для заводских (костюковских) торфов:

$$а) \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}} = \frac{23,18 + 4,11}{25,90 + 31,50 + 1,77} = 0,46,$$

$$б) \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} = \frac{4,11}{59,17 + 2,45} = 0,065,$$

т. е. индексы плавления для бучанских торфов и, следовательно, температуры плавления их оказываются выше.

Это же целиком подтвердилось их поведением в процессе испытаний.

Большая зольность бучанских торфов значительно увеличивает требования к решетке с механической точки зрения.

Испытаниям были подвергнуты две конструкции колосниковой решетки (рис. 2).

Конструкция первая — оригинальная колосниковая решетка типа Коллера с эксцентрично расположенным шипом в верхней части головки, с увеличенными ребрами на большом колоснике.

Конструкция вторая — видоизмененная без ребер и эксцентрично расположенного шипа на верхней части, механически укрепленная тем, что отдельные элементы чепца связываются друг с другом с помощью четырех шипов (вместо трех в оригинальной).

Вторая видоизмененная решетка была впервые опробована на протяжении всего периода испытаний по первым двум вариантам.

Испытания производились на заводских торфах (по ботаническому составу осоково-гипновые со степенью разложения 30—35%).

Средний элементарный состав этих торфов в процентах следующий (табл. 28).

Таблица 28

Составные элементы	Органиче- ская масса торфа	Абсолютно сухой торф	Рабочий торф
Углерод	52,64	48,35	33,34
Водород	5,96	5,43	3,73
Азот	3,55	3,26	2,25
Сера	0,36	0,24	0,17
Кислород	37,59	34,53	23,81
Зола	—	8,14	5,61
Влага	—	—	31,04
	100,00	100,00	100,00

Торф — в кусках с незначительным содержанием крошки.
Влажность торфа по отдельным сменам колебалась в пределах от 23,8 до 38,2%, а зольность — от 6,1 до 9,5%.

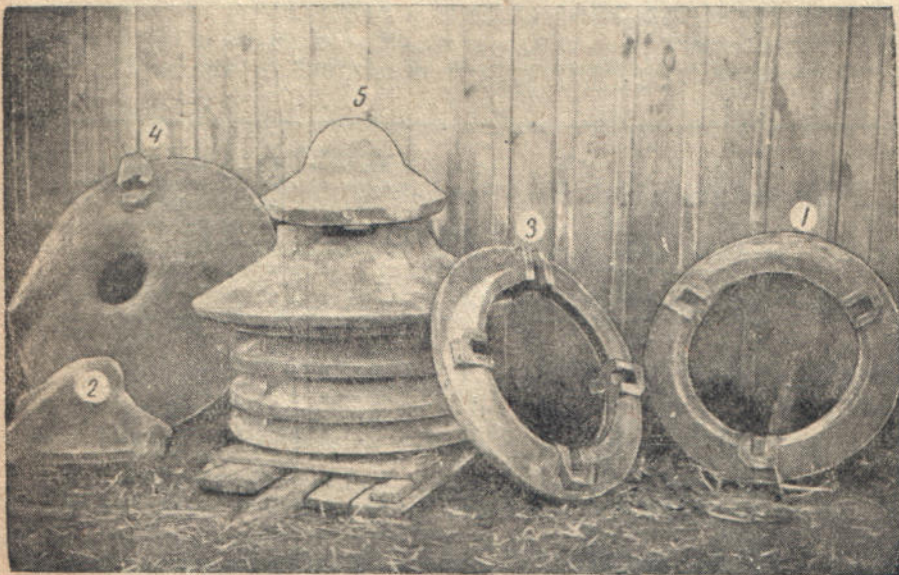


Рис. 2. Дутьевой чепец с трех- и четырехшиповыми колосниками: 1—трехшиповой колосник оригинальной конструкции; 2—головка чепца оригинальной конструкции; 3—четырёхшиповой колосник; 4—верхний колосник измененной конструкции; 5—дутьевой чепец измененной конструкции в собранном виде.

Средняя теплотворная способность торфа на органическую массу $Q_0^c = 5361$ кал., на абсолютно сухую массу $Q_0^c = 4925$ кал.

В течение всего периода испытаний от каждого газогенератора каждый час отбиралась проба шлака; из этих проб составлялась средняя за смену проба.

Анализ их на содержание горючих приводим в табл. 29.

Работа газогенератора показала, что наличие четырех опорных шипов наряду с центровым болтом в решетке обеспечивает более устойчивое

Таблица 29

Время испытаний	Смена	Газогенераторы №№ 2—7—колосниковая решетка Коллера (трехшиповая)	Газогенератор № 1—измененная колосниковая решетка (четырёхшиповая)
		в процентах	
Первые сутки	III	2,02	9,60
	IV	3,22	9,10
Вторые сутки	I	2,62	11,46
	II	—	11,51

положение в отношении шлаковых масс; вследствие этого измененная колосниковая решетка имеет преимущество перед оригинальной.

Наряду с этим опыты показали, что устранение шипа и ребер на верхнем колоснике приводит к большей потере горючих в золе и шлаках, так как головка при этом не производит шурующего действия, а только скользит по золе.

Для проверки были произведены 54-часовые сравнительные испытания, во время которых шесть газогенераторов работало на оригинальной конструкции коллеровской решетки, а седьмой — на видоизмененной решетке (с гладкой поверхностью). Результаты испытаний приведены в табл. 30.

Таблица 30

Время испытаний	Смена	Газогенераторы №№ 2—7—колосниковая решетка (трехшиповая)	Газогенератор №1—измененная колосниковая решетка (четырёхшиповая)
		в процентах	
Первые сутки	III	1,55	4,40
	IV	2,00	4,41
Вторые сутки	I	2,78	5,01
	II	4,18	9,88
	III	2,93	10,15
В среднем		2,66	6,77
В процентах		100,00	255,00

Близкие к этим соотношения получены в результате испытаний по вариантам (табл. 31).

Таблица 31

Показатели	Б у ч а н с к и й т о р ф			Заводский торф
	1 вариант	2 вариант	3 вариант	
	в процентах			
Система решетки	видоизмененная	видоизмененная	оригинальная	оригинальная
Содержание горючих в золе и шлаках	8,78	7,05	2,0	3,26
В среднем	7,91			2,63
В процентах	300,00			100,00

Таким образом можно сделать следующее заключение:

- 1) металлическое укрепление решетки путем перехода на четыре опорных шипа (вместо трех) является положительным фактором при переходе к более зольным торфам;
- 2) при этом верхнюю часть чепца нужно оставлять такой же, как и в оригинальной колосниковой решетке.

VIII. В ы в о д ы

1. Сводные показатели, полученные при испытании бучанских торфов, следующие (табл. 32).

Таблица 32

Показатели	Бучанский торф		
	1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
Зольность торфа на абсолютно сухую массу A^c . . . %	14,83	15,73	21,25
Средний элементарный состав рабочего торфа:			
углерод CP %	30,50	29,73	26,35
водород HP %	3,12	3,14	2,91
азот NP %	0,74	1,91	1,60
серы SP %	0,27	0,27	0,24
кислород OP %	18,58	20,64	17,80
зола AP %	9,43	10,38	13,15
влага WP %	36,36	33,93	37,95
Теплотворная способность торфа — высшая . . . кал.	2873	2894	2501
низшая (полезная) кал.	2487	2521	2117
Процентное содержание крошки в торфе	30—40	35—60	25—30
Продолжительность испытаний (в часах непрерывной работы)	48	48	16
Расход $\left\{ \begin{array}{l} \text{в кг на кг рабочего торфа} \\ \text{воздуха} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{в м}^3 \text{ на кг} \\ \text{в м}^3 \text{ на кг} \end{array} \right.$	0,932	0,972	0,968
	0,720	0,752	0,748
Расход $\left\{ \begin{array}{l} \text{в г на м}^3 \text{ воздуха} \\ \text{пара} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{в г на кг рабочего торфа} \\ \text{в г на кг рабочего торфа} \end{array} \right.$	70,8	77,5	70,8
	51,0	58,2	53,0
Производительность газогенератора в сутки в кг . . .	51 125	43 540	51 530
Среднее напряжение колосниковой решетки в $кг/м^2/час$	300	260	300
Средний состав газа за время испытаний:			
углекислоты CO_2 %	8,10	9,20	9,60
кислорода O_2 %	0,3	0,20	0,20
тяжелых углеводородов C_mH_n %	0,2	0,20	0,20
метана CH_4 %	3,80	3,40	3,80
оксида углерода CO %	24,80	22,40	20,40
водорода H_2 %	16,20	16,40	14,10
азота N_2 %	46,60	48,20	51,70
Теплотворная способность газа Q_g^p кал.	1645	1543	1448
Влага Q_g^c кал.	1525	1425	1338
Влага сухого газа в $м^3$ с 1 кг рабочего торфа . . .	1,25	1,26	1,17
Процентное содержание горючих в золе и шлаках . . .	8,78	7,05	2,00
Содержание избыточной уксусной кислоты в под- сольной воде в граммах (на $100 см^3$ воды)	0,156	0,156	0,240
Эффект газификации в %	71,80	67,40	67,80
Термический коэффициент газификации в %	86,70	82,60	83,40

2. Анализируя приведенные данные, можно прийти к следующим вы-
водам.

- а) Имеется полная техническая возможность получения в типовых механизированных газогенераторах, в заводских условиях, смешанного

генераторного газа с достаточно удовлетворительными показателями из бучанских или им подобных торфов.

б) Увеличение содержания золы в торфе (в пределах ее наличия в испытуемых торфах) не создавало в процессе газификации добавочных трудностей. Нарушений режима газификации вследствие плавкости золы не наблюдалось в течение всего периода испытаний; не оказало существенного влияния на режим и повышение против нормального влажности в торфе (до 43—44% на рабочий торф).

в) Несмотря на исключительно неблагоприятные условия (большое содержание крошки в торфе), газ получался близким к нормальному как по составу, так и по калорийности. Некоторое ухудшение состава газа в третьем варианте следует рассматривать как случайное явление, происшедшее вследствие временного нарушения режима в газогенераторе из-за засорения его торфяной пылью.

г) Снижение производительности газогенератора и напряжения колосниковой решетки во втором варианте есть прямое следствие очень высокого содержания крошки в торфе. Крошка образовывала очень плотный слой торфа в газогенераторе, что принуждало держать его неполногрузным, а ввиду недостатка напора дутья — снизить его производительность.

При нормальном функционировании газостанции совершенно исключаются перегрузки торфа, имевшие место при подаче его во время опытных испытаний. Поэтому нет никаких оснований при проектировании газостанции на торфах, подобных бучанским, предусматривать производительность газогенератора ниже 50 тонн в сутки.

д) Выход сухого газа с 1 кг рабочего торфа был ниже выхода с заводских торфов, что является прямым следствием меньшего количественного содержания органической массы в бучанских торфах.

е) Потери горючих в золе и шлаках в 2—3% следует считать нормальными, что и наблюдалось при третьем варианте испытаний, когда газогенератор работал на оригинальной конструкции колосниковой решетки Коллера. Потери при первом и втором вариантах (вследствие наличия экспериментальной решетки в период этих испытаний) являются нежелательными.

3. Основные замечания по проектированию торфогазостанции для низинных торфов, подобных бучанскому, следующие.

а) Учитывая свойство бучанского и ему подобных торфов образовывать крошку и сильное влияние этой последней на производительность газогенератора и режим газификации, транспорт торфа с болота необходимо организовать таким образом, чтобы торф, как правило, не подвергался во время транспортировки перегрузкам¹.

б) Швельшахта газогенератора, как было указано в описании газостанции, укорочена против нормального на 0,75 м. Делается это в целях достижения более высокой температуры газа, так как уксусная кислота, как показали опыты, в парообразном состоянии не производит разъедающего действия на металлические части.

При этом принимались, очевидно, во внимание особенности верхних торфов.

В низинных торфах, подобно бучанским, абсолютное количество уксусной кислоты, образующейся при сухой перегонке торфа, может быть выше, чем в верхних торфах, но наряду с этим образуется значительно боль-

¹ По экспериментальным данным б. Украинторфа каждая перегрузка торфа увеличивает содержание крошки в торфе на 6,9—7,7% от всего количества перегруженного торфа.

шее содержание аммиака (так как содержание азота в рабочем торфе в низинных торфах в 2—3 раза больше, чем в верховых). Поэтому подсмольная вода имеет очень невысокую избыточную кислотность, являясь почти нейтральной.

Вследствие этого в укорочении швельшахты нет необходимости.

С другой стороны, при укороченной швельшахте, если принять во внимание объем, занимаемый „газовой юбкой“, — торф загружен в ней не выше 2 м. При этом, как показывают температурные замеры, швельшахта не только не выполняет функций швелования торфа, но и не обеспечивает надлежащей подсушки его, особенно при очень влажном торфе.

При этих условиях создать постепенную и равномерную подготовку торфа невозможно; выход смолы должен понизиться, а качество ее должно ухудшиться. Следовательно, швельшахта должна быть оставлена нормальных размеров. Регулирование температуры газа при проектировании станций может производиться в стояке, как это и предусматривается.

в) Колосниковая решетка должна быть механически укреплена, верхняя же часть чепца оставлена без изменений, как и в оригинальной коллеровской решетке. Это обеспечит механическую устойчивость при повышенной зольности торфа наряду с минимальными потерями горючих в золе и шлаках.

г) Система загрузки топлива из бункеров не обеспечивает нормальной подачи торфа в загрузочную коробку, а содействует сепарации топлива: против отверстия бункера располагаются более крупные куски, торфяная мелочь ложится ближе к другой стороне загрузочной коробки.

На это обстоятельство было также указано еще в работе б. Ленинградского отделения теплотехнического института (ЛОТИ)¹.

Сепарация топлива способствует и отклонению от правильного положения нижнего клапана загрузочной коробки. Нижний колоколообразный затвор насажен на простую штангу, вследствие чего точка подвеса опирается при работе круговой сегмент; при неполном открывании затвор отклоняется от центрального положения, и это вызывает неравномерное попадание топлива как по уровню засыпки, так и по величине кусков.

Это же обстоятельство — просыпание торфа — не позволяет держать помещение загрузочных коробок и нижнего этажа в надлежащей чистоте.

Эти недостатки должны быть учтены при проектировании газогенераторной станции на украинских торфах.

¹ Исследование газогенераторной установки на торфе в Гусь-Хрустальном, Труды ЛОТИ, „Керамические печи“, вып. 2.

Развить газификацию городского хозяйства...

(Из резолюции XVIII съезда ВКП(б)).

Доказано, что доменные печи можно вести не на коксе, а на торфе и получать чугун без серы и без фосфора, как на древесном угле...

Мы можем получить дополнительно огромное количество чугуна, применяя в доменном процессе кислородное дутье...

(Из речи Л. М. Кагановича на XVIII съезде ВКП(б)).

*Инж. М. С. ЗАСЛАВСКИЙ, доц. М. В. КАНТОРОВ
и инж. Ю. А. ПОРУБИНОВСКИЙ*

ГАЗОДОМЕННЫЙ КОМБИНАТ НА ТОРФЯНОЙ БАЗЕ ДЛЯ г. КИЕВА¹

1. Выплавка чугуна на воздушно-сухом торфе

Советский Союз по залежам торфа занимает первое место в мире, однако, в топливном балансе страны место торфа еще незначительно.

XVIII Партийный съезд выдвинул задачу дальнейшего широкого развития добычи и переработки торфа. Возможность использования торфа как металлургического топлива открывает широкие перспективы для роста в районах расположения торфяных болот производства металла и ответственного машиностроения.

Торфяной кокс и машиноформовочный кусковой торф могут служить хорошим металлургическим топливом, если содержание вредных примесей в них будет незначительно. В этом случае имеется возможность плавить качественные чугуны. При наличии чистой шихты (при незначительном содержании в ней серы и фосфора) можно получить относительно кислые шлаки, что значительно облегчает ход печи и вместе с тем снижает удельный расход горючего на единицу выплавленного чугуна.

Качественные показатели чугуна, выплавленного на торфе, близко подходят к результатам плавки на чистом древесном угле.

Опыты плавки на местном топливе

Доменный процесс долгие годы производился на древесном угле. Развитие промышленности вызвало соответствующий рост производства железа, в результате чего запасы древесины значительно истощились; это и заставило в конце концов технику искать новые виды топлива.

¹ Публикуемый материал представляет собой сокращенное изложение работы, выполненной авторами под тем же названием в институте в 1936 г.

В настоящей работе главы I и III написаны инж. М. С. Заславским; главы II, IV и IX — доц. М. В. Канторовым, а остальные главы инж. Ю. А. Порубиновским. Общая редакция доц. М. В. Канторова.

Пришедший на смену древесному углю каменноугольный кокс завоевывал себе место в доменном производстве в течение ста с лишним лет. Попытки применения других видов топлива известны с давних времен, однако практического значения они не имели. Примером их может служить работа домен на сыром каменном угле, применение антрацита и попытки применения кокса или брикетов из коксованного порошка бурых углей.

В области применения торфа для доменной плавки производились немногочисленные опыты за границей и в дореволюционной России. Но огромный размах эти исследования, широко поставленные нашей социалистической наукой, получили в Советском Союзе. В результате этих работ подведена серьезная научная база под технику выплавки чугуна на торфе.

За границей исследования над торфом и торфяным коксом впервые были поставлены в доменных печах Форденберга, в Штирии, в 1877 г.

Торф применялся в виде шаровидных спрессованных кирпичей и хорошо сопротивлялся излому, раздавливанию и истиранию. Это давало ряд преимуществ при его использовании, но выработка такого торфа весьма сложна и дорога.

В 1919—1922 гг. там же, по данным Цейрингера, велись работы по частичной замене древесного топлива торфяным коксом, причем замена 50% (по объему) древесного угля не нарушила доменного процесса.

Имеются сведения, что на заводе в Йозефстале были проведены опыты по подаче в печь колош горючего в составе $\frac{1}{3}$ древесного угля и $\frac{2}{3}$ торфа; в Пиллерзее домна шла на $\frac{2}{3}$ древесного угля и $\frac{1}{3}$ торфа. Результаты этих опытов оказались вполне удовлетворительными.

В России торф, как горючее для домен, впервые применял в 1890 г. Кулебакский горный завод.

Вследствие затруднений с получением березового кучного древесного угля высокого качества, в небольшой домне № 4 были проведены опытные плавки на одном торфяном коксе. Для этого торф коксовался на специально построенном торфококсовальном заводе. Удовлетворительных результатов эти плавки не дали, и завод перешел лишь на частичное питание печи торфококсом, а затем — и торфом воздушной сушки.

В 1910—1911 гг. на Алапаевском заводе была сделана попытка применить торф как горючее для домны.

С 1913 по 1916 гг. на том же Кулебакском заводе проводились опыты доменной плавки на торфе инж. И. М. Вавиловым.

Систематическая работа над частичной заменой древесного угля торфом, а также смесью торфа и пиленых чурок, при различных вариантах смеси, дала вполне удовлетворительные техно-экономические показатели. Следует отметить, что домна работала в особых условиях как по составу горючего, так и по составу всей шихты. Вместо руды эта печь перерабатывала сварочные и мартеновские шлаки, окалину, стружки и лишь в небольшой части меленковскую руду с содержанием железа в среднем 47—48%. Доменная печь, на которой производились эксперименты, была небольшого размера с суточной выплавкой в среднем около 35 т чугуна.

В феврале 1915 г. в колошу горючего было подано 56,3% (по объему) торфа. Резкая перемена режима питания печи отразилась неблагоприятно на ее работе, и через два дня пришлось снизить подачу торфа до 20,5%. В дальнейшем работа велась при ежедневном постепенном повышении процентного содержания торфа в колоше горючего до известного предела. В апреле 1915 г. был найден предел работы на новом составе

колоши горючего без нарушения нормального хода печи: этим пределом являлась смесь, состоявшая на 50% из дров и воздушно-сухого торфа и на 50% из древесного угля. При этом количество дров и торфа по объему было равным.

Приводим данные за два дня мая 1915 г.

Таблица 1

Показатели	Единица измерения	29 мая 1915 года	30 мая 1915 года
Сошло колош	колоша	70	73
Сыпь в колошу			
Шлака сварочного	кг	360	377
Окалины	"	164	164
Стружки	"	65,5	65,5
Руды	"	131	131
Доломита	"	147	147
Торфа и дров	м ³	1,66	1,53
Угля древесного	"	1,78	1,54
Получено чугуна — всего	т	32,79	37,2
в т. ч. передельного	"	29	30,5
" литья опочного	"	3,34	6,6
" " песочного	"	0,45	0,1
Расход топлива			
Древесного угля	"	18,8	16,9
Дров	"	21,3	19,3
Торфа	"	21,7	21,7

Вскоре завод отказался от добавления торфа в колошу. Однако, начиная с мая 1916 г., т. е. примерно через год, при работе доменной печи на стружке с добавлением сварочного шлака и окалины, снова началась подача в колоши горючего дров и торфа.

Типичным для всех этих опытов как за границей, так и в бывшей царской России является недоведение их до конца, явное бессилие буржуазной науки внедрить новый вид топлива в доменный процесс. Такие крупные проблемы, как торфометаллургия, может разрешить только плановая система нашего социалистического хозяйства. Только в СССР эти опыты приняли серьезный характер, проводились на солидной научно-исследовательской базе и обеспечили разрешение проблемы внедрения торфа как доменного горючего в советскую металлургию.

Первые опыты по плавке чугуна на торфе начались в 1922—23 гг. — в шихту доменной печи № 2 Верхне-Вуксунского завода начали добавлять торф. Содержание торфа в колоше горючего вначале возросло от 2 до 30%, а затем снова упало до 14%.

Работа на одном торфе была начата в январе 1923 г. при параллельной работе еще одной домны на обычном топливе. Сначала было загру-

жено подряд 3 колоши торфа с половинной рудной сыпью, затем количество колош торфа подряд было увеличено до 12 и до 24. Во всех этих случаях ход печи был нормальный; в марте в течение трех дней домна работала на стопроцентном торфе. Это случилось впервые за долгую историю металлургии.

В дальнейшем торфяная плавка ведется на Кулебакском заводе, вблизи которого расположены торфяные болота. 15 января 1923 г. была задута домна, начавшая работу на древесном угле. С 19 января в колошу горючего уже начинается добавка торфа, а с 24 марта эта печь была переведена на 100% торфа. В табл. 2 приводятся данные за год работы печи (с марта 1923 г. по март 1924 г.).

Таблица 2

Месяц и год	Суточная производительность печи в т		Удельный расход торфа
	на смеси	на торфе	
Март 1923 г.	32,5	34,4	2,59
Апрель "	29,1	39,1	2,40
Май "	30,3	33,7	2,44
Июнь "	40,9	48,9	1,59
Июль "	—	38,9	2,06
Август "	30,0	36,7	2,48
Сентябрь "	37,8	36,3	2,59
Октябрь "	—	35,4	2,20
Ноябрь "	—	28,7	2,54
Декабрь "	—	25,2	2,65
Январь 1924 г.	29,8	22,3	3,55
Февраль "	33,6	—	—
Март "	27,5	—	—
Апрель "	выдувка домны		

Максимальная суточная выплавка на торфе за это время составляла 53,4 т, а минимальный удельный расход торфа—1,38. Следует отметить, что повышение удельного расхода торфа идет за счет неправильного учета топлива. Таким образом в удельный расход торфа должна быть внесена поправка в сторону уменьшения на 10—12%.

Приведенные цифровые данные показывают рост суточной выплавки чугуна на торфе с марта по август; затем происходит перелом и незначительное снижение, а с ноября 1923 г. по январь 1924 г. — катастрофическое падение выплавки до 44,7% от максимума (июнь 1923 г.). Это явилось результатом исключительно неровного качества торфа. С начала плавки по август 1923 г. печь работала на торфе заготовки сезона предыдущего года со средним содержанием влаги 22%, а с августа до конца работы печи — на торфе заготовки того же 1923 г. с влажностью в 25—26%; с ноября процент влажности возрос до 50%, причем в отдельных случаях он достигал 65%.

Помимо снижения производительности печи увеличение влажности торфа потребовало изменения режима технологического процесса выплавки: пришлось отказаться от форсировки печи, замедлить проведение плавки, уменьшить количество сыпи металла в колошу; однако, в общем ход печи был достаточно ровен и спокоен. За все время работы домна израсходовала около 22 000 *t* торфа, а из общего количества чугуна в 14 580 *t* выплавлено исключительно на торфе 6698 *t*. Домна работала 428 суток, из которых на плавку только на торфе приходится 204,5 суток, т. е. 49,4%.

Выводы, сделанные из опыта плавки на торфе, чрезвычайно важны для дальнейшего развития доменного производства на торфе.

1. При работе на торфе значительно повышаются выходы газа, достигающие до 5583 *m*³ газа на 1 *t* чугуна.

2. Средний состав газа приведен в табл. 3.

Таблица 3

CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	Теплотворная способность в кал.
в процентах					
8	25	14	3,75	0,5	1500

Калорийность его не ниже, чем у генераторного газа.

3. При плавке торфа выделяется значительное количество смолы и летучих продуктов.

4. При составе колош горючего исключительно из торфа осадки шихты, имеющие место при работе на смеси, прекращаются, и печь работает спокойно.

5. Крупный торф в работе значительно лучше мелкого и вызывает меньше неполадок при повышенной влажности.

6. Практические данные указывают на то, что 1 *m*³ торфа равноценен 0,55 *m*³ древесного угля.

Таким образом, израсходованный торф дал экономию в 35,2 тыс. *m*³ древесного угля, что в переводе на дрова составит 54 тыс. *m*³ и потребует вырубки 216 га леса.

Ввиду того что опыты 1922—1924 гг. на Кудебакском и Выксунском заводах велись на стружке, ряд специалистов выдвинул вопрос о необходимости проведения опытной плавки на торфе и руде. Эти опыты были начаты под руководством инж. Новоселова 11 мая 1925 г. на Верхне-Выксунском заводе и проводились до 26 мая на торфе заготовки сезона 1924 г., с влажностью 15—25%. Руда поступала с Выксунского и Бушуевского районов в виде обожженных шпатовых железняков.

Данные опытных плавки руд на торфе различны, в зависимости от состава шихты, но, в общем, говорят о хороших результатах опытов.

Президиум Мособлисполкома 16 февраля 1932 г. решил провести опытную плавку на кусковом торфе и агломерате пиритных огарков, поручив это дело особой комиссии под руководством инж. Шулькина при участии академиков Павлова и Брицке.

Для опытной плавки была выбрана домна № 2 Косогорского завода.

Перед началом плавки были проведены большие подготовительные работы: подвезено свыше 10 000 *t* кускового воздушно-сухого торфа со

средней влажностью 24% и с содержанием золы от 3 до 5%. Были построены две агломерационные установки и добыто около 1000 т агломерата из выщелоченных огарков; была также смонтирована установка для извлечения меди из огарков. Самая плавка проводилась с 1 сентября по 6 декабря 1932 г. Плавку можно разделить на 3 стадии.

В первой стадии опытов расчет велся на выплавку литейного чугуна при обычной для завода шихте. С 4 по 9 сентября включительно ход печи был нормален. Печь работала плавно, подвисяния и „ухания“ колош не наблюдались.

Газа на 1 т чугуна приходилось от 5500 до 5600 м³.

Состав получившегося газа приведен в табл. 4.

Таблица 4

CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	C _m H _n
в п р о ц е н т а х				
9—10	29—31	9—10	2—3	0,3—0,6

К концу этого периода началось разогревание горна, очищение фурм и, как следствие этого, увеличение кремния в чугуне. 10 сентября произошла авария из-за выделения газа через колошниковый затвор. Горящий газ повредил конструкцию колошникового моста. Печь простояла в ремонте 28 часов и за это время на стенках печи образовались настыли. Находившийся в печи торф подвергся коксованию, и там, где не было настылей, выделявшиеся газы подготовили руду к плавке. Затем поступил сырой материал и попал сразу вниз. Недостаток газа не позволил поднять температуру дутья выше 700°. Застревание торфа в засыпном бункере задерживало подачу колош и вело к работе на неполной печи. Произошло расстройство хода печи и перевод ее на минеральное топливо.

При следующем опыте печь повели на передельный мартеновский (кремнисто-марганцовистый) чугун. С 17 сентября печь работала нормально до 19 сентября, когда вследствие замусоривания горна произошло расстройство ее.

Вторая стадия опытов доказала возможность получения в горне высоких температур, позволяющих выплавливать кремнистые и марганцовистые чугуны.

Третий период опытов был начат 24 сентября и отличается от первых двух подачей холостых колош минерального кокса и введением в шихту агломерата пиритных огарков, сначала частично, а затем и до 100%. В течение третьего периода домна работала нормально, горн не замусоривался, несмотря на то, что в отдельные моменты печь ухудшала свою работу. Следует отметить, что плавка вообще была трудной, так как торф и агломерированные огарки явились новыми видами горючего и сырья, внесшими много „неизвестных“ в работу. Тем не менее результаты показали, что торф является вполне полноценным доменным горючим.

За все время опытов (19 дней) было выплавлено на торфе 1562 т чугуна. Ниже, в табл. 5, приводится результирующая таблица по периодам, причем третий период делится на две части: 10 дней и 2 дня отдельно, ибо в эти последние дни печь работала с малой производительностью (29 и 23 т) и с неудовлетворительными показателями.

Таблица 5

Показатели	Единица измерения	Первый период	Второй период	Третий период	
		5 суток	2 суток	10 суток	2 суток
Количество выплавленного чугуна	<i>m</i>	497,85	219,39	729,8	845,03
Средняя (суточная) выплавка чугуна	"	99,57	109,69	79,28	70,42
Удельный расход торфа	—	4,08	3,45	3,79	3,84
Удельный расход кокса	—	—	—	0,29	0,32
Выход чугуна из шихты	%	43,98	62,5	67,69	57,0
Коэффициент использования полезного объема	—	3,49	3,17	4,38	4,94
Производительность печи на торфе по отношению к производительности ее на минеральном коксе	%	68,27	75,17	47,59	42,17

Последняя графа требует внесения следующих коррективов: производительность домы на минеральном топливе (кокс) — 145 *m* в сутки при выплавке литейных чугунов.

В первом периоде получался также литейный чугун.

В третьем периоде большинство полученного металла следует отнести к передельным мартеновским чугунам. Поэтому при расчете была принята увеличенная норма производительности печи на минеральном коксе (коэффициент перевода литейного чугуна в передельный — 1,15). Кроме того, персонал не имел при этом определенных методов работы. Все это следует принять во внимание при сравнении результатов работы всех трех периодов.

Опытная плавка третьего периода показала возможность рационального использования пиритных огарков при удовлетворительном количестве и качестве колошниковых газов. Выходы газов — 5500—5600 m^3 на 1 *m* чугуна — подтверждают кулебакские показатели и несколько ниже выксунских (7000 m^3/m).

Теоретические подсчеты низшей рабочей теплотворной способности для обоих случаев (Косая Гора и Кулебаки) дали одинаковые результаты, а именно — 1500 $кал/m^3$. Для сравнения приводим анализы колошникового газа по трем опытным плавкам на этих заводах (табл. 6).

Таблица 6

Место плавки	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	C _m H _n
	в процентах				
Косогорский завод	10	30	10	3	0,5
Кулебакский	8	28	14	3,75	0,5
Выксунский	12	26	10	(не опр.)	1,5

Вместе с газом выделяется значительное количество летучих веществ и смол. Переработка последних дает ценные химические продукты.

Комиссия, под руководством инж. Шулькина и при участии акад. Брицке, со 2 по 25 июня 1933 г. провела опыты по выплавке чугуна на торфе с обогащенным кислородом дутьем в опытной домне Чернореченского химического комбината. Опыты производились с целью проверки возможности получения при доменной плавке на торфе высококалорийного газа, смолы и качественного чугуна на небольшой домне постройки 1932 г.

Настройка печи и овладение процессом продолжались до 9 июня. Торф брался с Орловского болота и был различного состава: зола и влага торфин давали значительные колебания: влага—от 13,7 до 33,2%, в среднем 23%; зола—от 4,14 до 9,84%, в среднем 7,62%.

Шихтой была смесь криворожской и бакальской руд, обе пылеватые с содержанием пыли и мелочи до 60%. Флюсами служила щебенка от известняка, идущая на производство карбида кальция. Изредка в шихту поступала стружка из местных мастерских, ржавая, с посторонними примесями.

Несмотря на все неблагоприятные предпосылки, опытная плавка доказала целесообразность кислородного дутья и полностью подтвердила все предварительные теоретические расчеты. Содержание кислорода в дутье меняло состав газа и его теплотворную способность. Приводим сравнительные данные о газе, находящиеся в прямой зависимости от концентрации кислорода в дутье (табл. 7).

Таблица 7

Концентрация кислорода в дутье (в %)	С о с т а в г а з а (в %)							Q_s^p по Юнкерсу кал/м ³	Количество газа на 1 т торфа в м ³
	CO	O ₂	CO ₂	H ₂	C _m H _n	CH ₄	N ₂		
40	44,3	0,2	12,9	11,6	1,1	3,9	26	1100	2260
49	47,5	0,15	11,4	11,7	1,0	4,9	22,3	1000	2440
58,5	51,0	—	13,1	14,9	0,9	4,5	26,3	930	2630

После метанирования и отмывки CO₂ теплотворная способность полученного газа составляла 4050 кал/м³, т. е. он может вполне заменить светильный газ коксовых печей. Была полностью установлена возможность работы на одном торфе с повышенным против обычной нормы содержанием золы (до 10%) и получения чугунов с большим содержанием кремния и марганца. Было также установлено, что при этом получают значительные выходы чистых смол.

При различной концентрации кислорода в дутье печь работает ровно, с подачей пара в дутье и без нее. Замусоривания горна не наблюдалось. Производительность печи достигала нормальных при минеральном топливе показателей. При более кислых шлаках производительность печи можно даже увеличить. Значительно уменьшается время плавки без нарушения процесса: 6 часов против 12—14 часов (на Косогорском заводе).

Таким образом по всем показателям эта плавка дала положительные результаты.

II. Доменная печь на кусковом торфе как генератор газа большой мощности

До недавнего времени газификация торфа проводилась исключительно по методу получения так называемого воздушного газа в обыкновенных газогенераторах шахтного типа при действии на торф ограниченного количества воздуха (отсюда название воздушного газа). Калорийность воздушного газа невысока — 1000—1200 кал/м³, так как он содержит значительное количество, в среднем около 70%, инертных составляющих.

Воздушный газ вырабатывается в небольших установках, работающих без отъема смолы. Вследствие низкой калорийности воздушный газ используется непосредственно на месте получения его; перед применением он обыкновенно подогревается в регенераторах или рекуператорах.

Получение воздушного газа важно для небольших заводов, могущих работать на неосушенном газе, так как при этом требуются незначительные капиталовложения и обслуживание установок несложно. Применяется воздушный газ в качестве силового газа для газомоторов.

Начиная с 1929 года, когда впервые в Гусь-Хрустальном была осуществлена газогенераторная станция на торфе, стал распространяться метод газификации торфа с получением смешанного генераторного газа. Смешанный генераторный газ образуется из торфа при взаимодействии последнего с паровоздушной смесью в газогенераторах с надстроенной швельшахтой. При наличии швельшахты к основному генераторному газу присоединяются также газы сухой перегонки, в результате чего и получается смешанный генераторный газ с теплотворной способностью в 1450—1550 кал/м³. Выход газа для торфа нормальной влажности и зольности составляет в среднем около 1,5 м³ на 1 кг торфа.

Газогенераторы, в которых получается смешанный генераторный газ, перерабатывают около 50 т торфа в сутки, что в несколько раз превышает производительность обыкновенных шахтных газогенераторов.

Наличие швельшахты обеспечивает также предварительную подсушку торфа, что делает процесс газификации более устойчивым и менее зависимым от колебаний влажности в торфе. Газогенераторы со швельшахтой позволяют кроме того получать в виде побочных продуктов первичный торфяной деготь в количестве до 6—7% от веса рабочего торфа.

Смешанный генераторный газ имеет довольно широкое применение на предприятиях стекольной, керамической и строительной промышленности, а также в машиностроении (термические печи, литейные, кузницы и пр.). Способ получения из торфа смешанного генераторного газа позволяет осуществлять строительство газогенераторных станций районного значения с радиусом передачи газа в 2—3 км.

Новым методом газификации торфа в газогенераторах является получение из торфа двойного водяного газа. Двойной водяной газ получается в механизированных газогенераторах специального типа по методу, впервые предложенному проф. Штрахе. Метод заключается в том, что топливо подвергается сухой перегонке в швелевой шахте, а из образующегося торфяного кокса при помощи вдувания перегретых водяных паров получается так называемый водяной газ (смесь окиси углерода и водорода). Смесь водяного газа и газов сухой перегонки торфа образует двойной водяной газ.

Так как взаимодействие раскаленного кокса и водяного пара требует затраты значительного количества тепла (реакция эндотермическая), процесс ведут периодически: вслед за вдуванием водяных паров (в течение,

примерно, 8 минут) подают сильно перегретый воздух (около $1\frac{1}{2}$ минут), вследствие чего часть кокса сжигается, накаляя этим весь остальной кокс для последующего парового дутья.

Воздушное дутье ведут только через слой кокса; полученный газ воздушного дутья направляется в регенератор для отдачи физического тепла и частичного сжигания, а оттуда — в котел для окончательного дожигания. Паровое дутье, дающее в нижних зонах генератора водяной газ, ведут через всю шахту. Образующийся в нижней шахте сильно нагретый водяной газ поднимается во вторую швелевую шахту генератора, где он производит полукоксование загруженного торфа, одновременно присоединяя к себе газ сухой перегонки, отчего и получается двойной водяной газ — водяной газ + швельгаз.

Двойной водяной газ из торфа имеет теплотворную способность в $2900-3000 \text{ кал/м}^3$ — вдвое большую, чем обыкновенный смешанный генераторный газ. Двойной водяной газ имеет крупное значение во всех тех случаях, когда по условиям потребления необходима значительная калорийность для достижения большого пирометрического эффекта, например: для отопления мартеновских печей, для отопления котельных теплоэлектроцентралей, для городских (коммунальных) предприятий. Средний состав и теплотворная способность воздушного, смешанного и двойного водяного газа из торфа приведены в табл. 8.

Таблица 8

Составные элементы (в %)	Воздушный газ	Смешанный газ	Двойной водяной газ
Углекислота (CO ₂)	9,0	8,0	12,0
Окись углерода (CO)	18,2	26,8	35,0
Метан (CH ₄)	3,4	2,5	8,0
Тяжелые углеводороды (C _m H _n)	0,2	0,3	1,5
Водород (H ₂)	8,5	17,0	40,0
Азот (N ₂)	60,4	45,1	3,3
Кислород (O ₂)	0,3	0,3	0,2
Всего	100,0	100,0	100,0
Средняя теплотворная способность газа Q _n калорий	1100	1500	3000

Сопоставляя химический состав различных видов газа из торфа, видим следующее.

1. Смешанный генераторный газ имеет в своем составе меньше азота и, следовательно, меньше балластных веществ по сравнению с воздушным газом. Это является результатом частичной замены воздушного дутья паровым, вследствие чего в газе увеличивается содержание горючих составных частей — водорода и окиси углерода.

2. Двойной водяной газ почти не содержит балластного азота, что является следствием самого метода получения газа.

Газ этот по сравнению со смешанным газом обогащается метаном (в 3,5 раза), водородом (более чем в 2 раза) и окисью углерода (почти в 1,5 раза).

3. В целом количество горючих составных частей в воздушном газе составляет 30%, в смешанном — 47%, в двойном водяном — 84%.

Двойной водяной газ значительно дороже смешанного генераторного газа. Это объясняется особенностью технологического процесса получения двойного водяного газа: последний в отличие от смешанного газа получается в результате периодического дутья то воздуха, то пара. Это уменьшает коэффициент полезного действия газификации и несколько повышает стоимость газа, но зато при этом почти вдвое увеличивается теплоплотность газа, что, как правило, всегда требует дополнительных затрат.

Газификация с получением двойного водяного газа имеет еще и такие преимущества:

- а) большую производительность агрегата и
- б) более дешевую очистку газа, так как при одном и том же количестве газифицируемого торфа получается вдвое меньшее количество газа.

Доменная печь может быть рассматриваема как газогенератор, у которого верхняя часть является огромной шельшахтой.

В период задувки и выдувки, когда печь идет на чисто коксовых (топливных) колошах без руды, домна в сущности работает исключительно как газогенератор и дает при этом газ калорийностью в 1000 кал/м³. Газ этот обычно сжигается под котлами завода или в смеси с более калорийным коксовым газом в маргеновских печах. Однако, идея использования доменной печи как торфяного газогенератора возникла лишь в последние годы в результате опытных работ по выплавке чугуна на воздушно-сухом торфе. Опытные плавки, производившиеся с 1930 г. по 1932 г. на Косогорском заводе (под Тулой) на обыкновенном воздушном горячем дутье, показали следующее.

1. Возможность работы доменных печей малых и средних размеров на кусковом воздушно-сухом торфе с влажностью до 30—35%. Однако, при этом наблюдалось замусоривание горна коксовой мелочью и беспокойный ход домны, для устранения чего явилась необходимость в подаче время от времени холостых топливных колош общим весом в 5% от веса торфа.

2. Качество чугуна, получающегося на торфе, подвержено значительным колебаниям, особенно в отношении содержания кремния и серы.

3. При выплавке передельного чугуна из руды с 55—60% железа получены следующие показатели:

- а) расход торфа: 3,5—4,0 т на тонну чугуна;
- б) коэффициент использования полезного объема печи 3,5—4,5 м³/т чугуна;

в) интенсивность горения кокса — до 12,5 т/м² сечения горна и

г) время пребывания шихты в домне — около 12 часов.

Несмотря на осложняющие плавку обстоятельства, опыты эти все же показали несомненную возможность плавки чугуна на торфе без предварительного дорогостоящего превращения торфа в кокс.

В отношении выхода газа эти опытные плавки установили:

1) возможность получения газа с калорийностью большей, чем дает нормальная газогенераторная установка, а именно в размере обычного смешанного генераторного газа из торфа (до 1500 кал/м³);

2) выход газа при этом получался значительный (1500 м³ на 1 т торфа или 5600 м³ на 1 т чугуна).

Дальнейшим развитием опытов на Косогорском заводе явились, как уже указывалось, опытные плавки на Чернореченском химическом комбинате с применением обогащенного кислородом (до 40—60% O₂) дутья, проведенные в 1933 г. Институтом азота.

Результаты этих опытов показали следующее:

1. В отличие от опытов на Косогорском заводе печь работала сравнительно ровно без зависаний и осадок, так как кокс при этом получался весьма прочным, не уступавшим по прочности каменноугольному металлургическому коксу. Это обстоятельство следует объяснить большим выходом торфяной смолы, конденсировавшейся на кусках торфа (ввиду низкой температуры шихты) и способствовавшей этим получению из торфа крепкого кокса. Помимо того высокая температура под действием струи дутья, обогащенного кислородом, позволяла легко сжигать коксовую мелочь.

2. Интенсивность коксования торфа на обогащенном кислородном дутье оказалась заметно более высокой, чем при обыкновенном дутье. Нормальное время пребывания шихты в печи составляло около 8 часов. Таким образом основной, лимитирующий производительность домны фактор — длительность нахождения торфа в шахте (при опыте в Косой Горе 12 часов и выше) — при кислородном дутье не являлся препятствием к эффективному использованию полезного объема доменной печи. Изменение концентрации кислорода в дутье допускало большую гибкость в ведении плавки, давало возможность легко устранять неполадки в доменном процессе.

3. Благодаря весьма высокой температуре у очагов горения создаются благоприятные условия для плавки литейных чугунов и ферросплавов — высококремнистых и марганцовистых чугунов.

Что касается „газовой“ части, опыт чернореченской торфокислородной плавки показал:

1. Возможность дальнейшего увеличения теплоплотности газа. Теплоплотность газа возрастает по мере увеличения процента кислорода в дутье, причем, однако, выход газа соответственно уменьшается.

В среднем газ имел такую калорийность (табл. 9):

Таблица 9

Кислорода в дутье в %	Калорийность газа кал/м ³
35	2100
40	2225
45	2350
50	2475
55	2600
60	2750

Это обстоятельство имеет большое экономическое значение как для расширения областей применения газа, так и для транспортирования газа к потребителям.

2. Домна на кислородном дутье, давая значительное количество высококалорийного газа, является по существу установкой газовой, при которой ценность газа, как продукции, не уступает ценности чугуна.

3. Вместе с газом в процессе плавки получается продукт значительной ценности—торфяной деготь в количестве около 10⁰/₀ на абсолютно сухую массу торфа.

Оценивая доменную печь как газогенератор, нужно иметь в виду, что она по производительности в несколько раз превышает мощность современных торфяных газогенераторов. Если принять суточную переработку газогенератора смешанного генераторного газа в 45—50 т, а двойного водяного газа—около 100 т торфа, то производительность одной доменной печи с полезным объемом в 200 м³ выразится, ориентировочно, в 350 т торфа в сутки. Одна доменная печь заменяет по газу около 4 газогенераторов двойного водяного газа и 6—7 обыкновенных газогенераторов, в переводе на теплотворную способность смешанного газа. Концентрация производства газа в домне создает все предпосылки для организации компактного газового предприятия, отвечающего масштабам социалистического хозяйства.

Второй важной особенностью доменной печи как газогенератора является то, что она удачно решает вопрос удаления золы, что при повышенной зольности в исходном топливе (как, например, в торфах, могущих явиться базой газодоменного комбината для г. Киева) имеет особенное значение. Из домны зола удаляется весьма просто—путем перевода ее в жидкое состояние; при этом получается полупродукт, пригодный для цементного производства.

При работе на кусковом торфе эффективность домны может быть охарактеризована газовым коэффициентом полезного действия (т. е. отношением тепла в газе ко всей теплотворной способности торфа) и общим газовой-металлургическим коэффициентом (т. е. отношением суммы тепла газа и металлургических реакций ко всей теплотворной способности загруженного в домну торфа). Эти коэффициенты полезного действия для домны при различных плавках в сравнении с коэффициентами по смешанному и двойному водяному газу и при работе домны на одном лишь торфе, т. е. как газодомны, будут следующими (табл. 10).

Таблица 10

Наименование агрегата	КПД газовый	КПД общий
Д о м н а:		
а) при плавках на ферросплавы	66,7—69,5	79,1—79,8
б) при плавках на литейный и передельный чугун	66,0—67,4	80,2—80,3
Газодомна	73,3	73,3
Газогенератор смешанного газа	70,5	70,5
Газогенератор двойного водяного газа	59,0	59,0

Как видно из этой таблицы, коэффициент полезного действия газодомны выше такового для газогенератора смешанного газа и, в особенности, газогенератора двойного водяного газа; этот высокий коэффициент является следствием меньших теплотерь на лучеиспускание в результате большого объема доменной печи. При работе на руде доменная печь работает с КПД газификации от 66,0 до 69,5%, что значительно выше эффективности газогенератора двойного водяного газа, хотя несколько уступает по величине КПД газогенератора смешанного газа. Общий же КПД использования тепла в домне значительно выше такового для всех остальных

агрегатов, производящих газ из торфа. Это обстоятельство делает доменную печь не только мощным, но и экономичным в тепловом отношении генератором торфяного газа.

Большое практическое значение имеет вопрос, в какой мере в доменной печи обеспечивается устойчивость производства на кусковом торфе при переменной влажности исходного торфа. Тепловые расчеты процесса при различных влажностях торфа показывают, что доменное производство может оказаться эффективным в пределах колебаний влажности до 35%. При более высокой влажности эффективность производства газа и выплавки чугуна будет падать, так как кислородно-доменная печь не имеет избытков тепла. При очень высокой влажности торфа (что может считаться, конечно, исключительным обстоятельством, так как это выходит за пределы допустимых технических норм по качеству торфа) домна может быть переведена на работу без руды, на одном лишь торфе, т. е. как газодомна. В этом случае домна будет работать только как газогенератор и вследствие большого объема и значительного КПД использования тепла будет располагать достаточными избытками последнего. Это позволяет обеспечить газификацию торфа и при очень высоком содержании влаги в нем (до 54%), правда при сниженных показателях КПД газификации.

Таким образом доменное и газодомненное производство на кусковом торфе должно быть признано в достаточной мере устойчивым и обеспечивающим нормальное газоснабжение не в меньшей мере, чем другие методы газификации торфа.

III. Потребность г. Киева в газе

Газоемкость г. Киева подсчитана на основании реальных возможностей осуществления газопроводных магистралей, требующих крупных капиталов и металлозатрат. В свою очередь, газопроводы связаны с источниками газа; малейшая диспропорция вызовет омертвление капитала.

Исключая отдаленные районы, не входящие в состав собственно города, для сравнения остается 21 район. На основании анализа данных о типе застройки, плотности, благоустройстве и т. д. можно выделить 10 районов, наиболее пригодных для газификации, в которых сосредоточено 79,8% жилого фонда по кубатуре, 75,7% по жилплощади, 63,1% по количеству квартир, 71,2% по количеству комнат; в этих районах живет 70% всего населения города. Это наиболее благоустроенные по типу жилищ районы города, они имеют наибольший процент застройки преимущественно каменными домами, наибольшее количество специальных зданий и т. п.

Намечая конфигурацию сети для этих районов, приходится отказаться от включения части их в список первоочередно газифицируемых районов по условиям топографии. Таким образом газификации в первую очередь подлежат лишь 5 районов.

Протяженность сети составляет 19,86 км; длину газопроводов, считая проводку по обеим сторонам улиц, принимаем в 50 км.

Подсчет газоемкости на конец III пятилетки (1942 г.) и конец IV пятилетки (1947 г.) по категориям потребителей дает следующие окончательные результаты (табл. 11).

Таким образом в периоды 1942—1947 гг. на коммунальные и промышленные нужды (без электростанций) расход составляет (округленно):

1942 г.	200 млн. м ³ .
1947 г.	300 млн. м ³ .

Категория потребителей	Годовой расход газа в млн. м ³	
	1942 г.	1947 г.
Бытовые нужды	26,30	62,88
Общественное питание	30,80	33,70
Хлебопечение	8,50	10,00
Промышленность	155,68	208,74
Вузы, школы, лечебные учреждения	6,38	8,58
Дополнительные расходы	2,21	2,75
Электростанции	135,00	750,00
Итого	364,87	1076,65

IV. Выбор торфяной базы Киевского газодоменного комбината

Для Киевского газодоменного комбината необходимо ежегодно поставлять около 250 тыс. тонн торфа с зольностью в 15—20%, на абсолютно сухое вещество и с влажностью рабочего топлива в 30%, причем желательна подача однородного топлива (одного месторождения) в течение 20—25 лет, т. е. полного амортизационного срока заводской установки. Кроме того, желательна возможно низкая стоимость торфа и его транспорта с болота до склада комбината.

Среди окружающих г. Киев торфяных массивов, могущих служить целям снабжения газодоменного комбината топливом, можно назвать следующие:

- а) болото „Трубеж“ имеет торф со средней зольностью в 27% на абсолютно сухое вещество; в некоторых случаях зольность будет еще выше;
- б) болото „Ирдынь“ с мощным запасом торфа. В настоящее время массив осваивается для топливоснабжения ряда промышленных предприятий, в частности сахарных заводов и вискозной фабрики;
- в) болото „Великое“ со средней зольностью торфа 20,2%;
- г) болото „Здвиж“ с очень большим запасом торфа средней зольности в 19,8%;
- д) болото „Клопотовское“ с зольностью торфа в 17—20%;
- е) болото „Выдра“ со средней зольностью торфа в 15,3%.

Болото „Трубеж“ как топливная база газодоменного комбината не может быть использовано вследствие высокой зольности торфа. Болото „Ирдынь“ также отпадает, поскольку оно уже имеет название и потребителей. Кроме того, оно расположено относительно далеко от Киева. Болото „Великое“ по качеству торфа подходит для снабжения газодоменного комбината, но мало по размерам и потребует ввода в эксплуатацию добавочного массива. Болото „Здвиж“ подходит и по качеству торфа и по количеству возможной ежегодной добычи. Однако, для транспортирования торфа необходимо вдоль болота на 80 км проложить торфовозную железнодорожную ветку и, кроме того, возить торф по железной дороге на расстоянии 50—55 км, что при обычном недогрузе торфом подвижного состава (10—12 т вместо 16) потребует большого количества вагонов. Торф с болота „Здвиж“ будет весьма дорог для газодоменного

комбината. Болото „Клопотовское“ исключается, как основной поставщик, из-за небольших запасов торфа. Однако, это болото представляет интерес как резервная база торфа, расположенная в 10—15 км от комбината. Болото „Выдра“ обладает достаточным количеством торфа и хорошей зольностью его, вполне пригодной для процесса газификации. Его следует признать наиболее подходящим для снабжения комбината. Это болото расположено в Киевской и Черниговской областях. Болото тянется с севера на юг параллельно р. Днепру; середина болота перерезана шоссе; площадь его в границах исследования — 6078 га.

Болото расположено на второй трассе р. Днепра и отделено от него песчаными грядами и староречьями.

Никаких подготовительных работ на нем не производилось, за исключением проведения на одном участке двухкилометровой канавы. Болото мокрое, заросшее на 50—60% лесом. Однако, водосборный бассейн его невелик, уклоны достаточны и оно легко может быть осушено. В 1931 г. болото исследовано на торф Укрторфтрестом. В 1929 году на нем были проведены гидротехнические изыскания, показавшие, что на болоте можно организовать фрезерную и машинно-формовочную торфодобычу. Багерный способ добычи неприменим, так как в залежи встречаются пни, что также будет препятствовать и фрезерной торфодобыче. Поэтому остается один наиболее целесообразный способ разработки — это добыча кускового торфа машинно-формовочным способом при помощи скреперно-элеваторных машин новейшей конструкции.

Торфяной массив болота „Выдра“ характеризуется такими данными: средняя зольность 15,3%, средняя влажность торфомассы 86,3%, теплотворная способность органической массы 5110 кал., теплотворная способность рабочего торфа 2723 кал., средняя степень разложения 50%.

Запасы торфа болота „Выдра“ обеспечивают потребности Киевского газодоменного комбината на полный амортизационный срок.

Для разработки болота до полной производственной мощности необходимо освоить весь массив болота: его необходимо осушить путем проведения канав, очистить от лесных зарослей, силинговать поля сушки, построить поселки для рабочих, провести вдоль болота торфовозную ветку, продолжив ее до середины болота.

V. Потребность киевской промышленности в чугуне

Для обоснования строительства газодоменного комбината в районе Киева представляют интерес данные о потребности киевской промышленности в чугуне. В основу исчисления этих данных были положены материалы Киевского горплана и Комиссии по разработке плана реконструкции города на период 1936—1940 гг.

Более или менее определенные величины имеются лишь на 1940 г.; подсчет же потребности на 1947 г. произведен в зависимости от коэффициента общего роста промышленности, составляющего, примерно, 170% по отношению к 1937 г.

В табл. 12 приведена годовая потребность промышленности г. Киева в литейном чугуне (чушках).

Намеченные к сооружению в районе Киева домны имеют полезный объем примерно по 200 м³ с производительностью одной такой домны — 50 т чугуна в сутки, а в течение 330 дней работы: $50 \times 330 = 16\,500$ т в год.

Таблица 12

Потребители	1940 г.	1947 г.
Госпромышленность	76 175 т	} 95 000 т
Промкооперация	6 500 „	
Итого	82 675 т	95 000 т

Таким образом для удовлетворения потребности киевской промышленности в 1940 г. в чугуне необходимо построить:

$$82\,675 : 16\,500 = 5,0 \text{ печей.}$$

Так как в газодоменном комбинате намечается соорудить лишь две домны по 200 м³, то совершенно очевидно, что потребности г. Киева обеспечивают безусловное использование на месте всей продукции печей по литейному чугуну.

VI. Сырьевая база комбината

Снабжение проектируемого в г. Киеве газодоменного комбината железной рудой может базироваться либо на эксплуатации залежей местных руд, либо на привозе руды из Кривого Рога.

Первый вариант — эксплуатация пригодных для разработки местных месторождений руд в районах Коростеня и Кременчуга, а также по верховьям реки Буг — весьма интересен. На Волыни в 50-х годах прошлого столетия насчитывалось свыше 50 мелких чугунолитейных заводов, работавших на местной руде и древесном угле¹. Последний, Денешевский, завод возле Житомира, с годовой продукцией около 1300 т закрылся в 1900 г. В 1908 и 1917 гг. были проведены разведочные работы, главным образом в районе села Лиственники Овручского района, с целью промышленного использования железных руд. Производилось бурение 100 скважин и были взяты шурфы. Результаты этих разведок доказали несомненное залегание железных руд на значительных площадях; характер залегания — в виде отдельных неглубоких гнезд; руды принадлежат к категории лимонитов, т. е. бурых железняков. Геологическое строение этих гнезд представляет собой частично твердые, почти чистые лимониты, частично же землестый бурый железняк, вкрапленный в глины, суглинки, а также пески. Содержание окислов железа в руде колеблется в пределах 82—96%. Такая же высокосортная руда обнаружена в Антоновицком и других месторождениях в районе Овруча.

Весьма ориентировочные данные о запасах богатой руды на этих участках определяются цифрой порядка 500 000 тонн. Содержание чистого железа можно принять в 50—54%, фосфорного ангидрида — 0,84—1,2%. В некоторых скважинах и шурфах обнаружены менее богатые руды с содержанием водной окиси железа — 28—45% и 20—22%.

Использование местных руд может быть эффективным особенно в связи с наличием в них ванадия и титана, однако это не разрешает полностью вопроса о снабжении комбината на продолжительный период времени,

¹ Н. Бунге, Исследование о железной промышленности в губерниях Киевского учебного округа, 1855.

так как запасы их невелики и могут обеспечить газодоменный комбинат лишь на 8 лет работы. Кроме того, залегание руд имеет гнездовой характер: небольшие гнезда руд вкраплены на большой территории, что чрезвычайно усложняет добычу руды и удорожает себестоимость ее. Экономическая целесообразность разработки местных руд и доставки их железнодорожным путем на расстоянии 180—200 км является поэтому весьма сомнительной и заставляет искать иных источников снабжения комбината рудой. Самым рациональным разрешением вопроса будет ориентировка газодоменного комбината на криворожские руды с доставкой их по железной дороге до Днепродзержинска (б. Каменское), а оттуда водным путем по Днепру к заводу.

Кроме руд, газодоменный комбинат нуждается для производства также и в известняках для сплавления пустой породы и золы топлива в шлак. Ближайшим к г. Киеву районом залегания известняков является так называемый Западный район с Приднестровьем, охвативший юго-западную часть Волыни, большую часть Подолии и МССР. Ближайшая к Киеву граница этого района проходит через Крыжополь—Винницу—Славути. В этом районе преимущественно распространены среднесарматские известняки.

Определенную промышленную ценность представляют собой известняки МССР.

Мощность их и качество по сравнению с другими районами Украины (Жмеринка, Шепетовка, Криворожье) значительно выше. В МССР имеется три крупных промышленных района по добыче известняка: окрестности г. Тирасполя, Кодымы и Рыбницы. Из них наиболее важным является рыбницкое месторождение, где расположены самые крупные разработки известняка на Правобережной Украине. Химический состав рыбницких известняков согласно 36 лабораторным анализам сахарных заводов дает следующие колебания (табл. 13).

Таблица 13

С о с т а в	В процентах		
	от	до	среднее
Углекислая известь	91,1	95,94	94,16
Углекислый магний	0,6	2,52	1,48
Глинозем и железо	0,12	1,3	0,7
Нерастворимый остаток	0,51	4,8	2,0

Промышленные запасы, по данным разведывавшего Рыбницкие месторождения П. И. Василенко, составляют (табл. 14):

Таблица 14

Название карьера	Запас в т
Карьеры им. Ленина и Артема	867 000
„ „ 9 января	672 650
„ „ 25 октября	197 750
Всего	1 737 400

Приведенные запасы относятся лишь к ограниченной площади разведок. Ориентировочная стоимость 1 т известняка на Рыбницких разработках составляет около 3 руб. 60 коп. Транспортные условия довольно благоприятны: по долине р. Рыбницы проходит железнодорожная линия Рыбница—Слободка, соединяющая этот район с магистралью Киев—Одесса. Расстояние от ст. Рыбницы до г. Киева составляет 489 км. При перевозке известняка повагонно (18 т в вагоне) стоимость фрахта составляет примерно 4 руб. 60 коп. за тонну при стоимости погрузочно-разгрузочных работ в 2 руб. 10 коп., а всего 6 руб. 70 коп. за тонну, что в общем составит около 10 руб. 30 коп. за тонну франко-комбинат. Потребность газодоменного комбината в известняке исчисляется приблизительно в 1800 вагонов в год.

VII. Основные показатели доменного производства газодоменного комбината

Основные требования, которым должен удовлетворять газодоменный комбинат в Киеве, выдвигают как наиболее целесообразный вариант работы двух доменных печей на литейный чугун при дутье с 40% кислорода. В качестве топлива намечается торф из болота „Выдра“, кусковой, воздушно-сухой с 30% влажности.

В абсолютно сухом веществе торфа из болота „Выдра“ заключается 16,7% золы и 83,3% органических веществ. Анализы золы торфа показали нижеследующий состав ее (в процентах):

		В среднем
SiO ₂	39,1 — 56,2	47,65
Al ₂ O ₃ } Fe ₂ O ₃ }	12,57 — 34,81	13,00
CaO	15,7 — 20,1	17,90
MgO	1,1 — 1,5	1,30
K ₂ O + Na ₂ O	1,5 — 1,7	1,60
SO ₃	4,2 — 4,3	4,3
P ₂ O ₅	0,8 — 1,2	1,0

Элементарный состав золы (в процентах):

Fe	8,3
S	1,72
P	0,43

Как видно из приведенных анализов золы торфа, колебания составных частей в ней довольно значительны; следует отметить особое преобладание в золе кремнезема при относительно небольшом содержании извести, что потребует введения в печь значительного количества известняка в связи с большим удельным расходом топлива на единицу продукции — чугуна.

Основными видами железной руды для газодоменного комбината приняты криворожские красные железняки, весьма богатые железом и, главное, заключающие в себе относительно небольшое количество кремнезема, что чрезвычайно важно при высокой кремнистости золы. Для производства предполагается использовать смесь криворожских руд I и III сортов в количестве, примерно, 50% того и другого сорта. Средние анализы

этих руд по данным акад. М. А. Павлова и проф. А. Ф. Новоспасского показали следующий их состав (в процентах).

	Руда I сорта	Руда III сорта
Fe ₂ O ₃	91,0	78,50
SiO ₂	5,00	15,00
Al ₂ O ₃	1,50	2,50
CaO	0,30	0,70
MgO	0,10	0,50
MnO	0,26	0,26
P ₂ O ₅	0,11	0,11
H ₂ O	1,00	2,50

Более низкосортная руда введена для удешевления производства, так как избыток кремнезема в ней относительно незначителен в связи с общей массой SiO₂ в золе топлива.

Ввиду того, что в доменной печи значительная часть марганца переходит в шлак, а в литейном чугуна, согласно ОСТ'у, должно быть не менее 0,5% Mn, оказывается необходимым при доменном процессе вводить в печь также марганцевую руду. Так как потребность в марганце относительно невелика, то представляется возможным использовать для этой цели второсортную или даже третьесортную руду. Особенно удобным в данном случае является использование низкосортных никопольских руд, которые могут доставляться водой по Днепру. Так как качество руды, как уже указывалось, при этом особой роли не играет, то целесообразно остановиться для газодоменного комбината на немойтой руде III сорта с анализом:

MnO ₂	55,69%
Fe ₂ O ₃	3,44%
SiO ₂	20,82%
Al ₂ O ₃	0,83%
CaO	3,46%
MgO	1,80%
P ₂ O ₅	0,44%

Элементарный состав применяемых в производстве газодоменного комбината руд (в процентах):

	Fe	Mn	S	P
Криворожская I сорта	64,00	0,20	0,02	0,05
" III "	55,00	0,20	0,02	0,05
Никопольская III "	2,41	35,84	—	0,19

Средний анализ флюса, известняка из Рыбницких карьеров в МССР, дает такой состав его: SiO₂ — 2,0%; Al₂O₃ — 0,7%; CaO — 52,7% и MgO — 0,7% при среднем содержании CaCO₃ — 94,2%.

Исходный анализ литейного чугуна, предназначенного к производству на комбинате, принят согласно ОСТ'у:

Fe	92,5%
Si	3,0%
Mn	0,6%
S	3,6%
Прочих примесей (S, P и др.)	0,3%
	100,0%

Особенно сложен вопрос о выборе расходных коэффициентов топлива ввиду почти полного отсутствия практических данных в этой области. Данные опытных плавов на торфе и обогащенном кислородом дутье на Чернореченской домне дают (как минимальный) расход торфа в 4,21 т на 1 т горячего (кремнистого) чугуна; в период наиболее устойчивого хода печи расход торфа на 1 т чугуна был равен 6,18 т. При меньших простоях расход торфа, вероятно, можно довести до 6 т на 1 т литейного чугуна. Принимая во внимание значительно большую зольность предназначенного для газодоменного комбината торфа (16,7%) в сравнении с торфом, применявшимся в Чернореченской домне (в среднем 7,6% золы), целесообразно остановиться на предварительном коэффициенте расхода топлива в печах Киевского газодоменного комбината — 7,0, т. е. в размере 7 т на 1 т чугуна без учета на вынос его из домны.

Согласно произведенного расчета, который здесь для краткости не приводится, получается следующий материальный баланс (в весовом выражении):

Приходная часть

Топливо — торф с учетом выноса $7000 \times 1,01$	7070 кг
Железная руда с учетом выноса и влажности $1448 \times 1,17$	1695 .
Марганцевая руда с учетом выноса и влажности $24 \times 1,17$	28 .
Известняк с учетом выноса и влажности $948 \times 1,04$	987 .
Дутье с 40% O ₂ — $2900 \times 1,323$	3840 .

Итого поступает в печь на 1 т чугуна 13 620 кг

Расходная часть

Чугун	1000 кг
Шлак	1370 .
Пыль (вынос) $(70 + 174 + 3 + 20)$	267 .
Доменный газ $5342,5 \times 1,220$	6515 .
Швельгаз — 17% торфа	1190 .
Смола — 6% торфа	420 .
Подсмольная вода — 9,5% торфа	665 .
Влажность $(2100 + 93)$	2193 .

Итого получается из доменной печи на
1 т чугуна 13 620 кг

На основании материального баланса можно вывести потребность газодоменного комбината в сырье и материалах, а также количество получаемых продуктов без учета неизбежных потерь при транспорте и производстве.

Потребность газодоменного комбината в материалах

	в сутки	в год
Топливо — торф	707 т	233 310 т
Руда железная криворожская	169,5 .	55 935 .
Руда никопольская марганцевая	2,8 .	924 .
Известняк	98,7 .	32 571 .
Кислород (100% O ₂)	71 тыс. м ³	2343 м ³

Выход продукции газодоменного комбината

	в сутки	в год
Чугун	100 т	33 000 т
Шлак	137 .	45 210 .
Смола	42 .	1386 .
Подсмольная вода	65,5 т	2194,5 т
Газ смешанный	648,5 тыс. м ³	214,0 млн. м ³

Состав швельгаза принят следующий:

Углекислоты CO_2 — 28,5%	по объему и 54,0%	по весу
Окси углерода CO — 20,3%	"	24,5%
Метана CH_4 — 23,5%	"	16,2%
Этилена C_2H_4 — 1,5%	"	1,8%
Водорода H_2 — 25,0%	"	2,05%
Кислорода O_2 — 0,2%	"	0,25%
Азота N_2 — 1,0%	"	1,2%
100,0		100,0

Состав сухого смешанного газа выразится (учитывая, что в 1 м^3 его $81,7\%$ доменного и $18,3\%$ швельгаза) в таком виде:

Углекислоты CO_2 $(0,817 \times 9,1) + (0,183 \times 28,5) = 7,4 + 5,2 = 12,6\%$
Окси углерода CO $(0,817 \times 45,3) + (0,183 \times 20,3) = 37,1 + 3,7 = 40,8\%$
Метана CH_4 $(0,817 \times 0,4) + (0,183 \times 23,5) = 0,3 + 4,3 = 4,6\%$
Этилена C_2H_4 $(0,183 \times 1,5) = 0,3\%$
Водорода H_2 $(0,817 \times 12,6) + (0,183 \times 25,0) = 10,3 + 4,6 = 14,9\%$
Азота N_2 $(0,817 \times 32,6) + (0,183 \times 1,0) = 26,6 + 0,2 = 26,8\%$
81,7 + 18,3 = 100,0%

Кислородом, ввиду чрезвычайно незначительного содержания его в газе, можно пренебречь.

Удельный вес сухого смешанного газа определен по расчету в $1,14 \text{ кг/м}^3$.

Теплотворная способность полученного из домы газа может быть определена по формуле:

$Q_n^p = 30,55 \text{ CO} + 25,6 \text{ H}_2 + 85,77 \text{ CH}_4 + 142,16 \text{ C}_2\text{H}_4$ калорий на 1 м^3 при 0° C и 760 мм ртутного столба. В данном случае:

$$Q_n^p = (30,55 \times 40,8) + (25,6 \times 14,9) + (85,77 \times 4,6) + (142,16 \times 0,3) = 1248 + 382 + 394 + 43 = 2067 \text{ калорий на } 1 \text{ м}^3.$$

VIII. Технологическая характеристика газодоменного комбината

Условия, которые должны быть приняты во внимание при проектировании газодоменного комбината, определяются заданием его давать, кроме газа, также литейный чугун, для чего в составе комбината намечаются две доменные печи со всем необходимым оборудованием для них, с кислородной установкой для обогащения дутья, с очистными устройствами для газа, с химическим цехом для переработки продуктов сухой перегонки торфа, происходящей в доменных печах, и прочими вспомогательными сооружениями.

Ввиду полной новизны дела многие соображения и предпосылки являются ориентировочными: многие устройства благодаря специфическим условиям торфо-кислородной плавки должны отличаться от общепринятых в доменном производстве, некоторые устройства должны быть проектированы заново.

Основными особенностями доменного цеха и доменных печей на газодоменном комбинате являются:

1) относительно незначительная производительность доменных печей по чугуну, так как в них идет не только выплавка металла, но и термическая переработка топлива — торфа, удельный расход которого в 6—8 раз превышает такой же расход горючего в коксоугольной доменной печи;

2) сложность вспомогательных устройств, в частности складов горючего в связи с большим объемным количеством перерабатываемого торфа и его физическими свойствами;

3) большая простота и меньшие размеры рудного двора в сравнении с обычными на металлургических заводах;

4) сравнительно небольшой объем доменных печей, обуславливаемый как физическими свойствами топлива, так и процессами, происходящими в печах;

5) отсутствие воздухоподогревателей, являющихся излишними при кислородном дутье;

6) наличие специальных кислородных установок для обогащения дутья кислородом;

7) упрощение воздуходувных средств в связи с меньшим объемом подаваемого в печи дутья;

8) улавливание и переработка продуктов сухой перегонки горючего в домах;

9) особо тщательная очистка газа от пыли и вредных примесей;

10) использование шлака, как строительного материала, благодаря высокой основности его.

Перейдем к рассмотрению отдельных частей доменного цеха.

А. Доменная печь

Наиболее подходящей для шахты доменной печи, работающей на торфе и кислородном дутье, следует считать (на основании опыта Чернореченской домны) слегка коническую форму с углом наклона в 87° . Такая форма в значительной мере приближается к форме

нормальных газогенераторов для торфа со швельшахтой. При конической шахте достигается лучшее распределение материалов, более равномерная скорость газов при постепенном охлаждении их в печи и лучшее распределение их по сечению шахты. Запечки, где происходит собственно металлургический процесс и где объем материалов значительно уменьшается в сравнении с первоначальным, естественно, также делаются коническими с переходом их в горн цилиндрический, как обычно (рис. 1).

Полезная высота домны должна быть не более 16,5 м (учитывая объем печи), так как при большей высоте увеличивается опасность истирания торфа и замусоривания горна; с другой стороны, температура колошника при большей высоте может чрезмерно понизиться (даже на Чернореченской домне высотой в 13 м температура колошника часто бывала менее 100° , т. е. не обеспечивала даже удаления влажности). Диаметр распара, не рискуя

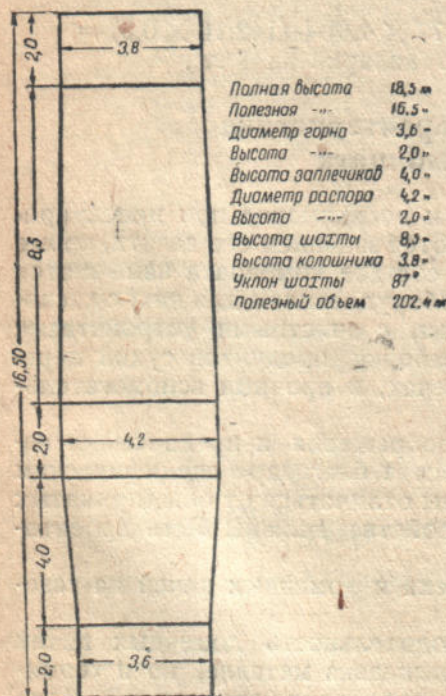


Рис. 1. Доменная печь — газогенератор.

ухудшением распределения материалов и стремясь к получению все же возможно большего объема, следует принять в 4,2 м; диаметр горна принимается довольно большим—3,6 м. Чрезмерное увеличение диаметра горна недопустимо, так как это может вызвать неравномерное распределение газа по сечению печи и неравномерный ход реакций газификации торфа. Производительность такой доменной печи, как уже указывалось выше, составляет 60 т чугуна в сутки, 314250 м³ газа и 68,5 т шлака, при потреблении торфа в 350 т и дутье с 40% кислорода.

При плавке на торфе и кислородном дутье распределение температур в печи значительно отличается от обычного в коксовых доменных печах. Более высокая, чем обычно, температура в 2100° сосредотачивается в очень ограниченной зоне верхней части горна, куда поступает дутье; распар значительно холоднее обычного (800—900°); в верхней части печи, как уже указывалось, температура бывает часто ниже 100°. Почти вся шахта работает в основном как газогенератор и служит, в сущности, для подсушки и подогрева поступающего в печь торфа.

Так как распределение температур в печи играет чрезвычайно важную роль как в доменном, так и в газификационном процессах, необходимо предусмотреть устройство в домнах отверстий в разных местах печи для помещения термопар и измерения температур, а также для отбора проб.

Топливо, в смысле истирания стенок, мягче кокса, объемное количество руды и флюса весьма мало в сравнении с объемом топлива, разгар шахты и износ стенок меньше, чем в коксовых домнах. Поэтому шахта доменной печи для газодоменного комбината может быть сделана более тонкой, чем обычно.

Для загрузки печи следует применить вращающийся загрузочный аппарат Мак-Ки с двойным конусом Парри, который должен быть приспособлен к особенностям работы на торфе (малый насыпной вес, большой угол естественного откоса—до 60°), т. е. должен иметь большое междуконусное пространство и большие, чем обычно, углы наклона воронок и конусов. Ввиду содержания в колошниковых газах паров уксусной кислоты, сильно разъедающих железо, газовый затвор засыпного аппарата, воронки и конусы должны быть отлиты из чугуна. Опускание конусов предпочтительно сделать принудительным, так как не исключена возможность прилипания конуса к воронке благодаря скоплению в них смол. В подконусное и междуконусное пространства должен быть подведен пар для предупреждения возможности горения газа при неплотном прикрытии конусов.

Б. Литейный двор

Для обеих печей устраивается общий литейный двор, на котором каждая печь должна иметь достаточную для ее полного обслуживания площадь, примерно, из расчета на 1 м²—0,25 т чугуна при одновременном выпуске последнего из печи. При небольшой производительности доменных печей устройство механической разливки чугуна не рационально, так как не оправдывает себя в эксплуатации. Уборку чугуна следует механизировать, оборудовав литейный двор мостовым краном с электромагнитом; на подкрановых путях литейного двора может быть установлен в случае необходимости и формовочный кран для формовки чушек. Уборка шлака может производиться в ковшах Дюгерста, если не

предусматривается грануляции его; в последнем случае устраивается отдельно стоящий бетонированный бассейн с водой, куда выливается шлак. Небезынтересно упомянуть, что вода после грануляции шлака может быть использована для лечебных целей, будучи насыщена сернистыми соединениями. Шлак из бассейна извлекается при помощи грейфера.

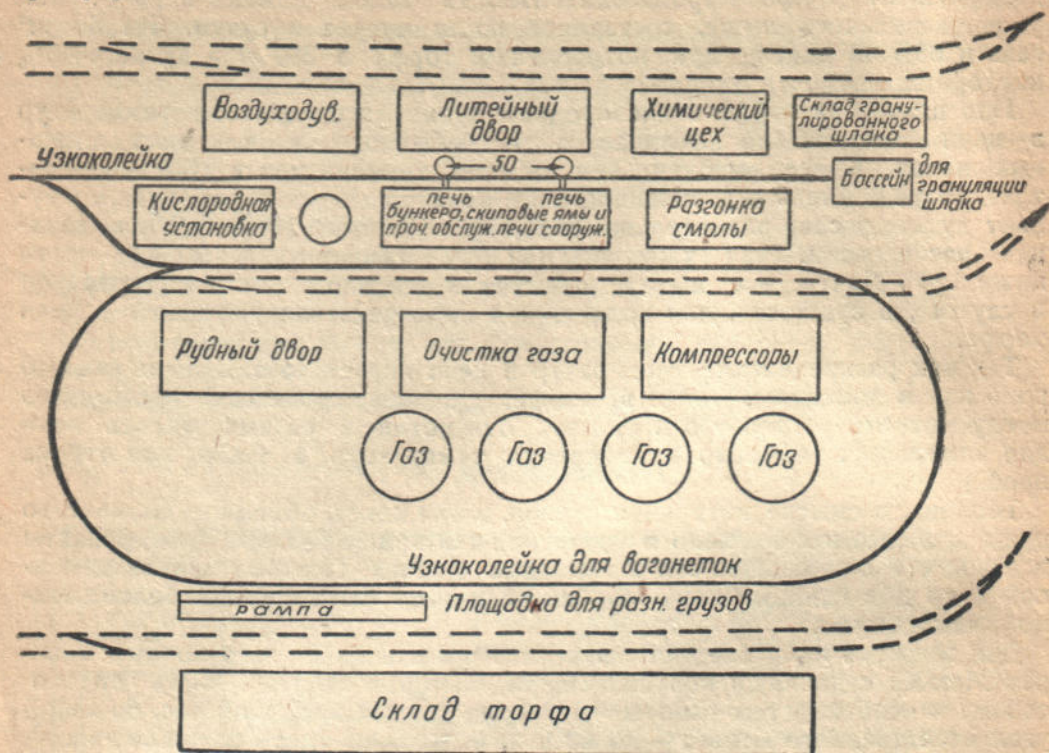


Рис. 2. Схема литейного двора.

Весь литейный двор перекрывается крышей из рубероида с уклоном 45° , чтобы на ней не задерживалась доменная пыль (рис. 2).

В. Снабжение дутьем

Снабжение дутьем доменных печей, благодаря отсутствию кауперов (воздухонагревателей) и малой производительности печей, значительно упрощается. Для подачи обогащенного кислородом воздуха достаточно установить для каждой печи по одной воздуходувке производительностью около 160 м^3 в минуту каждая (9600 м^3 в час), считая потери в трубопроводах — 10% и запаса производительности на случай форсирования хода печи в 50% ¹, при нормальном рабочем давлении $0,4\text{--}0,5$ атм. изб. и максимальном до 1 атм. изб. Должна быть установлена также третья запасная воздуходувка такой же мощности. При торфокислородной плавке чрезвычайно важно иметь широкие возможности регулирования коли-

¹ Расчет: потребность обогащенного дутья в сутки — $2900 \times 50 = 145\,000 \text{ м}^3$, а с учетом потерь и запаса — $145\,000 \times 1,6 = 232\,000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, или $232\,000 : (24 \times 60) = 160 \text{ м}^3/\text{мин.}$

чества подаваемого в печи воздуха. Намеченное выше воздуходувное хозяйство газодоменного комбината позволяет регулировать подачу дутья в пределах отношения 1,00 : 2,25.

Г. Кислородная установка

Для обогащения дутья кислородом на комбинате должны быть установлены специальные агрегаты для получения кислорода. До недавнего времени (1930 г.) получение кислорода в технике осуществлялось по методу Линде при помощи весьма сложных холодильных устройств с высокой компрессией перерабатываемого воздуха. Это приводило к очень дорогим установкам и высоким эксплуатационным затратам, ограничивающим широкое применение этого газа: расход только энергии составлял 0,85 л. с. в час на 1 м³ 98% кислорода. Крупнейшие в мире кислородные установки Линде не превышали производительности в 3000 м³ кислорода в час. Широкое применение кислорода в технике стало возможным лишь после открытия Френклем нового способа получения кислорода из воздуха, основанного на принципе регенерации холода. Предложенный Френклем для замены теплообменников в установках Линде регенератор холода представляет собой не что иное, как обычный регенератор, но с насадкой из тонкой (0,2—0,3 мм) мелкофрированной алюминиевой ленты, что дает возможность получить при малом объеме огромные поверхности теплообмена: в 1 м³ объема аккумулирующей массы регенератора можно иметь до 2000 м² поверхности теплообмена, причем коэффициент полезного действия такого регенератора достигает 99%. Сопrotивление прохождению воздуха в регенераторах холода чрезвычайно мало, не более 0,05 ат, что позволяет пропускать через них огромные объемы воздуха с весьма малой потерей мощности. Очень важным преимуществом способа Френкля является также то, что при регенераторах холода отпадает необходимость предварительного очищения воздуха от влаги и углекислоты, неизбежного при способе Линде: влага и углекислота, оседающие на насадках регенератора в виде снега, испаряются и удаляются обратным током воздуха после перекидки клапанов. Регенераторы Френкля в холодильном деле имеют не меньшее значение, чем регенераторы Сименса в теплотехнике.

Первая опытная установка Френкля для получения обогащенного кислородом (до 42% O₂) воздуха в количестве до 10 000 м³ в час была построена в 1930 г. на металлургическом заводе в Розенберге (Германия), где проработала около 2,5 лет, неоднократно подвергаясь переделкам. Расход энергии в ней оказался равным 0,355 л. с. в час на 1 м³ 98% кислорода.

У нас, в СССР, Гипразотмашем и Гипрогазом разработан ряд схем по проектированию установки для получения обогащенного кислородом воздуха. При рассмотрении этих схем наиболее простой, могущей быть выполненной без импортного оборудования и требующей относительно небольшого расхода энергии (0,327 л. с./час на 1 м³ в переводе на 98% кислород), оказалась схема Гипрогаза для получения обогащенного до 65% O₂ воздуха.

Основные агрегаты установки составляют:

- 1) турбокомпрессор, подающий воздух с давлением до 3 ат;
- 2) две пары регенераторов Френкля, из которых одна пара работает на отходах холода азота, а другая — на обогащенном кислородом воздухе;
- 3) двойная разделительная колонна;

4) поршневой четырехступенчатый компрессор высокого давления (220 ат) и

5) поршневой детандер для использования части энергии расширения сжатого воздуха при охлаждении последнего.

Кислородная установка для двух печей Киевского газодоменного комбината должна состоять из трех описанных выше агрегатов (двух работающих и одного резервного) для того, чтобы иметь любое количество кислорода, необходимое в данное время для доменной печи.

Кислородная установка соответственно мощности воздуходувки должна быть рассчитана также на 160 м^3 обогащенного до 40% кислорода в минуту. Так как установка дает 65% кислорода, а в 160 м^3 должно быть $160 \times 0,4 = 64 \text{ м}^3$ 100% кислорода, то количество подаваемого в минуту 65% кислорода определится из уравнения:

$0,65x + 0,21(160 - x) = 64$, откуда $x = 70 \text{ м}^3$ в минуту или 4200 м^3 в час, причем для разбавления подаваемого установкой 65% кислорода до 40% кислорода потребуется 5400 м^3 обыкновенного воздуха в час.

Для подачи 70 м^3 в минуту обогащенного до 65% кислорода воздуха потребуется турбокомпрессор на $\frac{70 \times 0,65}{0,21} = 220 \text{ м}^3$ в минуту ($13\,200 \text{ м}^3/\text{час}$).

Давление воздуха выбирается таким, чтобы оно могло преодолеть все сопротивления в аппаратуре и трубопроводах и чтобы имелся некоторый избыток для пополнения потерь в дресселях.

Воздушный компрессор высокого давления (220 ат) потребуется для такой установки производительностью в $1400 \text{ м}^3/\text{час}$; детандер рассчитывается на половинную мощность компрессора, т. е. на $700 \text{ м}^3/\text{час}$, так как 50% подаваемого компрессором сжатого воздуха проходят через теплообменник.

Для всех установок устанавливается общий газгольдер, объемом, примерно, в 8000 м^3 , из которого обогащенный до 65% кислорода воздух поступает к воздуходувкам через смесители, самостоятельные для каждого агрегата. В смесителе к обогащенному воздуху добавляется атмосферный воздух в нужном количестве и воздуходувкой подается уже в печь. Таким образом, каждая печь может работать обособленно с нужным в каждый данный момент содержанием кислорода в дутье.

Д. Склады горючего, руды и известняка

Транспорт и хранение горючего, вследствие чрезвычайно большого расхода торфа и его малого объемного веса, является одним из наиболее трудных и важных вопросов осуществления доменной плавки на торфе. Добыча торфа, а в данном случае и доставка его к газодоменному комбинату, сезонны; следовательно, возникает необходимость создания колоссальных запасов и складов, механизация которых представляет собой весьма сложную задачу и вызывает большие затраты.

При использовании болота „Выдра“ единственно возможным видом транспорта торфа на газодоменный комбинат является водный по р. Днепру от пристани Печки. Это обуславливает создание на комбинате склада горючего в объеме пятимесячной потребности, т. е. примерно в 100 тыс. т торфа. В связи с тем, что склад топлива должен быть расположен у берега реки, а не непосредственно у доменного цеха, необходимо предусмотреть отдельную подачу торфа со склада к доменным печам при помощи обыкновенных вагонеток с мотовозом. Емкость таких вагонеток должна составлять 2 м^3 . На обе печи в сутки надо

будет подать¹ $700 : (0,35 \times 2) = 1000$ вагонеток, примерно, по 50 вагонеток в час (20 часов работы в сутки). Если взять поезд из 14 вагонеток (на две подачи) и считать его оборот около часа (с ожиданием прохода двух подач), необходимо иметь в ходу четыре таких поезда.

Устройство самого склада горючего у берега реки, в связи с огромным объемом его, должно быть максимально механизировано. Укладка торфа должна быть возможно высокой, до 17—18 м, что особой опасности не представляет, так как кусковой торф в противоположность фрезерному не способен к самовозгоранию. Склад должен быть оборудован порталными грейферными кранами, единственно позволяющими укладывать штабеля указанной высоты. В этом случае штабель может быть расположен на всей площади склада без разрывов, если их не потребует пожарная охрана, причем на 1000 т торфа объемом в 2860 м³ потребуется всего около 170 м² площади, а на весь склад $170 \times 100 = 17000$ м² = 1,7 га. Если для оборудования склада применить порталные краны с пролетом между ногами в 75 м и с консолями (вылетами) в 12—15 м, то длина склада определится минимум в $17000 : 75 = 230$ м, а практически, вероятно, достигнет 250—300 м. При грузоподъемности крана в 5 т, емкости грейфера в 8—10 м³ и продолжительности одной операции подачи торфа из баржи на склад или со склада на рампу, с которой загружаются вагонетки, в 2 минуты, — один такой кран сможет перебросить, работая 20 часов в сутки, около 2000 т, т. е. свободно обслужит текущие потребности газодоменного комбината, потребляющего 700 т топлива в сутки. Если же принять во внимание необходимость, кроме переброски ежесуточной потребности газодоменного комбината в торфе, создать в течение навигационного периода (7 месяцев) почти полугодовой запас топлива и расположить его на протяжении около 300 м, то потребуется установить на складе два таких крана; это одновременно обеспечит работу газодоменного комбината в случае порчи одного из кранов, грозящей при одном кране весьма серьезными последствиями.

Складское хозяйство газодоменного комбината требует чрезвычайной четкости и точности работы: оборудование складов рассчитано на почти круглосуточную работу, причем в течение 7 месяцев навигационного периода должна быть принята на склад вся годовая потребность в торфе, т. е. около 250 тыс. т (учитывая потери на мелочь и пр. в 5%). Таким образом при равномерной работе ежедневно должны приниматься на склад минимум $250000 : 210 = 1200$ т торфа. Совершенно необходимо поэтому, чтобы торф также подавался с болота к пристани комбината равномерно в количестве не менее 1200 т в сутки. Не следует забывать, что исчисленная выше производительность крана не учитывает передвижения его вдоль склада; скорость же самого крана в этом направлении не превышает 20 м/мин., т. е. чтобы передвинуть кран из одного конца склада в другой, необходимо 15 минут. Это обстоятельство требует прокладки вдоль склада параллельно рампе двухколейного железнодорожного пути, на котором располагаются специальные четырехосные открытые вагоны с высокими бортами емкостью до 20 т торфа каждый. Назначение их — подавать выгружаемый из барж торф в отдаленные концы склада для укладки топлива в штабеля вторым краном. Учитывая, что на оборот таких вагонов потребуется около получаса и что кран способен нагрузить в них в сутки $2000 - 700 = 1300$ т, для обслуживания склада потребуется 4 вагона и 2 паровоза-кукушки к ним для параллельной работы

¹ Вес 1 м³ торфа принят в 350 кг

по двум путям. Паровозы могут отапливаться торфяной мелочью, не идущей в домы. Эти вспомогательные пути соединяются с железнодорожными подъездными путями к газодоменному комбинату, что позволит в экстренных случаях организовать подачу торфа на комбинат по железной дороге. По другую сторону путей располагается рампа, на которую подается со склада торф для погрузки в вагонетки и доставки к доменным печам.

Торф, поступающий в печь, должен быть освобожден от мелочи; поэтому он предварительно попадает на так называемый гризали-аппарат, подающий торф в скип, ворошащий его и одновременно отсеивающий мелочь, размерами до 50×50 мм.

Железная руда поступает на комбинат из Кривого Рога по железной дороге; марганцевая руда из Никополя — по воде. Количество поступающей марганцевой руды незначительно: годовая потребность комбината не превышает 950 т; поэтому размещение ее не представляет затруднений. Годовая потребность в железной руде выражается в количестве (учитывая неизбежные потери) около 56 000 т. Так как нет оснований опасаться перерыва в подаче руды в зимнее время, емкость рудных складов может быть меньше, исходя, примерно, из двухмесячного запаса, т. е. на 9200 т. Одного грейферного крана грузоподъемностью в 1,5 т совершенно достаточно для обслуживания рудного двора газодоменного комбината.

Известняк также будет поступать на комбинат по железной дороге. Годовая потребность его исчисляется, примерно, в 32 500 т. Исходя из того, что в зимнее время подача известняка обычно затруднена вследствие работы сахарных заводов, являющихся особенно крупными потребителями известняка, а также вследствие снижения добычи его, можно принять емкость складов из расчета, примерно, четырехмесячного запаса его, т. е. 10 500 т. Учитывая также загрузку для создания запаса, для обслуживания склада известняка потребуется второй грейферный кран, причем его необходимо взять на гусеничном ходу для возможности использования в других местах газодоменного комбината.

IX. Очистка газа и переработка побочных продуктов

При газодоменном процессе на кусковом торфе, как и при других видах термической переработки торфа, вместе с газом получается ряд ценных веществ; извлечение этих веществ из газа вызывается не только экономическими соображениями, но является и технически вынужденной операцией.

Как известно, газ сухой перегонки торфа несет с собой помимо торфяной смолы также и значительное количество жирных кислот, фенолов и азотистых соединений, которые разрушают газопроводы, металлическую аппаратуру и отравляют подсмольную воду. Если жирные кислоты, в основном уксусная кислота, вызывают коррозию металла, то фенолы, переходящие в подсмольную воду, губительно влияют на растительные и животные организмы; при высоких же концентрациях в воде они, кроме того, являются и причиной коррозии в циркуляционной системе. Спуск подсмольной воды без очистки ее в открытые водоемы не допускается ни по санитарным, ни по народнохозяйственным соображениям. Вот почему полученный газ требует тщательной очистки не только от смолы, что очень важно для газотранспорта, но и от продуктов, переходящих в подсмольную воду — уксусной кислоты, фенолов и аммиака.

Для выявления масштаба очистной аппаратуры необходимо установить возможные выходы продуктов. По данным Центрального инсторфа¹ выходы воднорастворимых соединений при швелевании различных видов торфа в лабораторных условиях оказались следующими (в процентах на абсолютно сухую массу торфа):

Таблица 15

Наименование торфа	Азот	Жирные кислоты	Фенолы летучие	Фенолы не-летучие
Торф верховой с Мензиновского болота, степень разложения 30%	0,20%	1,28%	0,46%	0,18%
Торф низинный Хвощевского болота, степень разложения 55%	0,51%	1,65%	0,43%	0,10%
То же, степень разложения 34%	0,44%	1,41%	0,58%	0,10%

Торф болота „Выдра“, намеченного в качестве торфяной базы газодомного комбината, является низинным торфом хорошей степени разложения. Поэтому выходы указанных выше продуктов могут быть взяты по торфу Хвощевского массива.

Как видно из сопоставления двух приведенных типов торфов, выход фенолов у них примерно одинаков, выход же общего азота (и, следовательно, аммиака) в низинном торфе в 2—2,5 раза больше, чем в верховых торфах, выход уксусной кислоты в низинном торфе тоже несколько более высокий.

Что касается концентраций, которые наблюдаются в промышленных условиях, то здесь очень важное значение имеют данные (см. ниже), полученные во время испытаний на Уралмашстрое в 1932 г. на низинных торфах при газификации их в газогенераторах типа АФГ.

Таблица 16

Влажность газифицированного торфа в %	Температура газа в месте забора пробы в °С	Содержится в газе в г на 1 м ³ приведенного газа при нормальных условиях				
		Влаги	Жирных кислот в пересчете на уксусную	Общего азота в пересчете на аммиак	Фенолов (суммарно)	Смолы (суммарно)
56—51	74—70	392	4,5	2,8	3,6	24,0
61—48	70—73	346	4,1	3,3	3,7	27,2
36—32	68—74	272	3,7	2,7	3,4	—
32—39	70—74	287	4,8	2,7	4,2	26,7
37	72—74	343	2,6	1,9	3,5	—
В среднем			3,9	2,7	3,7	25,9

¹ Стрелков, Обезвреживание подсмольных вод Уральского машиностроительного завода, неопубликованный отчет.

Условия доменного процесса отличны от обычного газогенераторного процесса: при наличии в домне известняка можно ожидать реагирования его с уксусной кислотой, частичного разложения этой последней с образованием при определенных температурных условиях ацетона.

Однако, отсутствие экспериментальных данных не позволяет сделать более или менее точных коррективов и потому для расчетов по нашему торфянику принимаются указанные выше данные по Уралмашстрою.

Состав газа выше был найден таким: $\text{CO}_2 = 12,6\%$; $\text{CO} = 40,8\%$; $\text{CH}_4 = 4,6\%$; $\text{C}_2\text{H}_4 = 0,3\%$; $\text{H}_2 = 14,9\%$; $\text{N}_2 = 26,8\%$. Выход его $= 0,926 \text{ м}^3/\text{кг}$ рабочего торфа.

Исходя из этих данных и содержания отдельных компонентов в сыром газе, устанавливаем выход побочных продуктов. Выход смол, считая $25,9 \text{ г}/\text{м}^3$ и выход газа в $0,926 \text{ м}^3/\text{кг}$, составит:

$$\frac{25,9 \cdot 1,5}{0,926} = 42,0 \text{ г}/\text{м}^3.$$

Аналогично этому выход уксусной кислоты составит $6,3 \text{ г}/\text{м}^3$, аммиака — $2,2 \text{ г}/\text{м}^3$, фенолов — $6,0 \text{ г}/\text{м}^3$. Получение фенолов полагаем в виде фенолята натрия.

Значительные масштабы газодоменного комбината и ценность заключенных в газе продуктов требуют соответствующей организации очистки полученного газа и извлечения из него этих продуктов.

При обычной температуре газа в $80-90^\circ$ большая часть смольных фракций находится в туманно-капельном состоянии, в то время как другие конденсаты при этой температуре находятся в парообразном состоянии.

Кроме того, плавки чугуна на торфе с применением дутья, обогащенного кислородом, показали, что в выходящем из домны газе содержится значительное количество минеральной пыли; в конденсационной системе эта пыль выделяется вместе со смолой, обесценивая ее и затрудняя возможность ее переработки, так как количество пыли в смоле доходит в этих условиях до 25% от веса смолы.

В связи с этим рекомендуется такая схема очистки газа (рис. 3). В первую очередь из газа извлекается основная масса пыли; при этом, чтобы не увлекать вместе с ней ценной смолы, необходимо предварительное поднятие температуры газа ориентировочно с 90°C , при которой он выходит из домны, до 150°C . При этой температуре почти вся смола будет находиться в парообразном состоянии и, таким образом, не будет выделяться в пылеулавливающем аппарате.

Это обеспечивает раздельное и последовательное выделение пыли и смолы.

Подогрев газа производится в особой камере за счет сжигания части газа.

Выделение же пыли из подогретого газа производится помощью циклонов, в которых осаждается крупная пыль, и электрофилтра I ступени, где осаждается преимущественно мелкая пыль.

После выделения пыли из газа извлекают смолу. Очень важно получить смолу в безводном состоянии, чтобы не обесценить ее, а потому необходимо предупредить преждевременное выделение воднорастворимых компонентов.

С этой целью извлечение смолы производится при температуре выше точки росы водяных паров — при температуре около 90°C , для чего

газ приходится охлаждать распылением воды. При этом достигается также удаление остатков пыли. Подогрев газа после газогенераторов для отмеченных выше целей до температуры 90° был осуществлен в очистительной установке газостанции Уралмашстроя и при опробовании

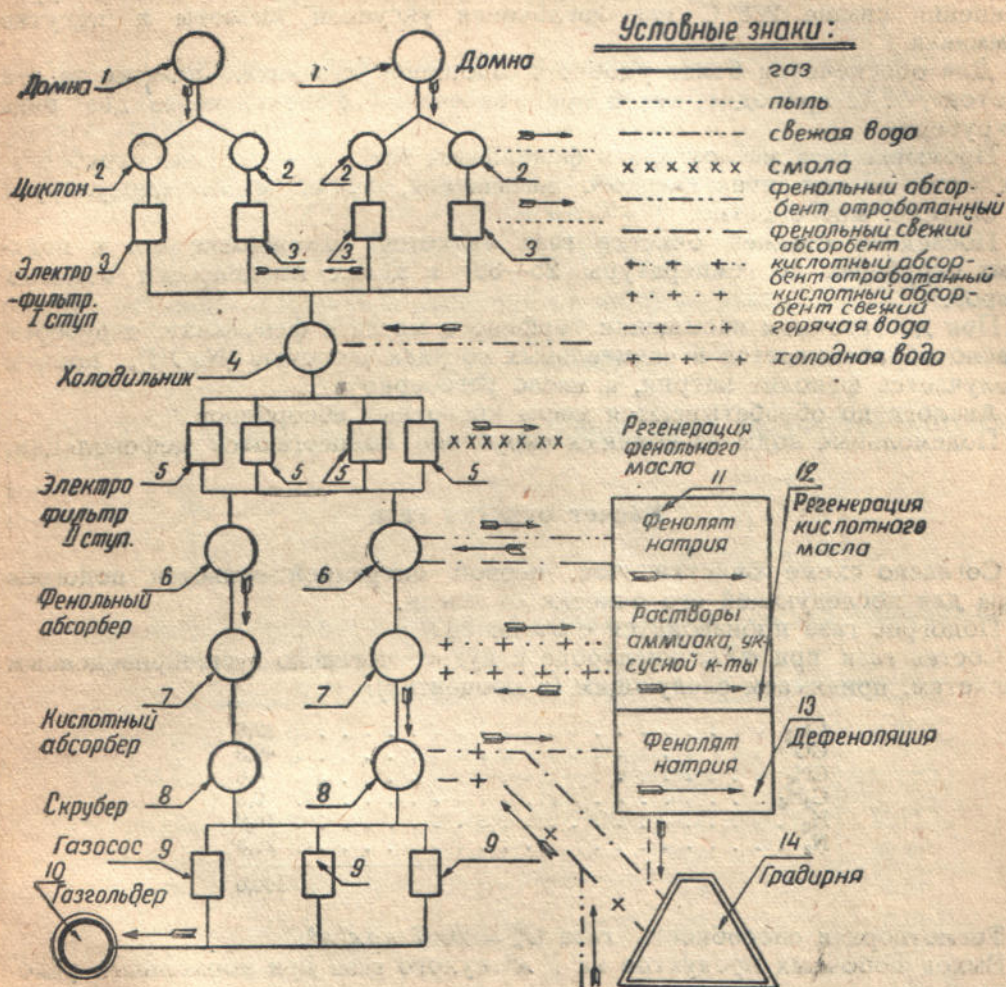


Рис. 3. Схема очистки газа.

аппаратуры вполне себя оправдал. Выделение смолы производится в электрофильтре II ступени. Лишь после удаления из газа пыли и выделения смолы, по возможности в безводном состоянии, извлекаются из газа прочие вещества — уксусная кислота, фенолы и аммиак.

Схема очистки газа от этих последних веществ представляется в следующем виде.

Газ поступает с температурой на 10° выше точки росы водяных паров для устранения оводнения масла в двух фенольных скруберах.

Абсорбентом является торфяная смола фракции $200 - 225^{\circ}$.

Орошение скруберов маслом проводится по принципу противотока — масло поступает в скрублер сверху, газ снизу. При этом происходит извлечение фенолов из газа. Далее газ поступает во вторую ступень, так называемые кислотные скруберы, в которых он омывается аналогичным путем маслом тяжелой фракции торфяной смолы с температурой кипения свыше 275°С для извлечения уксусной кислоты и попутно аммиака.

Для обеспечения более удобного орошения газ также делится на два потока, т. е. проходит, как и при извлечении фенола, через два ряда скруберов.

Промывка газа маслом как в фенольных, так и в кислотных скруберах, ведется до их практического насыщения, т. е. масло циркулирует в системе многократно.

Последней стадией очистки газа является охлаждение его в водяных скруберах до температуры 25—30° в целях конденсации водяных паров.

При достаточном насыщении торфяного масла в фенольных скруберах масло обрабатывается в специальных сосудах щелочью (NaOH), причем получается фенолят натрия, а масло регенерирует.

Аналогично обрабатываются масла кислотных абсорберов.

Подсмольные воды из водяных скруберов подвергаются дефеноляции.

Расчет очистки газа

Согласно схеме очистки газа, первой операцией является подогрев газа для последующей его очистки от пыли.

Подогрев газа производится с 90 до 150°.

Состав газа при 40% кислорода в дутье, согласно вышеприведенным расчетам, принимаем следующим (в процентах):

CO ₂	12,6
CO	40,8
CH ₄	4,6
C ₂ H ₄	0,3
H ₂	14,9
N ₂	26,8
	<hr/>
	100,0

Теплотворная способность газа $Q_n^p = 2067 \text{ кал/м}^3$.

Выход побочных продуктов на 1 м³ сухого газа при нормальных условиях будет:

Смолы	0,0420 кг
Уксусной кислоты	0,0063 "
Аммиака	0,0022 "
Фенолов	0,0060 "
Водяных паров	0,0045 "
	<hr/>
	0,0610 кг

Подогрев газа на 60° (с 90 до 150°) требует затраты тепла:

На газ	19,8 кал.
На водяной пар	10,0 "
На побочные продукты	3,7 "
	<hr/>
	33,5 кал.

Состав продуктов горения на 100 м³ газа находим расчетом:

CO ₂	58,6 м ³
H ₂ O	24,7 "
O ₂	5,7 "
N ₂	190,8 "
Всего . . . 279,8 м ³	

Считая, что в подогревательное устройство будет поступать очищенный газ с температурой в 25°, для нагрева продуктов горения потребуется тепла 117 кал.

При потере тепла в подогревательном устройстве в 10% и при найденной выше теплотворной способности газа 2067 кал/м³ полезно будут использованы 1860 кал, из них на подогрев газа будет использовано

$$1860 - 117 = 1743 \text{ кал.}$$

На 1 м³ подогретого газа расходуется на подогрев:

$$\frac{33,5 \cdot 100}{1743} = 1,92\%$$

На 100 м³ подогретого газа мы получим такое количество продуктов горения:

CO ₂	1,120 м ³
N ₂	3,66 "
O ₂	0,11 "
H ₂ O	0,536 " или 0,431 кг

Вследствие разбавления газа продуктами горения состав газа изменится и после подогрева его состав будет таким (табл. 17).

Таблица 17

Компоненты газа	Формула	В м ³	В %
Углекислота	CO ₂	12,60 + 1,12 = 13,72	13,10
Окись углерода	CO	40,8	38,90
Метан	CH ₄	4,6	4,38
Тяжелые углеводороды	C ₂ H ₄	0,3	0,30
Водород	H ₂	14,9	14,22
Кислород	O ₂	0,11	0,10
Азот	N ₂	26,8 + 3,66 = 30,46	29,00
		104,89	100,00

Теплотворная способность газа после подогрева до 150° будет:

$$Q_n^p = 1972 \text{ кал.}$$

Потеря теплотворной способности составляет 4,58%.

В связи с изменением состава газа изменится количество его и, следовательно, количество заключающихся в нем побочных продуктов.

Выход газа с 1 кг рабочего торфа будет:

$$0,926 \cdot 1,049 = 0,970 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Побочных продуктов после подогрева газа до 150° получим:

Смоля	0,0405 кг/м ³
Уксусной кислоты	0,0061 "
Аммиака	0,0042 "
Фенолов	0,0058 "
Водяных паров	0,415 "

Для определения температуры, которую должен иметь газ, чтобы смола преждевременно не конденсировалась и чтобы ее можно было выделить в безводном состоянии, необходимо вычислить парциальные упругости паров смолы, уксусной кислоты, газов и воды.

Молекулярные веса смолы и выходы отдельных фракций ее принимаем на основании лабораторных определений с торфяной смолой Уральской газогенераторной станции, проведенных криоскопическим методом.

Данные этих исследований и рассчитанные веса отдельных фракций, исходя из часового расчета, будут такими (табл. 18).

Таблица 18

Наименование фракций	Выходы фракций в %	Молекулярный вес фракций	Вес в кг
До 170°	3,30	90	37,3
170—200°	4,31	157	48,8
200—230°	17,80	170	201,3
230—280°	16,02	188	181,2
280—290°	12,46	298	140,9
290—300°	19,84	248	224,4
Свыше 300°	26,27	433	297,1
	100,00		1131

Средний молекулярный вес смолы = 260,3.
Для газа имеем такие веса отдельных составных частей смеси (табл. 19).

Таблица 19

Составные части	Вес отдельных составных частей смеси в кг
Углекислота (CO ₂)	24,12
Окись углерода (CO)	51,79
Метан (CH ₄)	4,29
Тяжелые углеводороды (C ₂ H ₄)	0,50
Водород (H ₂)	10,34
Кислород (O ₂)	0,29
Азот (N ₂)	35,40
	126,73

Средний молекулярный вес газа = 26,3.

Вес сухого газа, полученного в среднем за час работы комбината = $27\,500 \cdot 1,2673 = 34\,860$ кг.

В целом побочные продукты с точки зрения перегонки их будут характеризоваться такими данными (табл. 20).

Таблица 20

Составные части	Вес в кг	Молекуляр- ные веса составных частей	Весовые проценты отдельных компонен- тов, состав- ляющих смесь	Число молекул в 100 частях смеси	Молекуляр- ный процент отдельных составляю- щих смесь газов	Парциаль- ные упру- гости отдельных частей смеси
Газ	34 860	26,3	72,12	2,740	66,40	504,64
Смола	1113	260,3	2,34	0,009	0,22	1,67
Уксусная кислота . . .	168	60,0	0,35	0,006	0,14	1,06
Аммиак	116	17,0	0,24	0,004	0,11	0,84
Фенолы	160	94,0	0,33	0,003	0,07	0,53
Водяной пар	11 880	18,0	24,62	1,365	33,06	251,26
	48 300		100,00	4,127	100,00	760,00

Аппаратура

В очистную аппаратуру газ поступает по отдельному газопроводу от каждой домны и проходит через две цепи аналогичной аппаратуры, как показано в приложенной схеме.

При каждой домне имеется агрегат, состоящий из циклона и электрофилтра I ступени для улавливания сухой пыли. Далее газ следует в один общий для обеих домен холодильник и снова по двум ветвям поступает для каждой домны в отдельности в два электрофилтра II ступени для улавливания безводной смолы, в фенольный и кислотный абсорберы и скруббер. Канализация газа через очистную аппаратуру проводится тремя газососами.

Основная аппаратура характеризуется такими данными: циклонов — четыре по два на каждую домну. Размеры циклонов: диаметр 2,0 м, высота 3,5 м, сечение в рабочей части 5,0 м²; электрофилтр I ступени — четырехкамерный для очистки от крупной пыли. При выключении одной из камер остальные будут работать с перегрузкой.

Холодильник

В циклоне и по пути от циклона к электрофилтру газ охладится на 5°; на столько же градусов охладится газ в электрофилтре I ступени и по пути до газовых холодильников. Следовательно, температура газа, поступающего в холодильник, будет 140°. Газ из холодильника должен иметь температуру 90°; следовательно, газ должен охладиться на 50°.

Охлаждение газа производится распылением холодной воды при помощи форсунок.

Размеры холодильника: диаметр 4 м, высота 8 м, объем 100 м³.

К установке принимаем два холодильника, из коих один резервный. Электрофильтр II ступени предназначен для выделения безводной смолы. Камер—четыре. При аварии одной из камер весь газ, подлежащий очистке, распределится между остальными тремя камерами.

Абсорбционная установка

Пройдя электрофильтр II ступени, освобожденный от пыли и большей части смол газ поступает в абсорбционную установку.

В абсорберы газ поступает с температурой на 10° выше точки росы; эта температура поддерживается в процессе абсорбции во избежание оводнения масла.

Газ должен последовательно очищаться сначала от фенолов, потом от уксусной кислоты и аммиака. Для улавливания принимаются такие абсорбенты: для фенолов—масла торфяной смолы фракции $200-225^{\circ}$, для уксусной кислоты—фракции 275° и выше.

Промывка газа маслами ведется до их практического насыщения.

В качестве абсорберов выбираем скруберы с деревянной хордовой насадкой. Орошение скруберов производится по принципу противотока—масло поступает в абсорбер сверху, а газ снизу.

Для более удобного орошения газ, выходящий из электрофильтров, делится на два потока, проходя через два ряда скруберов—через два фенольных и два кислотных.

Размеры фенольных скруберов: диаметр 2 м, высота 15 м.

В качестве насадки применяем деревянную рейку. По высоте насадка располагается секциями с промежутками между ними в 400 мм. В $1 м^3$ такой насадки содержится поверхность орошения в $50 м^2$.

Для выделения механически уносимого газом масла выше оросительного устройства устанавливаются пять рядов насадки.

Для подачи масла на фенольные скруберы устанавливаются два ротационных насоса производительностью по $75 м^3$, из которых один является рабочим, второй—запасным. Высота напора 30 м.

Кислотные скруберы

Для выделения уксусной кислоты устанавливаются два аналогичных кислотных скрубера.

Размеры кислотных скруберов те же, что и фенольных, но поверхность орошения их в 1,5 раза больше ввиду более низкой упругости паров уксусной кислоты по сравнению с фенольными. Вместе с уксусной кислотой будет улавливаться и аммиак. Улавливание будет происходить при температуре 80° .

Для подачи масла в кислотные скруберы устанавливаются, как и для фенольных скруберов, два насоса по $25 м^3$ масла в час с напором в 30 м.

Как фенольные, так и кислотные скруберы должны поддерживаться выше точки росы, для чего предусматривается тепловая изоляция из шлаковой ваты с сеткой.

Водяные скруберы

После выделения фенолов, уксусной кислоты и аммиака газ поступает в газовые холодильники, где непосредственной промывкой водой он подвергается охлаждению с 80° до 25° для выделения содержащихся в нем водяных паров.

Водяные скруберы по устройству аналогичны фенольным и кислотным с той только разницей, что вместо масла подается по тому же принципу противотока охлаждающая вода.

Число скруберов — два.

Размеры водяных скруберов: диаметр 2 м, высота 15 м.

Для подачи воды в водяные скруберы необходимо установить два центробежных насоса производительностью 100 м³/час с высотой напора 30 м.

Отстойная яма охлаждающей воды

Отстойная яма предназначена для отделения легких смол, увлеченных газом через абсорберы. Размеры ямы, из расчета часового запаса воды, 8×7×2 м; емкость 100 м³.

Градирня для охлаждения воды

Охлаждающая вода в системе холодильников циркулирует по замкнутому циклу: холодильник — градирня.

Градирню рассчитываем на производительность 90 м³ воды в час. Площадь оросителя 20 м²; высота башни 17 м; емкость котлована 40 м³.

Насосы в градирне

Для подачи воды на градирню устанавливаются два центробежных насоса; из них один рабочий, другой запасной.

Высота напора 20 м.

Х. Капитальные затраты

Определение капитальных затрат на постройку Киевского газодоменного комбината связано с некоторыми затруднениями, так как в настоящее время в СССР нет еще ни одного построенного и работающего газодоменного комбината; следовательно, нет опыта стройки и производства.

Капитальные затраты по строительству Киевского газодоменного комбината грубо ориентировочно исчисляются в общей сумме до 30 млн. рублей. Из этой суммы объектами основного производства являются лишь доменный цех и газоочистное устройство с общей суммой капиталовложений в 5,9 млн. рублей или 19,6% всех затрат на комбинат. Такой низкий процент затрат на объекты основного производства объясняется:

а) топливная база требует затрат на создание крупного склада топлива на газодоменном комбинате, так как ввиду большого ежедневного расхода торфа (700 т) неперенным условием работы является рационально поставленная система добычи и транспорта торфа, базирующаяся на широкой механизации абсолютно всех процессов;

б) кислородная установка чрезвычайно дорога, так как ее оборудование расценивается на производящих ее заводах очень высоко; кроме двух рабочих агрегатов, совершенно необходимо иметь еще третий, ввиду неузученности процесса доменной плавки на киевских торфах, который, возможно, потребует более высокой концентрации кислорода в дутье; резерв, таким образом, должен составлять 50% стоимости рабочего оборудования;

в) с производством связана подача газа во внешний газопровод, что является по существу внешним транспортом продукции завода. Однако, возможная неустойчивость в ходе домен и необеспеченность вследствие этого надлежащей подачи газа заставляет проектировать при комбинате газгольдеры для очищенного газа повышенной емкости до 100 000 м³ (четыре газгольдера по 25 000 м³ или два по 50 000 м³);

г) все производство имеет относительно малый масштаб.

Руководствуясь этими общими соображениями и имеющимися опытными и проектными данными, возможно примерно определить объем необходимых для постройки газодоменного комбината в Киеве средств в таком виде:

Общие расходы	3 600,0	тыс. руб.
Доменный цех	2 712,5	" "
Воздуходувный цех	1 950,0	" "
Кислородный цех	3 600,0	" "
Газоочистка	1 238,4	" "
Компрессорная станция и газгольдеры	4 000,0	" "
Склады	1 350,0	" "
Прочие	11 450,0	" "
	29 900,0	тыс. руб.

округленно — 30 млн. рублей. Затраты по собственно газодоменному комбинату без жилищного и культурно-бытового строительства составляют 24,4 млн. рублей.

XI. Калькуляция производства и техно-экономические показатели

На основании всего изложенного возможно уже ориентировочно подсчитать стоимость производства газодоменного комбината, базируясь в данном случае на производстве газа, как на основном.

В калькуляцию внесены также расходы по выплавке чугуна и переработке отходов. Хотя они и не имеют прямого отношения к производству собственно газа, включение их позволяет определить стоимость и всех побочных продуктов производства и, таким образом, дает представление о продукции комбината и ее себестоимости.

Калькуляция производства на 1000 м³ газа выражается в таком виде (табл. 21).

Таблица 21

Статьи расхода	Единица измерения	Количество	Единичная цена в рублях	Сумма в рублях
I. Прямые расходы				
1. Топливо — торф	<i>m</i>	1,06	29,83	31,62
2. Руда железная	"	0,257	36,40	3,36
3. Руда марганцевая	"	0,004	40,00	0,17
4. Известняк	"	0,149	9,60	1,43
5. Абсорбционные масла	"	0,003	150,00	0,45
6. Сода каустическая	"	0,0005	381,00	0,17
7. Прочие вспомогательные материалы	"			0,10
Итого		—	—	43,30

Статьи расхода	Единица измерения	Количество	Единичная цена в рублях	Сумма в рублях
в) уксусная кислота	кг	6,1	2,16	13,16
г) фенолы	"	5,8	1,05	6,09
28. Шлаки гранулированные	"	200,0	0,0025	0,50
Итого возврата	—	—	—	55,05
Чистая заводская себестоимость 1000 м ³ газа	—	—	—	20,26
Стоимость 1 м ³ газа	—	—	—	2,03

За счет некоторого увеличения отпускной цены на газ может быть снижена отпускная цена на чугун и прочие побочные продукты или наоборот. Газодоменный комбинат, вообще, допускает возможность довольно широкого варьирования цен на свою продукцию в зависимости от условий ее потребления.

Стоимость газа у потребителя будет выше, так как к заводской себестоимости придется прибавить стоимость подачи его к потребителю, эксплуатационные расходы по газокомпрессорной станции, газгольдеру и газовой сети (включая и амортизацию их). Эти последние расходы выразятся, примерно, в размере 1,1 коп. на 1 м³.

Таким образом, заводская себестоимость газа у потребителя составит около 3,18 коп. за 1 м³.

СЖИГАНИЕ БУРЫХ УГЛЕЙ УССР

I. Основные задачи

Добыча и сжигание бурых углей УССР производится уже на протяжении многих лет, вопросами конструирования рациональных устройств для сжигания бурых углей занимались многие организации. Несмотря на это, установленные на предприятиях и электростанциях УССР топки сжигают это топливо плохо.

Несовершенство топок является одной из причин значительных перерасходов топлива, как это имеет место, например, на Александрийской электростанции.

Возможность рационального сжигания бурых углей УССР в камерной топке с устройством для размола и подсушки угля по замкнутому циклу установлена (опыты проведены на топке с шахтной мельницей; пригодность для сжигания бурых углей шахтно-вентиляторной топке очевидна). В соответствии с этим настоящая работа ставит перед собой две основные задачи:

1. Упорядочение, путем улучшения конструкций, работы установленных механических топок (в частности, упорядочение работы наклонно-переталкивающих топок РЭТ, установленных в котельной Александрийской электростанции).

2. Внедрение камерных методов сжигания бурого угля — в частности, участие в проектировании и осуществлении шахтно-мельничных топок под котлами Александрийской и Звенигородской электростанций.

Задачей данной работы является, кроме того, систематизация и упорядочение существующих типов работающих топочных устройств для сжигания бурого угля (ручных и механических) путем ознакомления с проектными и отчетными материалами, а также при помощи непосредственного ознакомления с работой некоторых топок.

В настоящей работе разделы I, II, III, VI, VII и IX написаны инж. Н. М. Пятышкиным, раздел VIII — инж. В. К. Кожевниковым, разделы IV и V — инж. В. Г. Перковым.

II. Характеристика бурого угля как топлива

Бурый уголь, исследованные запасы которого превышают уже сейчас 500 млн. тонн (есть основания полагать, что в ближайшее время эта цифра будет доведена до миллиарда тонн), в основном добывается в трех местах — Александрия (шахта № 2), Кировоград (шахта „Пионер“) и Звенигородка.

По данным, опубликованным Главэнергопромом, бурый уголь отличается такими свойствами (табл. 1).

Таблица 1

Место добычи	C_2 %	H_2 %	S_k %	S_{op} %	N_2 %	L_2 %	Q_n^2 кал/кг	A_c %	W_p %	B_p	Q_n^p кал/кг	Температура плавления золы		
												Начало дефор- мации	Начало размяг- чения	Жидко- плавкое состоя- ние
Александрия	64,5—68,0	5,0—6,7	0—6,0	0,2—4,0	0,6—0,3	52—59	6395	21	55	68	2020	1160—1230	1190—1230	1210—1240
Кировоград	62,5	5,3	—	3,5	0,9	55,5	5612	45	45,5	70	1990	1280	1380	1450

По данным треста Укрбуруголь в 1937 г. и в первой половине 1938 г. потребителям отгружен (в среднем) уголь таких качеств (табл. 2).

Таблица 2

Место добычи	L %	S Общ. на гор. массу	Битумы на гор. массу	A_c %	W_p %	Q_n^p По Гу- тало кал/кг	По данным испытаний в котельной Калульской электро- станции		
							Q_n^2 кал/кг	Q_n^p кал/кг	Q_n^2 кал/кг
Александрия — шахта № 2	50,94	5,07	13,79	15,47	53,78	2107	6120—6400	1900	6850
Звенигородка	62,06	5,25	5,08	19,74	50,0	2380	6100	1740	—
Кировоградская шахта	42,75	5,4	4,40	44,23	47,31	1535	5860	1625	—

В противоположность фрезерному торфу, частицы которого отличаются определенной структурой, бурый уголь состоит в основном из тонкой пыли. Ряд ситовых анализов для Александрийского угля показывает, что основная масса его (80%) состоит из частиц меньших 7 мм, в то время как частиц меньших 2 мм больше 50%; если удельная поверхность фрезерного торфа составляет 8—15 м²/кг, то удельная поверхность сырого бурого угля составляет ∞ 32 м²/кг. Цифры эти приблизительны, поскольку они главным образом зависят от влажности легко рассыпающегося при высушении бурого угля. Способность бурого угля поглощать влагу явно меньше таковой для торфа: торф в комнатных условиях высыхает до влажности $W_s = 8-10\%$, а бурый уголь — до 3%.

Меньшая способность угля поглощать влагу подтверждается также и тем, что в то время как торф влажностью $W_p = 50-55\%$ сохраняет эту влажность в течение года, — бурый уголь такой же влажности, уложенный в штабель, значительно подсыхает при хранении.

Интересно отметить, что особенно резкое падение влажности по сравнению с той, которую уголь имеет при выемке из залежи ($W_p = 55-58\%$), наблюдается в первые 2 десятка дней после извлечения угля на поверхность.

Таким образом надо считать, что попадание в котельные угля влажностью $W_p = 55\%$ есть ненормальное явление, с которым могут и должны вести борьбу добывающие топливо предприятия.

III. Сжигание бурого угля в топке с плоской дутьевой колосниковой решеткой

Сжигание угля в чистом виде

Значительные количества бурого угля сжигаются в настоящее время сахарными и спиртовыми заводами в примитивных топках с плоской дутьевой решеткой при загрузке с лопаты.

Основным при этом методе сжигания является: а) обеспечение достаточной для горения температуры и б) борьба с уносом.

Поскольку горячая часть сырого бурого угля составляет примерно от 30% (для кировоградского угля) до 35% (для александрийского и звенигородского углей), всякое, даже небольшое, изменение влажности ведет к резкому изменению характера горения; особенно резко сказывается влияние изменений влажности при пользовании примитивными топочными устройствами.

Так, сравнивая результаты опытов, проведенных в котельной Кременчугской электростанции под котлом с плоской дутьевой колосниковой решеткой (рис. 1), можно видеть резкое ухудшение горения, обусловленное повышением влажности угля на 9% (см. табл. 3). Коэффициент полезного действия топки упал на 13,5% вследствие повышения, главным образом, потери на механический недожег (унос, выгреб) и потери в отходящих газах (повышение коэффициента избытка воздуха).

Существенное значение при этом методе сжигания имеет равномерность загрузки топлива (квалификация кочегара).

Результаты испытаний, проведенных в лаборатории Союзугля и в котельной 6 кожзавода, показывают значительную разницу в величине коэффициента полезного действия топок. Несмотря на то, что при втором

опыте теплотворная способность угля была без малого на 100 кал/кг меньше, чем при первом (1816 кал/кг против 1901 кал/кг), коэффициент полезного действия топки для второго случая оказался большим, чем для первого на 19⁰/₀ ($\eta_m = 0,59$ против $\eta_m = 0,78$).

Одной из причин, вызвавших повышение степени использования топлива во втором случае (6 кожзавод), послужил примененный при этом испытании порядок загрузки топлива, обеспечивший равномерность работы слоя: в течение более четырех часов загрузка топлива велась по сигналу равными порциями через равные промежутки времени — по пять лопат в каждую из двух шуровок через 2,5 минуты¹.

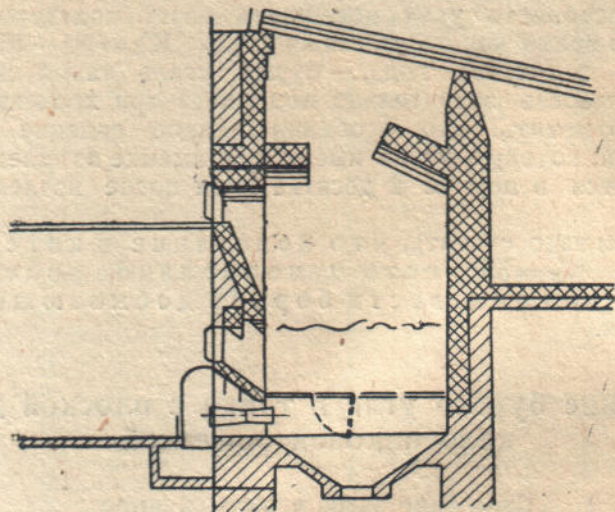


Рис. 1. Плоская дутьевая колосниковая решетка, загружаемая с лопаты.

Способствовала улучшению работы топки (уменьшение потери в уносе) и ббльшая, очевидно, для второго случая высота топки $h_m = 3000$ мм; благоприятно сказалось также наличие в сжигавшемся угле около 10⁰/₀ лигнита и высокая квалификация кочегаров 6 кожзавода (табл. 3).

Приведенные результаты опытов показывают трудность устранения потери на химический недожег, достигавшей даже при опыте на 6 кожзаводе значительной величины ($q_3 = 8,34$), несмотря на высокий коэффициент избытка воздуха ($\alpha = 1,78$).

При опыте в котельной Кременчугской ГЭС 8/III 1930 г. потеря на химический недожег составляла всего $q_3 = 3,0^0$ /₀, но при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 2,7$ и при потере на механический недожег $q_{4уноса} + q_{4оч. ост.} = 9,6 + 15,5 = 25,1^0$ /₀.

Второй опыт, проведенный на 6 кожзаводе 27/X 1930 г., прошел значительно хуже первого (КПД топки снизился почти на 14⁰/₀).

¹ В течение первых часов опыта величина порций и промежутков между загрузками были уточнены; равномерность работы испытываемого котла обеспечивалась соседним котлом. Опыт, проведенный на этом же котле через несколько дней при свободной загрузке топлива (см. табл. 3), дал значительно худшие результаты.

Произошло это по следующим причинам:

1) напряжение, при котором работала решетка, было значительно больше, чем при первом опыте (450 кг/м^2 против 380 кг/м^2), что при большем коэффициенте избытка повело к сильному увеличению потери в уносе;

2) при этом опыте кочегар загружал топливо произвольно; меньшая степень равномерности несомненно способствовала ухудшению работы топки;

3) резкое ухудшение работы топки наблюдалось в течение некоторого промежутка времени после чистки решетки (в середине опыта), проведенной без добавки жирного донецкого угля. При чистке решетки во время первого опыта, сейчас же после удаления очаговых остатков на решетку было подано примерно 15 лопат (площадь решетки $R = 4,28 \text{ м}^2$) угля ПЖ, воспламеняющегося, как известно, весьма легко, и работа топки в весьма малый срок была восстановлена.

Правильная организация чистки колосниковой решетки — одно из обстоятельств, существенно влияющих на работу топки. Если чистка производится на одном буром угле, зажигание первых порций его, подаваемых на решетку после чистки, протекает весьма медленно — горение распространяется вяло, и топка довольно продолжительное время имеет весьма низкую температуру.

Следует учитывать, что зажигание топлива высокой влажности будет протекать при равной теплотворной способности менее энергично, чем зажигание топлива, в котором низкая теплотворная способность обусловлена высоким содержанием золы.

Загорающаяся частица горючего в первый же момент вынуждена будет при влажном топливе отдавать большее количество тепла влаге окружающих ее сохнувших частиц, чем при топливе, низкая калорийность которого обусловлена высокой зольностью (следует учесть, что скорость зажигания определяет весь ход горения).

Конец же сгорания топлива, обладающего низкой теплотворностью благодаря высокому содержанию влаги, проходит, очевидно, быстрее, чем для топлива многозольного; однако, это имеет меньшее значение, чем скорость зажигания, поскольку к концу горения топлива температура бывает обычно высокой, и горение происходит быстро, несмотря на высокое содержание золы.

Этим объясняется целесообразность сжигания бурого угля на антрацитовой „подушке“.

Наличие во всех рассмотренных случаях значительной потери на химический недожег, достигшей $q_3 = 8\%$ при исключительно тщательном, проводившемся высококвалифицированным кочегаром, обслуживании топки при пробном сжигании 18/X 1930 г. в котельной 6 кожзавода, показывает трудность устранения этой потери при сжигании сырого бурого угля в этой топке.

Потери в недогоревших газах и, особенно, в уносе резко растут при повышении напряжения решетки — это видно из цифр, приведенных в табл. 3.

Для угля теплотворной способностью $Q_n^p = 1800 - 1900 \text{ кал/кг}$ весовое напряжение решетки $\frac{B}{R} = 380 \text{ кг/м}^2/\text{час}$ является высоким; при необходимости сжигания бурого угля в чистом виде следует увеличивать площадь решетки таким образом, чтобы можно было вести работу при $\frac{B}{R} = 250 - 300 \text{ кг/м}^2/\text{час}$.

Практика показывает, что при правильно сконструированной колосниковой решетке потери в выгребе и провале могут быть весьма малыми: порядка $q_4 \text{ выгреба} + q_4 \text{ пр.} = 3\%$, как это и наблюдалось при опыте 18/X 1930 г. на 6 кожзаводе. Решетки топок тут были составлены из плитчатых колосников с живым сечением порядка $i = 16\%$ и щелевидными отверстиями размерами $6 \times 52 \text{ мм}$.

Целесообразно применение колосников со щелями шириной, меньшей 5 мм (порядка 3,5 мм) — при таких колосниках провал будет сведен к нулю.

Коэффициент избытка воздуха при работе на чистом буром угле превышает $\alpha = 1,7$.

Давление в зольнике составляет в среднем за опыт $s_z = 30-35 \text{ мм}$ водяного столба — это свидетельствует о необходимости давления воздуха после вентилятора порядка $H_{ст} = 80-100 \text{ мм}$ водяного столба.

Работа топki может быть значительно улучшена применением подогрева воздуха.

Сжигание угля в смеси с антрацитом

Значительно полнее может протекать сжигание бурого угля в смеси с антрацитом, на антрацитовой подушке, аналогично тому, как это делается при сжигании фрезерного торфа. Антрацитовая подушка обеспечивает устойчивость и полноту горения бурого угля, так как повышение температуры слоя и топчного пространства ведет к уменьшению q_3 и $q_4 \text{ уноса}$ при одновременном уменьшении α .

Испытания топок с плоскими дутьевыми решетками, проведенные Оргэнерго при совместном сжигании антрацита и фрезерного торфа (топлива, довольно близко подходящего к бурому углю), показывают случаи повышения и η_k и $\frac{D}{H_k}$ при добавлении к антрациту АРШ до 75% фрезерного торфа. Унос при этом состоит почти целиком из антрацитовых чешуек.

Эти опыты дают возможность заключить, что добавка, примерно, 35% фрезерного торфа к антрациту по весу, как правило, способствует подъему как η_k , так и $\frac{D}{H_k}$.

Сжигание фрезерного торфа производилось на антрацитовой подушке, т. е. после чистки топki организовывался обычным путем антрацитовый слой, на который, до полного его выжига, подавался затем фрезерный торф¹.

Эти опыты, а также результаты испытаний, произведенных Украинским институтом промэнергетики (проводившим опыты при смешивании бурого угля вне топki до загрузки) в котельной Кременчугской электростанции, показывают, что добавка 30—40% по весу бурого угля к антрацитам АРШ, АСШ и АШ может быть производима без падения мощности топki и коэффициента полезного действия котла. Добавление топлива, богатого летучими, мелкозернистого (фрезерный торф, бурый уголь, одубина), к трудно горящему антрациту значительно улучшает сгорание антрацитовых чешуек — коэффициент полезного действия котла заметно возрастает.

¹ Метод работы, применяемый Маловисковским сахзаводом, сжигающим бурый уголь в чистом виде в начале сезона и антрацит в конце, — надо считать в корне неправильным.

Так, в то время как опыт сжигания АШ в чистом виде дает коэффициент полезного действия топки¹ порядка $\eta_m = 0,5$ (см. табл. 3—для смеси 67% АШ + 33% ПЖ для того же котла $\eta_k = 0,6524$ и $\eta_m = 0,815$, для котла Ф и Г 67% АШ + 33% ПЖ $\eta_k = 0,62$, $\eta_m = 0,86$), опыт сжигания 50% АШ с 50% бурого угля² влажностью порядка 50% дал коэффициент полезного действия котла (Ф и Г — $H_k = 80 \text{ м}^2$ с пароперегревателем при горизонтальной дутьевой решетке с колосниками Кирша и воздушным дутьем) $\eta_k = 0,55$, что свидетельствует о том, что коэффициент полезного действия топки был не ниже $\eta_m = 0,75$.

Хронометраж работы кочевара³ показывает, что при добавке 60—75% фрезерного торфа к антрациту трудовые затраты кочевара (переброска топлива) возрастают примерно втрое против работы на чистом антраците.

Добавление бурого угля может принести существенную пользу при работе на антрацитах с легкоплавкой золой (Чистяковский), так как оно ведет к снижению температуры слоя и предупреждает спекание и прилипание к решетке очаговых остатков.

Как правило, колосниковая решетка при совместном с антрацитом сжигании бурого угля очищается при помощи скребка, без лома.

При необходимости пользования этим методом сжигания следует снабжать решетку опрокидывающимися колосниками, поскольку количество золы будет большим, чем при работе на чистом антраците. Высота топки должна быть возможно большей.

Весьма желательным является размещение загрузочной площадки на высоте ~ 1200 мм от уровня колосниковой решетки, так как это значительно облегчает загрузку топлива; кочевару приходится бросать топливо не по горизонтали, а по некоторой кривой и, таким образом, потребные для бросков усилия этим самым значительно уменьшаются.

Несмотря на ряд преимуществ топки с плоской дутьевой колосниковой решеткой (простота устройства топки, ее гибкость, возможность перехода на топливо иного вида), от сжигания в ней бурого угля в чистом виде все же следует отказаться вследствие:

а) громадных, совершенно недопустимых трудовых затрат при сжигании;

б) низкой степени использования топлива ввиду необходимости работы при высоком коэффициенте избытка, при высоких потерях на химический и механический недожог и

в) весьма ограниченной мощности топки.

Можно применять добавление 30—40% по весу бурого угля при сжигании антрацитового топлива; такая добавка позволит повысить как паросъем, так и степень использования антрацита; при этом сжигание должно производиться без смешивания топлива перед топкой, а при подаче бурого угля на антрацитовую подушку.

И в этом случае сжигание бурого угля в топке с плоской дутьевой решеткой должно быть рассматриваемо как временная мера, поскольку существуют примитивные топки для слоевого сжигания — топки с наклонным зеркалом горения и с колосниковой решеткой с малым живым сечением — обеспечивающие значительно более высокую степень использования топлива; кроме того, имеются еще камерные топки, которые могут быть устанавливаемы под малыми котлами.

¹ Кичигін М. А., Випробування різних марок Донпаліва в умовах цукрової промисловості, „Проблеми теплотехніки“, 1928, № 14—16.

² Новаковський В. Н. и Файерштейн Д. Г., Сжигание бурых углей, стр. 31.

³ Оргэнерго, Материалы по рационализации энергохозяйства, 1933.

Сжигание украинских бурых углей

Кем проведен опыт	Опубликовано — Новаковский В. Н. и Файерштейн Д. Г.		Не опубликованы		Новаковский В. Н. и Файерштейн Д. Г.		Проблемы теплотехники* — Кичигин М. А.
	УИПЭ	УИПЭ	УИПЭ	УИПЭ	УИПЭ	УИПЭ	
Место проведения опыта	Испытат. станция Союзугля	Кременчугская ГЭС	6 кожзавод им. Фрунзе	Тепловая станция ХТИ	Кремнчугская ГЭС	Тепловая станция МПИ	Яготинский сахарзавод
Дата	27/1 1930 г.	8/III 1930 г.	18/X 1930 г.	6/II 1930 г.	12—13/II 1930 г.	5/1 1928 г.	21/IV 1928 г.
Характеристика котла (система и поверхность нагрева)	37 м ²	Гарбе 285 м ² с перегревателем	Шухов 150 м ² , перегреватель 22 м ²	Ф и Г 80 м ² с перегревателем	Гарбе 285 м ² с перегревателем	Гере 102 м ²	Ферберн
	Толщина колосники	Плоская дутьевая колосниковая решетка	Плоская дутьевая колосниковая решетка	Плоская дутьевая решетка	Плоская дутьевая решетка	Плоская дутьевая решетка	Внутренняя дутьевая решетка
Топливо	Александрийский бурый уголь	Выгородский бурый уголь	Плитчатые колосники	Плитчатые колосники	Плитчатые колосники	Плитчатые колосники	АШ
A_p/A_c	10/22	9,25/22	28,6/45,8	29,6/38,5	9,9/22	18,99 АШ 13,1 ПЖ	17,06
W_p	55	58	37,5	40,25	55	9,21 АШ 6,11 ПЖ	4,01
Q_p^*	1901	1716	1816	1862	3834	5823	6210
α	1,74	2,7	1,78	1,83	—	2,23	3,55
η_{k+ne}	44,13	38,5	57,0	45,7	55,02	62,3	28,5

$q_2\%$	17,89	30,4	24,4	21,0	18,45	—	—	13,03	15,78
$q_3\%$	5,79	3,0	5,1	8,34	5,57	—	—	1,56	5,99
$q_4\%$	9,31	9,6	5,4	2,87	7,92	—	—	6,5	35,1
$q_8\%$	22,88	18,5	7,0	10,79	22,36	—	—	10,01	14,63
T_{yx}	250	275	295	266	246	—	—	269,0	292,7
$\frac{B}{R}; \frac{Q}{v}$	$342/650 \cdot 10^3$	$352/603 \cdot 10^3$	$290/632 \cdot 10^3$	$380/648 \cdot 10^3$	$450/837 \cdot 10^3$	$115,7/40 \cdot 10^3$	$263/625 \cdot 10^3$	$112/655 \cdot 10^3$	$118/730 \cdot 10^3$
D/H_k	12,06	8,14	13,25	17,6	17,3	9,41	12,4	14,5	4,87
S_m	—	—	—	—3,44	0	—	—	5,0	2,67
S_3	—	—	—	—30,0	—33,4	—	—	17,7	32,3
η точки 1	0,5902	0,689	0,825	0,78	0,6415	—	—	0,863	0,480

$$1 \eta_m = \left(1 - \frac{q_8}{100} - \frac{q_4}{100} - \frac{q_5}{100} \right)$$

IV. Ручные топки с наклонным зеркалом горения

Значительные недостатки топок с плоской дутьевой решеткой и затруднительность сжигания в них бурого угля заставляют отказаться от них, несмотря на универсальность и простоту их устройства.

За границей для сжигания рейнских и среднегерманских бурых углей, наиболее близких по качеству к украинским, большее распространение получили топки со ступенчатыми решетками. Однако, попытки непосредственного использования заграничных конструкций топок не дали поло-

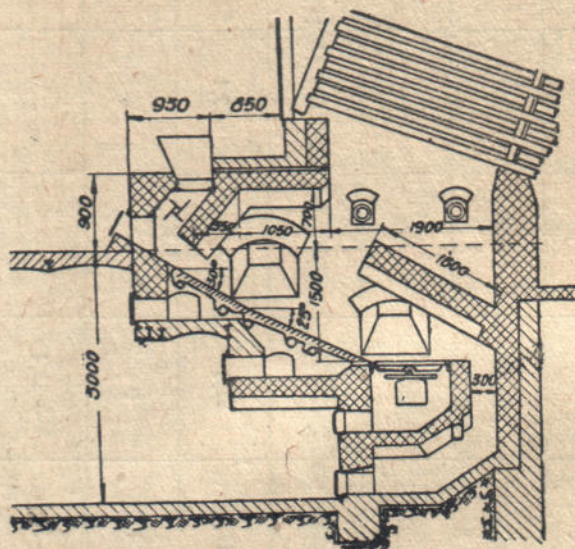


Рис. 2. Топка Кременчугской суконной фабрики.

жительных результатов. Дело в том, что в составе рабочей массы наших и рейнских бурых углей, хотя и близких по теплотворной способности, имеется существенная разница: наши бурые угли при несколько меньшей влажности (W_p александрийского и звенигородского угля $\cong 55\%$ против 60% для рейнских углей) обладают значительно большей зольностью ($A_c = 18\%$ и выше против $A_c = 4,4\%$).

Опыт работы ряда топок на украинских бурых углях показывает, что при соответствующем приспособлении топки с наклонным зеркалом горения могут быть использованы с большим успехом.

Ниже приводятся результаты испытаний топок для бурого угля, построенных по проектам Оргэнерго на Кременчугской суконной фабрике, Новоукраинской мельнице и электростанции звенигородской шахты. Одновременно для сравнения приводятся испытания некоторых заграничных топок, работающих на рейнском угле.

Топка на Кременчугской суконной фабрике, испытанная Оргэнерго в начале 1933 г. (рис. 2), имела много общего с топками в Новоукраинке и в Звенигородке (рис. 3 и 4). Характерные особенности этих топок следующие.

Основная часть колосниковой решетки представляет собой ступенчатую решетку; кроме нее имеется меньших размеров дожигательная решетка, имеющая малое живое сечение. Нижняя часть решетки пере-

крыта сводом, отклоняющим поток газов к месту поступления топлива на решетку.

Подача топлива механизирована — выдача угля из бункера или шахты на решетку производится помощью ручного питателя — турникета;

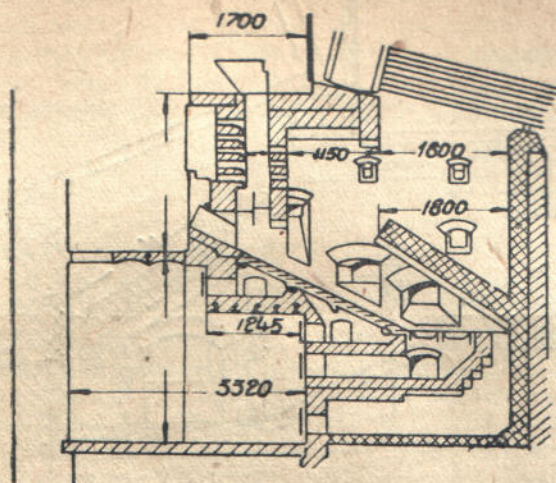


Рис. 3. Топка Новоукраинской мельницы.

как показывают опыты Оргэнерго, попытки регулирования выхода топлива из шахты на решетку при помощи шибера не дали благоприятных резуль-

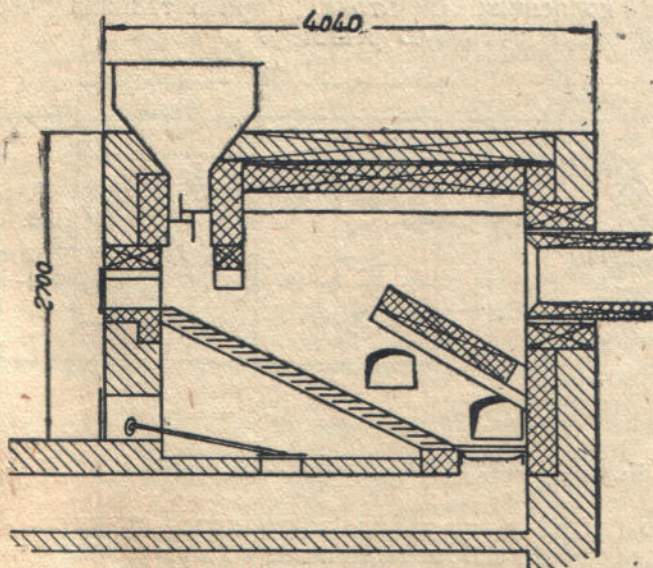


Рис. 4. Топка Звенигородской электростанции.

татов. Продвижение топлива по решетке происходит при некотором побуждении слоя, для чего в стенах топки устраиваются специальные дверки. Невозможность самостоятельного выхода топлива из шахты и продвижения его по решетке вызывается неодинаковой крупностью частиц топлива,

склонностью бурого угля к сгеганию и, главным образом, небольшой толщиной слоя топлива при значительной зольности.

Топка, установленная в котельной Кременчугской суконной фабрики, испытанная Украинстопливом в 1938 г. (рис. 5), несколько отличается от

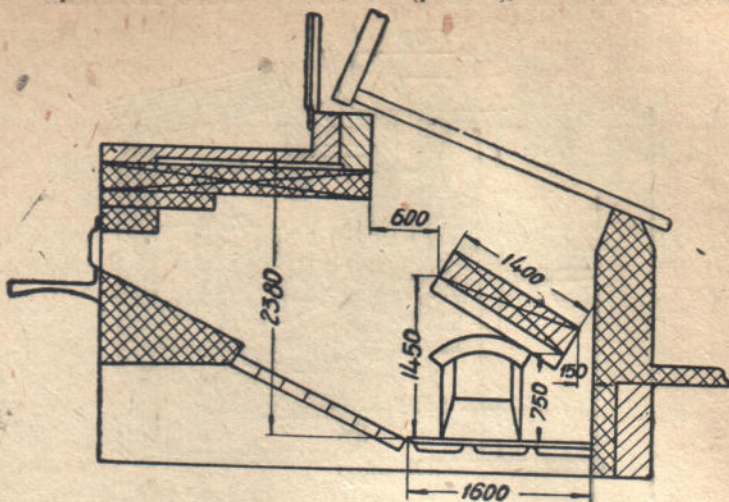


Рис. 5. Существующая топка Кременчугской суконной фабрики.

описанных топок: вся наклонная часть решетки имеет малое живое сечение и выполнена из колосников специальной формы (рис. 6), напоминающих колосники Вильтона. Горизонтальная часть решетки представляет плоскую дутьевую решетку.

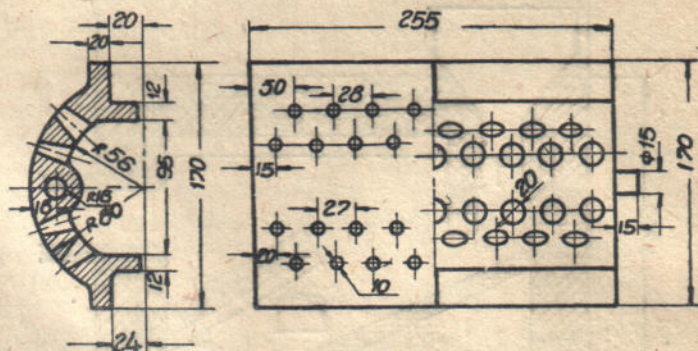


Рис. 6. Колосник топки Кременчугской суконной фабрики.

Подача топлива в эту топку производится вручную, лопатой через дверку в фронте топки; заброска топлива во время опыта производилась одновременно на переднюю и на заднюю часть решетки.

Устройство и способ работы заграничных топок, результаты испытаний которых приводятся для сравнения (табл. 4), в подробностях неизвестны, но указания на то, что это топки ступенчатые, уже дают основание полагать, что по конструкции они ближе к топкам Новоукраинской мельницы и Звенигородской шахты, чем к новой Кременчугской топке (см. табл. 4 — результаты испытаний топок).

Результаты этих испытаний, при всей их немногочисленности и расхождении в режиме работы, все же дают ясные указания на то, что топки, подобные Новоукраинской или Звенигородской, могут быть приняты как типовые топки для котлов малой производительности. Следует отметить, что при испытаниях Звенигородской и Новоукраинской топок достигнутые напряжения колосниковой решетки определялись не невозможностью форсировки самой топки, а иными обстоятельствами (избыток пара, недостаток тяги).

Напряжение колосниковой решетки в приведенных испытаниях составляет 180—284 кг/м²/час.

Сравнивая результаты испытаний новой Кременчугской топки с испытаниями ступенчатых топок, видим, что применение интенсивного дутья (что возможно только при малом живом сечении решетки) и под наклонной решеткой при практиковавшемся методе загрузки топлива и обслуживании слоя¹ не намного увеличивает общее напряжение колосниковой решетки.

Данные заграничных испытаний показывают, что на ступенчатых решетках с ручным обслуживанием можно сжечь 195—353 кг/м²/час без дутья при разрежении в топке 8—10 мм водяного столба; эти данные относятся к малозольному ($A_c = 4 \div 6\%$) топливу.

Исходя из этого, можно считать, что топки со ступенчатыми решетками при применении дутья, но без каких-либо дополнительных устройств вроде шахты и т. д., могут обеспечить напряжение порядка 280—300 кг/м²/час.

Потери при сжигании, т. е. потери от механической и химической неполноты горения, как показывают результаты испытаний, при правильном режиме работы могут быть сведены к очень небольшим величинам.

Потеря от механической неполноты горения вообще очень невелика и колеблется от 0,75 до 2,6%. Исключение составляет новая Кременчугская топка, для которой $q_4 = 9,72\%$; для этой топки основную часть потери составляет потеря с уносом. Для всех рассматриваемых топок унос летучей золы составляет 60—70%; содержание горючих в летучей золе составляет от 0,08 до 2,3% для топок со ступенчатыми решетками и 12,7% для новой Кременчугской топки.

Причинами большой потери q_4 для Кременчугской топки являются следующие обстоятельства:

1. Уголь более высокой зольности ($A_c = 30,4\%$ против 23,0%) сжигался в этой топке при повышенном напряжении зеркала горения. Обеспечивалось это напряжение за счет дутья значительной упругости под всю решетку, распределение которого во время опыта было далеко несовершенным.

2. Подача топлива с лопаты на всю решетку вызывала неравномерность загрузки топлива и увлечение сброшенных с лопаты недосушенных частиц топлива в топочное пространство и в газоходы.

3. Недопустимо высокое напряжение топочного пространства ($Q/V_m = 465\,000$ кал/м³/час) также немало способствовало повышению уноса и потерь на химический недожег. Так как кочегар забрасывал топливо на все зеркало горения, решетка Кременчугской топки в некоторой мере работала как обычная плоская дутьевая решетка (бесфазовое горение).

¹ В то время как передвижки топлива и подчистки решетки в Звенигородской топке велись практически непрерывно, в Кременчуге кочегар вмешивался в работу слоя лишь при капитальной очистке решетки.

Сравнительная таблица результатов испытаний

1	Место и автор испытания	Обозначение	Единица измерения	Звенигородская электростанция	Кременчугская суконая фабрика	Кременчугская суконая фабрика	Новоукраинская мельница
				Укринстопливо 1938 г.		Оргэнерго 1933 г.	
2	Тип топки и размеры ее			Топка со ступенчатой решеткой $R=4,1 \text{ м}^2$	Топка с наклонной решеткой $R=6,0 \text{ м}^2$	Топка со ступенчатой решеткой $R=3,86 \text{ м}^2$	Топка со ступенчатой решеткой $R=6,15 \text{ м}^2$
3	Тип и размеры котла			Ланкашир. $H_K = 56 \text{ м}^2$	Бабкок и Вилькокс $H_K = 101 \text{ м}^2$	Б и В $H_K = 102 \text{ м}^2$	Шухов. $H_K = 150 \text{ м}^2$
4	Топливо			Звенигородский	Александровский	Александровский	Звенигородский
5	Теплотворная способность	Q_R^p	кал/кг	1 740	1 990	1 706	1 981
6	Зольность	$\frac{A_p}{A_c}$	%	$\frac{9,62}{22}$	$\frac{15,75}{30,4}$	$\frac{8,68}{21,5}$	$\frac{8,93}{18,1}$
7	Влажность	W_p	%	56,3	48,1	59,76	52,09
8	Видимое весовое напряжение зеркала горения	$\frac{B}{R}$	кг/м ² /час	189	284	279	272
9	Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{Q}{R}$	кал/м ² /час	328 000	565 000	476 000	538 000
10	Напряжение топочного пространства	Q/V_m	кал/м ³ /час	251 000	465 000	283 000	227 000
11	Коэффициент избытка воздуха	α_K	—	1,36 ¹	1,59	1,84	1,92
12	Давление воздуха под горизонтальной решеткой	S_{zp}	мм водяного столба	3,5	36,7	50,5	65
13	То же под наклонной	S_{nr}	мм водяного столба	1	—	—	—
14	Разрежение в топке	S_m	мм водяного столба	0	4,1	0	0
15	Потеря от химической неполноты горения	q_3	%	6,00 ²	6,05 ²	4,1	1,88
16	Потеря от механической неполноты горения	q_4	%	0,75	9,72	2,6	1,92
17	Коэффициент полезного действия топки	η_m^5	%	91,8	79,23	88,3	92,79

топок с наклонным зеркалом горения

Немецкие данные: Вагнер, „Слоевые топки для бурого угля“, Die Wärme, 1938, № 30.		Вагнер, „Слоевые топки для бурого угля“ Die Wärme, № 30	Ленгарт, „Топки для бурого угля“		
2-маршевая ступенчатая - решетка $R = 27,31 \text{ м}^2$	3-маршевая ступен- чатая решетка $R = 21,84 \text{ м}^2$	2-маршевая ступенчатая решетка $R = 19,4 \text{ м}^2$	Кайльман $V_m = 75 \text{ м}^3$ $R = 44,4 \text{ м}^2$		Примечание: 1 В топке
2-бараб. верт. водотру- бный $H_k = 400 \text{ м}^2$	3-барабан. верт. водотрубно. $H_k = 300 \text{ м}^2$	3-барабан. верт. водотрубно. $H_k = 350 \text{ м}^2$	4-барабан. котел Ганомар $H_k = 650 \text{ м}^2$		
Рейнский отсев (менее 10 мм)			Рядовой бур. уголь		3 Потеря от хими- ческой неполноты горения в перво- источнике входит в остаточный член; нами q_3 выделена из остаточного члена, исходя из нормаль- ной величины q_5 .
2 007	—	2 019	2 070	2 013	1 975
1,92	—	1,63	1,58	2,37	2,52
4,7	—	4,0	3,8	5,95	6,27
59,23	—	59,02	58,4	60,23	59,85
271	271	241	353	195	233
545 000	547 000	486 000	730 000	392 000	460 000
—	—	—	—	232 000	272 000
~ 1,33 ⁴	~ 1,53 ⁴	~ 1,42 ⁴	~ 1,45 ⁴	~ 1,53 ⁴	~ 1,7 ⁴
Дутья нет					
5,9	8,6	6,5	10,0	9,0	20,0
1,6 ⁵	1,5 ⁵	1,8 ⁵	2,9 ⁵	0,5	8,1
1,11	3,18	2,83	2,47	0	0
—	~ 93,5	~ 93,5	~ 93		

$$^5 \eta_m = 100 - q_3 - q_4 - q_5^{пр}$$

На величину потери от механической неполноты горения в новой Кременчугской топке влияет также и потеря с провалом, для ступенчатых решеток близкая к нулю.

Потеря от химической неполноты горения, по испытаниям Оргэнерго, сравнительно невелика и составляет 1,87—4,1%; по заграничным источ-

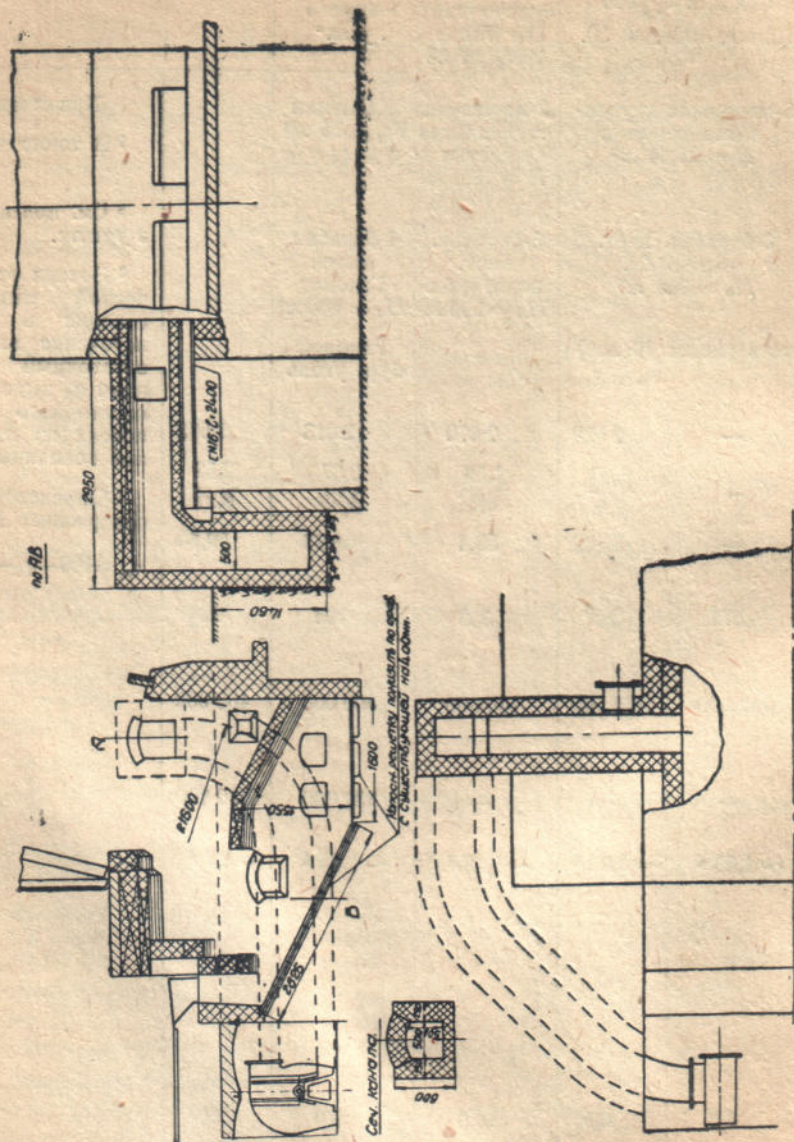


Рис. 7. Рекомендованные Украинстопливом изменения конструкции топки Кременчугской суконной фабрики.

никам при сжигании рейнских углей потеря q_3 составляет 1—3%. Несколько отличаются данные испытаний Украинстоплива, по которым потеря от химической неполноты горения равна 6,0% для обоих испытаний. Есть основания предполагать, что при испытании Звенигородской топки эта потеря несколько завышена; об этом свидетельствует также и то обстоятельство, что остаточный член теплового баланса получился малым — 4,5%, в то время как для жаротрубного котла малой поверхности

нагрева ($H_k = 56,3 \text{ м}^2$) с выносной топкой и при малой нагрузке эта потеря должна равняться $8-9\%$. Если отнести часть потери, определенной как q_3 , за счет q_5 , то получим, что потеря от химической неполноты горения составит $1,5-2\%$, т. е. будет близка к потере q_3 , определенной выше для топок со ступенчатыми решетками. В новой же Кременчугской топке остаточный член баланса $q_5 = 8,68\%$ следует считать преувеличенным. По опытным данным для водотрубного котла $H_k = 102 \text{ м}^2$ при полной нагрузке потеря в окружающую среду должна составить $\sim 6\%$; таким образом, потерю от химической неполноты горения, учитывая и недогоревшие углеводороды, наличие которых в отходящих газах вполне возможно, следует в этом случае увеличить до $8-8,5\%$.

Такая значительная потеря объясняется в основном чрезмерным напряжением топочного пространства — $465\,000 \text{ кал/м}^3/\text{час}$ вместо рекомендуемых $250\,000 \text{ кал/м}^3/\text{час}$. Помимо того, влияние оказывает и ручной способ загрузки, при котором холодный воздух, врывающийся через загрузочную дверку, не может быть использован для горения, а, наоборот, ухудшает его, охлаждая топку.

Сравнение топок в отношении обслуживания ярко обнаруживает все преимущества механизированной подачи топлива, какой является подача из бункера или шахты при помощи турникета в Звенигородской и Новоукраинской топках. В то время как в Звенигородке один кочегар легко обслуживает три отдельных котла, совершенно не напрягаясь физически, у новой Кременчугской топки кочегар занят все время. Метод непрерывной очистки колосниковой решетки, вернее горизонтальной части ее, применяемый в Звенигородке, позволяет работать без остановок для капитальных чисток. В Кременчуге же в промежутках между чистками решетка не обслуживается.

Подача топлива при помощи турникета, вращаемого вручную, не является идеальной, так как, значительно облегчая труд рабочего, она в некоторой степени обладает недостатками периодической загрузки. Применение шахты с регулируемым шибером с целью непрерывной выдачи топлива на решетку, как уже указывалось, не обеспечивает равномерной его подачи. Работа такой шахты возможна только при непрерывном активном вмешательстве кочегара.

Кроме того, использование шахты как подающего устройства требует опускания устья ее до колосниковой решетки; это лишает возможности обслуживания слоя с фронта топки, что в некоторых случаях является единственно возможным.

На рис. 7 показаны рекомендованные Укринстопливом изменения конструкции топки Кременчугской суконной фабрики.

V. Выбор нормальной буроугольной топки для котлов малой производительности

До рассмотрения нормального типа топки для бурого угля считаем необходимым еще раз указать на недопустимость применения топки с горизонтальной дутьевой решеткой, так называемой антрацитовый, так как, несмотря на ее достоинства (универсальность), эта топка обладает рядом столь существенных недостатков, что от применения ее приходится отказаться. Такими недостатками являются:

а) большая потеря от химической неполноты горения, являющаяся следствием периодичности загрузки топлива и подачи неподготовленного сырого топлива на горящий слой, что приводит к ухудшению сгорания;

б) исключительная трудность подачи топлива, так как расход бурого угля превышает расход донецкого топлива при сохранении постоянной производительности в 3—3,5 раза;

в) необходимость периодических, и довольно частых, чисток топки с неизбежным падением производительности котла.

Учитывая опыт работы слоевых топок и специфические качества украинского бурого угля, а именно: большую влажность и зольность, легкую раздробляемость и малую теплоплотность, — в основу построения слоевых топок для бурого угля должны быть положены следующие принципы:

- 1) обеспечение зоны интенсивного горения;
- 2) разделение слоя по зонам, соответствующим отдельным стадиям процесса;
- 3) обеспечение подготовительной зоны подводом тепла извне и
- 4) механизация подачи топлива в топку.

Первые два условия равнозначны и преследуют одну и ту же цель.

Соответствующая организация процесса может быть осуществлена следующим образом:

- а) постепенное продвижение слоя по решетке и
- б) разделение дутья по зонам с отдельным регулированием.

Обеспечение зоны интенсивного горения необходимо как для достижения полноты горения, зависящей от температуры факела, так и для достижения надлежащего напряжения топочного пространства. Такая зона может быть создана только при условии хорошо организованной подсушки топлива уже в самой топке, причем поток газов должен проходить от зоны интенсивного горения к подготовительной зоне; при обратном течении газов выделяющиеся в большом количестве из свежего топлива водяные пары приведут к снижению максимальной температуры факела еще до окончания процесса горения.

Поставленное условие конструктивно разрешается устройством свода, перекрывающего нижнюю часть решетки. Действие такого свода часто рассматривают как уменьшающее излучение слоя на поверхность нагрева, но это неправильно, так как толщина факела во всех случаях оказывается достаточной для устранения непосредственного теплообмена между слоем и поверхностью нагрева¹. Между тем изменение формы факела и направления движения газов как раз и удовлетворяет поставленному выше требованию.

Условие интенсивности горения делает обязательным для данной зоны применение дутья, в свою очередь обуславливающего тип решетки — малое живое сечение порядка 12%, выполняемое в виде щелей шириной не более 3—6 мм. Температура воздуха для дутья для данной зоны не играет существенной роли, так как имеющийся в виду способ подогрева воздуха путем смешения его с топочными газами теоретически приведет не к увеличению, а к уменьшению максимальной температуры факела. Практически применение рециркуляции топочных газов может принести пользу путем значительного улучшения работы подготовительной зоны. Температура дутья может играть значительную роль в случае подогрева воздуха в воздухоподогревателе; к сожалению, в малых котельных, о которых идет речь, воздухоподогреватели встречаются исключительно редко.

¹ См. работу сектора сжигания Украинстоплива „Зависимость между температурой топки и плавлением золы в шахтных топках“, 1936.

Разделение слоя на зоны осуществляется:

- а) постепенным продвижением всего слоя вдоль решетки и
- б) соответственной организацией дутья.

Для подсушки и подогрева топлива в начальной стадии процесса горения необходим подвод тепла извне; это тепло может быть передано слою факелом в виде лучистой теплоты. Для этого нужно развить лучевоспринимающую поверхность слоя до необходимых размеров и обеспечить перемешивание слоя, так как проникновение тепла внутрь слоя путем теплопроводности исключается.

Устройством, в некоторой степени отвечающим обоим этим требованиям, является шахта; однако постройка шахты возможна только при большой высоте топки, что значительно увеличивает стоимость топки и не всегда возможно осуществить. Роль и действие шахты рассматривается ниже — в VI разделе настоящей работы.

В топках с механическими решетками перемешивание слоя достигается шурующим действием решетки.

В топках с неподвижной решеткой без шахты этот способ передачи тепла слою мало пригоден, так как при отсутствии перемешивания топлива приходится чрезмерно развевать решетку.

Другими способами прогрева слоя являются: продувание горячего воздуха или газов через слой (предтопок Арбатского) и организация специальных очажков горения под слоем (предтопок Макарьева для торфа).

Оба эти метода можно и должно применять при топках с неподвижной колосниковой решеткой.

Нагревание дутьевого воздуха может производиться либо в воздухоподогревателе, либо путем смешения с горячими газами; второй путь безусловно выгоднее экономически; некоторое „засорение“ воздуха нейтральными газами (RO_2) не является недостатком, поскольку потребность данной зоны в кислороде еще невелика. Устройство специальных предтопок или решеток по типу топок с двойными решетками нецелесообразно; достаточной для этого представляется колосниковая решетка первой зоны в виде ступенчатой решетки. Роль ступеней, как деталей, обеспечивающих создание зажигательных очажков, подтверждают как наши (Щеголев, Кнорре и другие), так и иностранные специалисты¹.

Следует отметить, что возможность создания зажигательных очажков на ступенях затрудняется при одновременно большой зольности и легкоплавкости золы; однако, в случае сжигания украинских бурых углей это обстоятельство не имеет существенного значения, так как зола бурых углей весьма тугоплавка и обычно даже в зоне интенсивного горения выделяется в виде пыли; поэтому большая часть золы — по опытам от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ всего количества — из слоя выдувается и уносится в котел. Как показывают наблюдения Звенигородской топки, при продвижении слоя на ступенях остаются постоянные очажки.

При определении объема топочного пространства следует иметь в виду, что напряжение топочного пространства оказывает сильное влияние не только на величину химического недожега, но и механического. При наличии большого количества мелких фракций бурый уголь сгорает не только в слое, а, пожалуй, большей частью во взвешенном состоянии, о чем свидетельствует большое количество уносимой в котел золы — 60—70% всей золы топлива.

¹ В данном случае, однако, следует учитывать необходимость для правильной подачи воздуха уменьшения живого сечения колосникового полотна частей наклонной решетки, на которых идет интенсивное горение.

Последнее обстоятельство сильно сказывается на работе котлов, оборудованных буроугольными топками. Если сжигание бурого угля и может производиться при достаточно высоком КПД (КПД топки — 92%), то использование тепла газов в котле сильно затрудняется быстрым засорением поверхности нагрева. Обдувка поверхности нагрева не может полностью устранить вредное влияние летучей золы вследствие примитивности и несовершенства обдувочных аппаратов, применяемых в малых котельных установках; на практике приходится часто видеть котельные, совершенно не применяющие никаких, даже самых примитивных, средств обдувки.

Не прекращая борьбы с последствиями уноса золы в котел, теплотехники при разработке топочных устройств должны всемерно стремиться к созданию условий для максимального удержания золы в топочном пространстве. К сожалению, вопросы улавливания летучей золы в топке в настоящее время не разработаны настолько, чтобы можно было рекомендовать какие-либо конкретные мероприятия.

Исходя из приведенных соображений, в основу устройства нормальной топки для сжигания украинских бурых углей под котлами малой производительности нужно положить следующее:

1. Подача топлива на решетку должна быть механизирована; в самом простом случае выдача из бункера производится турникетом, при наличии шахты регулирование слоя возможно при помощи шибера. При обоих способах для правильного продвижения топлива необходимо постоянное вмешательство кочегара; особенно важно это вмешательство при втором способе подачи топлива.

2. Тип решетки. Верхняя часть наклонной решетки — подготовительная зона ($\sim 1/8$ общей площади) — должна быть выполнена в виде ступенчатой решетки с достаточно широкими зазорами между ступенями. Плотной нижней части наклонной решетки — от начала активной зоны — должно иметь малое живое сечение. Горизонтальная часть решетки делается в виде плоской решетки с малым живым сечением $\cong 12\%$.

3. Нижняя часть решетки должна быть перекрыта сплошным длинным наклонным сводом, отклоняющим весь факел к месту поступления топлива.

4. Для управления слоем и чистки решетки в боковых стенах топки устраиваются 2—3 дверки.

5. Размеры топки определяют по нормальным напряжениям колосниковой решетки — 280—300 кг/м²/час.

Напряжение топочного пространства не должно превышать 250 000 кал/м³/час.

VI. Устройства для подсушки бурого угля при сжигании

Сырой бурый уголь вследствие большой влажности загорается очень медленно; на обычной решетке он не дает устойчивого горения и достаточного теплового эффекта, так как высокая влажность его требует затрат больших количеств тепла на подсушку топлива. Особую важность приобретает возможность „заема“ этих количеств тепла у топлива, уже вступившего в активную фазу горения, и передачи их свежезагружаемому топливу. Поэтому в большинстве топок, предназначенных для сжигания украинского бурого угля, предусматриваются специальные приспособления, на которые и возлагается задача осуществления подсушки топлива. Некоторые из существующих для этой цели приспособлений мы и рассмотрим.

1. Наиболее простым приспособлением для подсушки является шахта. Основной особенностью горения в шахтной топке есть работа при слое топлива постоянной толщины. Регулировка толщины слоя осуществляется при помощи шибера. В этой топке отсутствуют прорывы холодного воздуха в топку, имеющие место при загрузках топлива на горизонтальную колосниковую решетку с ручным обслуживанием. Работа с постоянной толщиной слоя обеспечивается непрерывной сдвижкой свежего топлива; сдвижка эта происходит вследствие выгорания топлива, перемещения частиц топлива под влиянием тяги G дутья¹ и, особенно при высоком содержании золы, благодаря ручному вмешательству кочегара (при ручных топках или передвижению колосников (при механической топке). При высокозольном топливе осуществление нормальной сдвижки его по наклонной колосниковой решетке нелегко.

В топке фирмы „Кайльман-Фолькер“ (рис. 8) шахта состоит из отдельных кирпичных сводов, пересыпаясь по которым бурый уголь опускается вниз. Подсушивающая шахта вытянута в высоту, насколько это позволяет высота котла.

Вертикальная разделительная стенка передней топочной камеры условно делит два столба топочных газов с разными средними температурами: более холодными у шахты, более горячими в середине топочного объема. Основной идеей первоначальной конструкции является создание естественной циркуляции газов вокруг вертикальной стенки путем охлаждающего действия потока топлива в шахте.

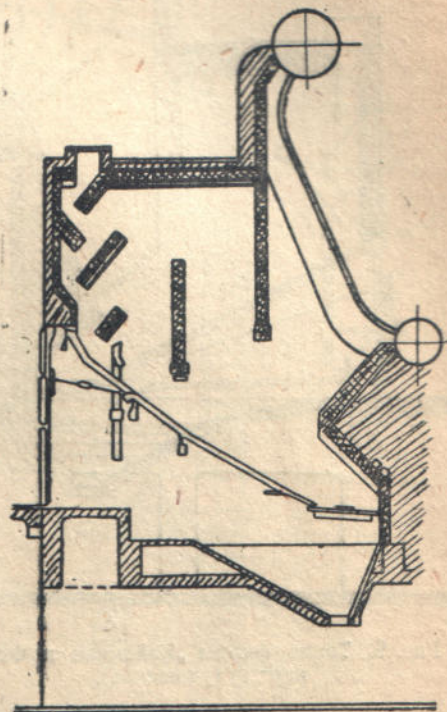


Рис. 8. Топка фирмы „Кайльман и Фолькер“.

Эта топка не оправдала себя, поскольку конструкция предтопка игнорирует использование лучистого тепла: окна из шахты в топку слишком малы; кроме того, весь предтопок защищен от наиболее горячих участков топки двумя кирпичными стенками.

Более поздние конструкции топок той же фирмы (рис. 9) учитывают в некоторой степени роль лучистой теплоты. В данном случае мы видим в них:

а) уменьшение числа сводов при значительном увеличении окон в шахту и при уменьшении толщины слоя топлива;

б) в топке сохранена лишь одна укороченная вертикальная стенка.

Ступенчатая шахта применена в топках для бурого угля с наклонно-переталкивающими решетками РЭТ; установлены они в котельных Александрийской и Кременчугской электростанций (рис. 10).

¹ Прорывающиеся через слой топлива струи газов ведут к тому, что над слоем, постоянно в него возвращаясь, находится некоторая, немалая, часть топлива.

Шахты этих топков устроены еще менее удачно, чем первые шахты Кайльмана. Устройство их обладает такими недостатками: окна из шахты в топку весьма малы, слой топлива в шахте слишком толст — около 600 мм; отражательный свод недостаточно отклоняет пламя к слою свежеступающего топлива (топки эти имеют наклонные своды, отклоняющие пламя к слою топлива и к сушильной шахте и весьма улучшающие как работу так называемой „неактивной части“ зеркала горения, так и работу шахты).

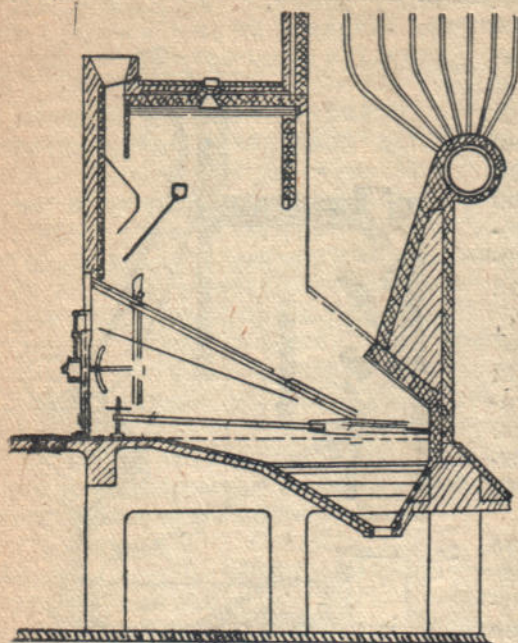


Рис. 9. Топка фирмы „Кайльман и Фолькер“ (улучшенная).

В результате опытных сжиганий бурого угля, проведенных сектором сжигания Украинстоплива, Александрийской электростанции было предложено осуществить целый ряд изменений для улучшения работы топки. В отношении шахты было рекомендовано (рис. 11 и 12):

1) увеличить окна из шахты в топку и тем облегчить доступ лучистой теплоты из топочного пространства в шахту;

2) изменить расположение сводов шахты таким образом, чтобы добиться утончения слоя топлива до 350 мм (против имеющегося ~ 600 мм);

3) установить шибер для регулирования толщины слоя топлива.

Недооценка роли лучистого тепла вела к тому, что в рассмотренной выше сушильной шахте топливо подвергалось слабому тепловому воздействию — влажность топлива снижалась, примерно, на 4%. Шахта рациональной конструкции позво-

лит понизить влажность топлива за время пребывания его в шахте на 7—8%. Одним из средств, повышающих эффективность сушки, является просасывание через шахту покидающих агрегат газов или газов, отбираемых из топки.

Просасывание газов через слой топлива можно производить разными путями: или пропуская газы навстречу движущемуся в шахте бурому углю в вертикальном направлении, или в направлении горизонтальном, перпендикулярно движению топлива.

Институтом промэнергетики (Харьков) в свое время была испытана подсушивающая шахта, в которой покидающие котел газы просасывались по вертикали навстречу движущемуся топливу¹.

Оказалось, что в то время как на первых сводиках происходит снижение влажности на 22%, на остальных пяти снимается лишь 1,5% влаги.

Результаты этих опытов ясно показали, что при противотоке подсушка топлива происходит практически лишь на первом по пути газов

¹ Журнал „Энергетика“, № 2, 1936.

сводике, иначе говоря, при ориентации на передачу тепла лишь за счет просасывания газов через топливо шахта не нужна.

Несмотря на это, в 1936 г. по проекту Украинского института промышленности на Кировоградской электрической станции была установлена подсушивающая шахта большой высоты к цепной решетке под котлом

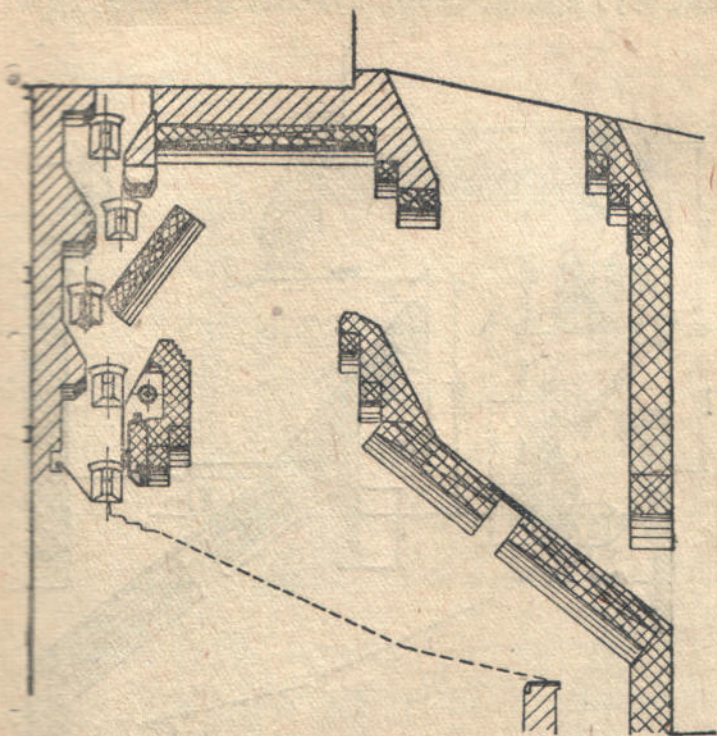


Рис. 10. Существующая подсушивающая шахта котлов Александрийской электростанции Укрбургля.

№ 2 ЛМЗ, $H_s = 500 \text{ м}^2$ („Энергетика“, № 1, 1937). Это устройство обладало недостатками, основным из которых является неравномерность работы шахты по высоте.

Применение разомкнутого цикла весьма усложнило установку и в данном случае было нецелесообразно. Просасывание топочных газов целесообразно производить в направлении, перпендикулярном направлению движения топлива, возвращая отработанные газы в топку; такого рода устройство исключительно просто.

Ценность его заключается еще в том, что оно не исключает возможности использования для подсушки топлива лучистой теплоты.

При испытаниях топок РЭТ, проведенных Оргэнерго в котельной Кременчугской ГЭС, такого рода устройство для просасывания газов себя оправдало, несмотря на то, что, как удалось выяснить при осмотре, оно обладало рядом явных недостатков; в частности, отработавшие газы направлялись в дымовую трубу вместе с унесенными частицами топлива и погонами. Кроме того, примененное здесь расположение мест отсасывания топочных газов надо признать неудачным. Газопроводы входят в шахту через боковые стены топки и встречают толщу угля. Это ведет

к тому, что лишь определенная, весьма небольшая по ширине топки, часть слоя подвергается обогреву горячими газами. Это, в свою очередь, служит причиной неравномерности подсушки топлива по ширине топки и может вызывать горение топлива. В проекте, выполненном Украинстопливом для топки РЭТ Александрийской электростанции, ввод отсасывающих труб предположено произвести в находящиеся под сво-

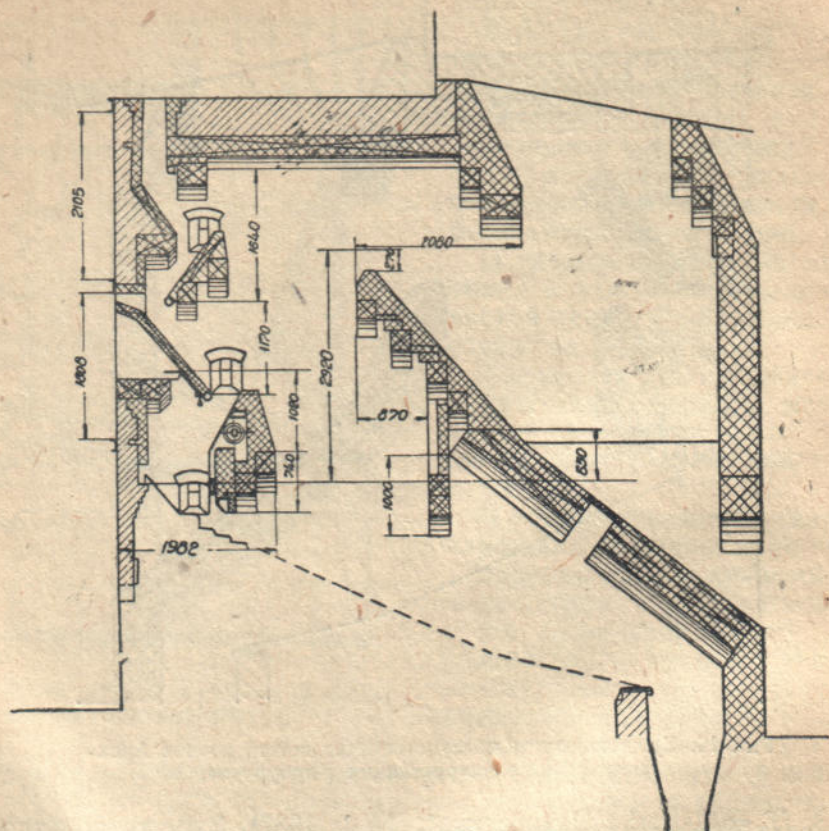


Рис. 11. Рекомендованные Украинстопливом изменения подсушивающей шахты котлов Александрийской электростанции Укрбургля.

дами свободные от угля пространства—это делает вероятным распространение обогревающего действия топочных газов по всей ширине шахты. Значительное улучшение подсушки может быть достигнуто (как при помощи тепла отсасываемых газов, так и за счет лучистой теплоты) утончением слоя и увеличением размеров проемов из шахты в топку (рис. 13).

2. Более сложным устройством, предназначенным для улучшения подсушки топлива и работы участков решетки, на которых происходит досушка и зажигание топлива, является предтопок Арбатского.

Предтопок практически был осуществлен в двух модификациях, работающих, по существу, по одному и тому же принципу, но имеющих несколько отличное конструктивное оформление.

Принцип работы предтопка Арбатского (рис. 14) заключается в том, что в нем часть топлива (мелочь, обычно значительно ухудшающая процесс

горения топлива на решетке) отделяется от основной массы топлива при помощи сита и обрабатывается в особой шахте горячими продуктами горения, просасываемыми через топливо специальным вентилятором.

Мелочь, прошедшая через сито, пересыпается по наклонным сводикам, расположенным по всей высоте вспомогательной шахты, аналогично шахте УИПЭ¹. Основная масса топлива, поступающая из шахты на решетку, по-

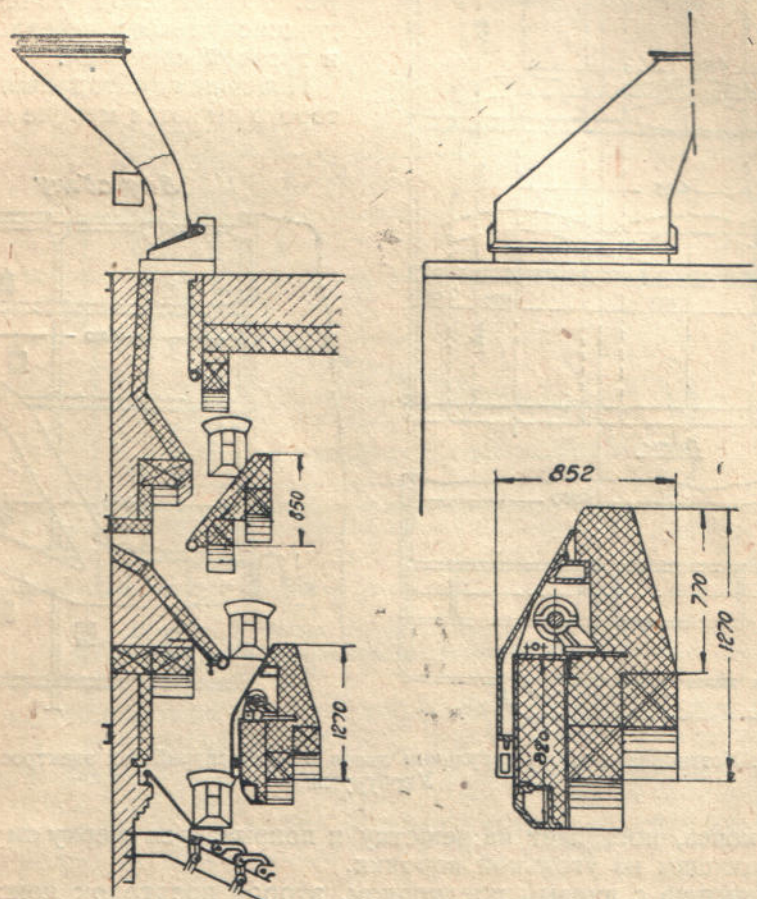


Рис. 12. К изменениям котлов Александрийской электростанции Укрбургля. Общий вид и детали шахты.

крывает подсушенную мелочь, поступающую на решетку из вспомогательной шахты.

Описанное устройство отличается значительной сложностью и потому не может быть рекомендовано для бурого угля УССР.

Значительно удачнее устроен второй предтопок Арбатского (рис. 15), принцип работы и конструктивное оформление которого несколько отличаются от первого предтопка.

В этом предтопке, в отличие от первого, не производится отделение мелочи от более крупных кусков топлива.

¹ Журнал „Энергетика“, № 2, 1936.

Угольная воронка (бункер) предтопка, в котором расположена чечевицеобразная камера, является подсушивающей шахтой, где происходит подсушка как мелких, так и крупных кусков топлива. Подсушка производится топочными газами, просасываемыми вентилятором через тонкий слой топлива, находящийся между чечевицеобразной и газовой камерами.

Подсушенное топливо, среди которого имеются мелкие накалинные

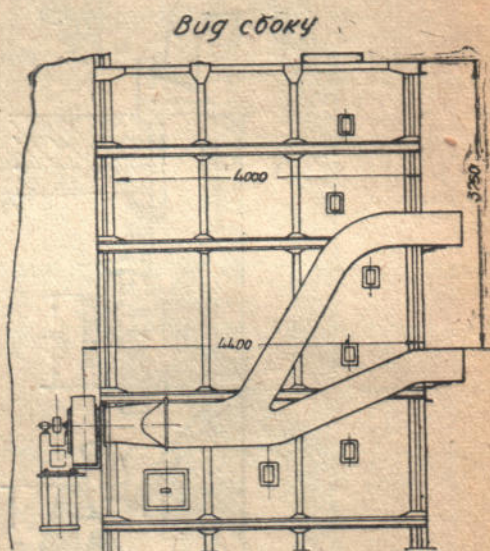
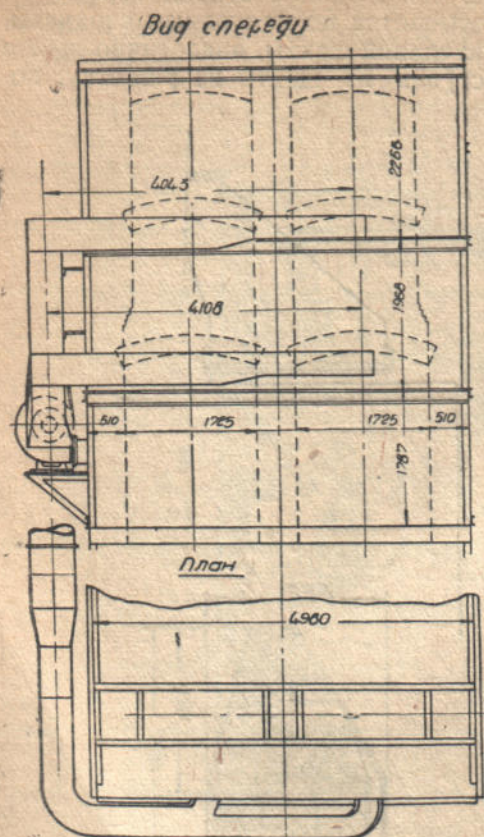


Рис. 13. Установка для рециркуляции газов в Александрийской электростанции Укрбургля.

частицы кокса, поступает на решетку и покрывается сверху сырым топливом, выходящим из угольной воронки.

По сравнению с первым предтопком, второй предтопок конструктивно менее сложен; кроме того, он обеспечивает достаточно надежную под-

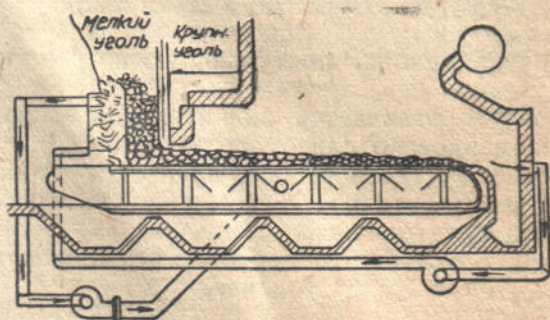


Рис. 14. Предтопок Арбатского для бурых углей с подсушкой слоя дымовыми газами.

сушку топлива и создает устойчивый очаг горения на решетке; поэтому его можно рекомендовать к применению при сжигании бурых углей СССР.

3. Интересный, принципиально совершенно правильный метод интенсификации подсушки топлива, осуществлен в топке Рабиновича Д. И. Эту топку можно рассматривать, как топку с подсушивающей „шахтой“, в которой топливо не передвигается медленно по сводам, как в обычной шахте, а пролетает, встречаясь с горячими топочными газами. При этом ис-

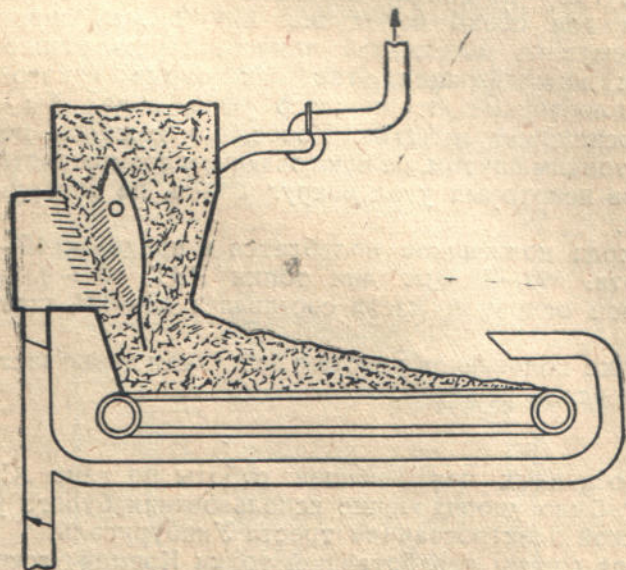


Рис. 15. Механическая топка с цепной решеткой и предтопком системы Арбатского для сырых бурых углей.

пользуется в полной мере передача тепла как лучеиспусканием, так и конвекцией. Эта топка могла бы работать при условиях: 1) подачи топлива при высокой степени равномерности и 2) равномерного распределения струи топлива по всей ширине топки. Этим основным обстоятельствам при испытаниях топки, видимо, не было уделено достаточно внимания, что и задержало распространение этого вида топки¹.

VII. Топки с наклонно-переталкивающими решетками

Работа кочегара по перемещению слоя от верхней части решетки к шлаковому колоснику может быть заменена или поступательным (цепная решетка) или возвратно-поступательным (наклонно-переталкивающая решетка) движением колосников.

Если для топлив с золой, плавящейся при невысокой температуре, как, например, для торфа, целесообразно применение цепной решетки (двойное полотно), то для топлива с тугоплавкой золой, в частности для бурого угля СССР, оказывается возможным применение решеток наклонно-переталкивающих.

¹ Понятно, что топка такого рода вряд ли выдержит конкуренцию с камерными шахтно-вентиляторными и шахтно-мельничными топками.

В решетках такого рода обычно все колосники одного ряда перемещаются одновременно, причем важно, чтобы при движении колосника вперед производилась полная очистка нижележащего неподвижного колосника, а при движении назад — полная очистка самого подвижного колосника.

Колосники имеют ширину 30 мм (Зейбот), 90 мм (РЭТ) и больше (Каблиц). Один конец (задний) подвижного колосника свободно опирается на балку, другой — на спинку нижележащего неподвижного колосника.

Основанием для столь небольшой (30—90 мм) ширины колосников является стремление обеспечить прилегание колосников одного ряда к колосникам нижележащим, так как отрыв какого-либо зажатого соседними колосниками от нижнего ряда повел бы к образованию щели в колосниковом полотне. Колосники каждого подвижного ряда стягиваются тонким прутком, не исключающим возможности поворачивания колосников на некоторый угол вокруг балки, на которую опираются их задние концы.

Величина хода колосников колеблется в пределах 45—85 мм для решетки Зейбота, 60—75 мм для топки РЭТ, 0—90 мм для топки Каблица. Уклон основной части составляет 13—30°, шлаковых колосников — 7—10°.

Передвижение колосников вместе с действием дутья заставляет топливо перемещаться вдоль решетки.

Одной из основных целей нашей работы по теме „Сжигание бурых углей УССР“ было упорядочение использования бурого угля котельной Александрийской электростанции треста Укрбуруголь.

В отличие от совсем неработавшей топки Кременчугской электростанции, решетка РЭТ Александрийской станции работала при вполне ручном обслуживании (при выключенных редукторах).

На основе результатов испытания решетки РЭТ, проведенного инж. инж. Смирновым Г. В. и Хахаевым в котельной Калужской ГЭС (рис. 16), а также осмотра топок Кременчугской и Александрийской станций и испытания топки последней 23/VII 1937 г., была установлена возможность упорядочения работы этих топок при небольших затратах на изменения.

Вся работа, проведенная в котельной Александрийской электростанции, разделяется на такие части:

а) предварительное испытание 23/VII 1937 г. котельного агрегата № 2 (Бабкок и Вилькокс $H_k = 400 \text{ м}^2$ без воздухоподогревателя);

б) разработка мероприятий, улучшающих работу топки и котла;

в) второе испытание котла № 2 Александрийской ЦЭС 19/IV 1938 г.;

г) разработка, на основе испытания агрегата № 2, мероприятий, улучшающих работу котельного агрегата № 3 (подсушка топлива в шахте; модернизация ребристого воздухоподогревателя, изменение кожуха дымохода и вентилятора);

д) проведение двух испытаний котла № 3 с целью проверки целесообразности осуществленных мероприятий и выявления величины экономии топлива.

1. Колосниковые решетки РЭТ, установленные в котельных Кременчугской ($H_3 = 400 \text{ м}^2$, $H_{ne} = 125 \text{ м}^2$, $H_s = 1600 \text{ м}^2$) и Александрийской ($B \text{ и } B = 400 \text{ м}^2$, $H_{ne} = 160 \text{ м}^2$, $H_s = 1200 \text{ м}^2$) электростанций, обладают целым рядом недостатков как конструктивных, так и обусловленных изготовлением и сборкой.

Основные недостатки решетки следующие:

- 1) несоответствие угла уклона основной части колосникового полотна свойствам бурого угля;
- 2) неудачная конструкция колосников в отношении форм, размеров и размещения отверстий;
- 3) неудачно выбранное живое сечение отдельных зон решетки.

Рассмотрим эти недостатки подробнее.

1. Основная часть решетки длиной около 4200 мм установлена вся под углом 25°; этот угол является слишком большим для рядового угля,

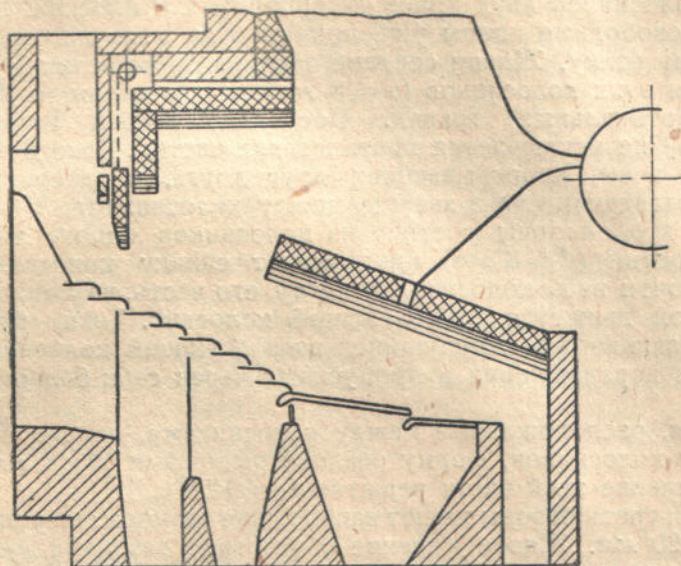


Рис. 16. Топка котла ЛМЗ-250 м², установленного в котельной Калужской электростанции.

вследствие чего даже при ручном обслуживании решетки наблюдается скатывание крупных недогоревших кусков топлива в шлаковую воронку.

Приведение колосников в движение ведет (при напряжениях решетки $\frac{B}{R} = 270-300 \text{ кг/м}^2/\text{час}$ на холодном воздухе) к транспортированию значительных количеств недогоревшего топлива в шлаковый бункер.

Такое явление, послужившее причиной резкого повышения расхода топлива, наблюдалось при опытах в Александрии и при испытаниях топки РЭТ, проведенных в г. Кременчуге бригадой Оргэнерго.

При испытаниях явление „сбрасывания“ топлива повторялось довольно часто и проходило следующим образом: в то время как кочегар скребком перемещает топливо по решетке, происходит иногда перебрасывание значительных количеств топлива с верхних частей решетки на нижние. Воспламенение мелочи при этом ведет к повышению давления в топке, вследствие чего при сбрасывании наблюдается иногда весьма сильное выбивание газов из всех отверстий топки. В некоторых случаях явление это достигает такой силы, что часть топлива сваливается в шлаковый бункер.

Нижняя часть слоя утолщается, верхняя же часть решетки нередко вовсе оголяется. Сбрасывание является крупнейшим недостатком решетки, так как оно ведет к общему резкому ухудшению работы топки, вызывающему увеличение: а) содержания горючего в шлаках; б) потери на химический недожег; в) количества летучей золы и потери в уносе и г) коэффициента избытка воздуха.

Слишком быстрому продвижению топлива по решетке, очевидно, способствует также недостаточная гибкость управления решеткой, в частности невозможность изменения величины хода колосников.

2. Решетка разделяется на 3 зоны: первая от топливного шибера состоит из колосников двух типов — коробчатых и плоских.

У обоих свободные концы уже примерно на 5 мм против концов, опирающихся на балку. Живое сечение этой части решетки $i_I = 14,3\%$.

Отверстия этих колосников ($d = 8$ мм) расположены на боковых и передних (вертикальных) гранях. Поскольку стенки колосника тонки ($S = 12$ мм)¹ не исключается проваливание частиц. Конструкция колосников первой зоны, перекрывающих друг друга, предусматривает уменьшение проваливания через зазоры между колосниками.

Полотно второй зоны состоит из колосников одного типа. Основная часть отверстий ($d = 8$ мм) прорезывает спинку колосника. Отверстия занимают почти весь колосник, даже ту его часть, на которую опирается и по которой движется вышележащий колосник. Таким образом, отверстия, попадающие под движущийся вышележащий колосник, очищаются при каждом передвижении и пропускают через себя большое количество топлива².

Отверстия, расположенные между колосниками, имеют, при идеальном выполнении колосников, форму овалов³ размерами 13×8 мм.

Живое сечение этой части решетки $i_{II} = 12,9\%$.

Колосники третьей зоны имеют наибольшие размеры: ширина $b = 125$ мм, длина $l = 920$ мм. Живое сечение образовано зазорами между колосниками и круглыми отверстиями, диаметром всего 5 мм, и составляет $i_{III} = 8,7\%$.

3. Живое сечение отдельных зон решетки выбрано неудачно: для решеток, состоящих, как в данном случае, из плитчатых колосников со щелями, живое сечение должно составлять 5—8%⁴. Колосники решетки Зейбота, например, имеют живое сечение, примерно, 9,4%.

С другой стороны, распределение отверстий решетки по ее длине не соответствует условиям работы различных частей слоя — живое сечение решетки уменьшается от начала ее к концу ($i_I = 14,3\%$, $i_{II} = 12,9\%$, $i_{III} = 8,7\%$), а не наоборот, как следовало бы. Живое сечение первой и второй зон должно быть уменьшено, а третьей — увеличено.

Решетки РЭТ, изготовленные заводом им. Калинина в Киеве и установленные под котлами Кременчугской и Александрийской электростанций, имели, кроме описанных конструктивных, еще целый ряд дефектов, обусловленных неудовлетворительным монтажом и сборкой решеток.

¹ "Тело" колосника Зейбота в той части, где расположены отверстия, имеет толщину $S =$ длине отверстия $= 40-45$ мм.

² В данном случае проваливание обуславливается не только очисткой отверстия, но и пересыпанием частиц топлива при движении колосника к фронту топki.

³ Боковые поверхности колосников имеют полукруглые углубления.

⁴ Мюнцингер Ф., Паротехника, 1936, стр. 248.

Так, в шлаковых колосниках топок Александрийской электростанции часть отверстий (по проекту круглые дыры $d=5$ мм) закрыта при отливке, часть же имеет диаметр меньший 5 мм; таким образом образуемое отверстиями живое сечение оказывается меньшим запроектированного.

Вместе с тем зазоры между колосниками имеют такие размеры (котельный агрегат № 2, правая топка, верхний ряд третьей шлаковой зоны): 15—1—4—28—8—5—12—0,5—10—7—3—6—30 мм.

Лишь зазоры между колосниками дают для этой зоны живое сечение $i_{ш} = 11\%$. В этом ряду из 13 зазоров почти половина имеет совершенно недопустимую величину, в шесть раз превышая диаметр отверстия колосника.

В следующем, нижнем ряду третьей зоны, также имелось два зазора, ширина каждого из которых превышала 20 мм (котельный агрегат № 2, правая топка, вторая зона, второй снизу ряд): 15—5—2—3—5—10—4—7—10—8—13—4—3—3—2—10—3—13—10 мм.

Поскольку на боковых гранях колосников имеются полукруглые углубления $d=8$ мм, наибольшая величина промежутков между колосниками достигает $15 + 8 = 23$ мм, иначе говоря, почти втрое превышает величину отверстий.

Зазоры между колосниками первой зоны также недопустимо велики (правая топка, первая зона, нижний подвижной ряд): 10—7—0—19—12—13—3—15—2—18—3—27—10—7—5—3—10—0 мм.

Поэтому, несмотря на то, что колосники этой зоны перекрывают выступами друг друга, при зазоре величиной, например, 27 мм выступ перекрывающего колосника оказывается недостаточным и между колосниками зияет щель.

Описанные недостатки решеток исключали возможность нормальной работы топок. Даже при чисто ручном обслуживании, при стоявших редукторах, потери на механический недожег (в основном провал) превышали 5%.

Приведение в движение колосников решетки настолько увеличивало провал топлива через зазоры решетки, что в зольнике образовывался мощный очаг; это, в свою очередь, вело к разрушению приводных рычагов решетки и ее опорных балок¹.

Электростанция приняла указания относительно упорядочения решетки и дополнила их; в частности, ею предложено было для уменьшения числа зазоров между колосниками сваривание трех колосников в один². Эту меру надо признать весьма простой и остроумной.

Теплотворная способность очаговых остатков при опыте 19/IV 1938 г. не определялась, однако по количеству этих остатков и по содержанию в них горючего можно судить, что потеря на механический недожег колебалась в пределах 5—9%, из которых, примерно, $\frac{2}{3}$ приходится на потери в провале и $\frac{1}{3}$ — на потерю в шлаках.

Данные систематических анализов показывают, что в настоящее время при ручном обслуживании потеря в провале практически равна нулю; содержание же горючего в шлаках доведено, благодаря установлению по инициативе станции премии за выжигание очаговых остатков, до 2—2,5%. Таким образом, потеря на механический недожег (без уноса) не превышает сейчас 0,4—0,6%.

¹ Явление такого рода наблюдалось при пуске топки котла № 3.

² Московская контора Оргэнерго применяет для уменьшения провала колосники с напуском.

По данным результатов заключительных испытаний котельного агрегата № 3 эта потеря составляет, примерно, 3% при нагрузке ~ 15 т/час.

2. **Топочная камера и газоходы.** Скорость зажигания определяет ход всего горения. При сжигании сравнительно тонким слоем (порядка 250—300 мм), при небольшом уклоне колосниковой решетки, основное значение приобретает передача тепла поверхности слоя.

При существующей конструкции подсушивающей шахты в топочной камере подсушка идет плохо, что ведет к плохому горению; об этом можно судить по цифрам удельного расхода топлива за 1937 г.

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Удельный расход топлива кг/квтч	8,3	7,4	6,5	5,7	5,7	8,0	6,5	7,5	7,5	6,4	9,4	7,2

Увеличение расхода топлива, наблюдаемое в зимние месяцы, следует отнести за счет повышенной влажности и резкого ухудшения горения, главным образом за счет ухудшенного розжига.

Наклонный свод недостаточно отклоняет поток продуктов горения к слою топлива — скорость газов в наиболее узком месте едва превышает $W=4$ м/сек. Для интенсификации работы верхней части зеркала горения целесообразно:

а) сооружение у верхнего конца свода перегородки, которая бы отклонила поток газов к слою и б) удлинение наклонного свода для приближения потока газов к окнам шахты. Первое из этих мероприятий осуществлено станцией перед заключительными опытами.

Значительно вредило работе котла перетекание газов через отверстие, предназначенное для спуска золы с наклонного свода во второй газоход непосредственно из топки мимо первого газохода.

Как показывает сравнение результатов опытов № 1 и № 2 (см. табл. 5), предупреждение перетекания через это отверстие газов, которое станция осуществила установкой шиберов в колодце под вторым газоходом, дало повышение степени использования топлива ~ на 5% за счет снижения потери в отходящих газах.

3. **Сушильная шахта.** Предложенные изменения шахты описаны в предыдущей главе. Изменение шахты, ввиду громоздкости его, не было осуществлено.

Перед последними опытами проведено лишь увеличение окон в шахту путем удаления концов ее сводов. Величина удаляемых частей сводов была установлена при осмотре заполненной углем шахты из топки.

4. **Воздухоподогреватель.** Котел № 3 Александрийской ЦЭС оборудован ребристым воздухоподогревателем типа Каблиц. Такой же воздухоподогреватель изготовлен, но пока не установлен к котлу № 2. Монтаж воздухоподогревателя по проекту, разработанному Укркоммуэнергостроем, производился Харьковской конторой монтажно-технического треста.

Вследствие целого ряда конструктивных недостатков, а также ряда грубых ошибок при проектировании и монтаже, воздухоподогреватель с момента его установки фактически не работал, если не считать 10—15 дней, в течение которых он оказался забитым летучей золой и был выключен из работы. Ввиду этого, а также принимая во внимание, что

в котельной Кременчугской ГЭС аналогичный воздухоподогреватель был также забит золой, Александрийская ЦЭС задержала установку имевшегося на складе такого же воздухоподогревателя к агрегату № 2.

Решено было испытаниями установить возможность использования ребристого воздухоподогревателя в данных условиях с тем, чтобы решить вопрос установки имеющегося на складе такого же воздухоподогревателя к агрегату № 2.

Основным недостатком воздухоподогревателя системы Каблиц является чрезмерная загроможденность газового канала ребрами; ширина промежутка между ребрами 18 мм при высоте ребра $h = 55$ мм. При работе на топливе, дающем значительное количество летучей золы, это приводит к катастрофически быстрому забиванию золой газовых каналов. В данном случае, при слоевой топке, немалое значение имеют: а) характерная для слоевой топки неполнота горения — конденсация продуктов разложения топлива и б) содержание в угле серы, влияющее на снижение температуры точки росы¹.

Изучение этого вопроса показало:

1) поверхность нагрева воздухоподогревателя котла № 3 совершенно не соответствует нагрузке котла (котел Б и В $H_k = 400$ м², работающий при паросъеме $D = 10$ т/час, воздухоподогреватель поверхностью нагрева $H_g = 1200$ м²)²;

2) обдувочное устройство в том виде, в каком оно выполнено, неудовлетворительно (отсутствие приспособления для спуска конденсата из паропроводов, малые отверстия обдувных труб, неточности сборки обдувного устройства);

3) при проектировании воздухоподогревателя проектанты совершенно не учли особенности бурого угля давать значительные количества летучей золы. Проект не предусматривает элементарных мероприятий по осаждению золы.

Перерасчет воздухоподогревателя, произведенный на основании материалов, полученных при испытаниях котла № 2, показал целесообразность уменьшения его поверхности нагрева вдвое (рис. 17). По конструктивным соображениям поверхность нагрева уменьшена на $\frac{1}{3}$ ($H_g = 800$ м²).

Одновременно с уменьшением поверхности нагрева проведен был ряд мер для осаждения летучей золы.

5. **Дымосос.** Котельный агрегат № 3 не мог развивать такой мощности, как агрегат № 2, в силу недостаточной тяги, несмотря на то, что при одинаковых диаметрах роторов ($D = 1200$ мм) дымосос котла № 3 работает при повышенном числе оборотов ротора (720 об/мин против $n = 580$ об/мин для котла № 2). Причиной неудовлетворительной работы дымососа была неудачная форма кожуха — улитка с горизонтальным выходом. Дымосос смонтирован таким образом, что язык улитки выходит на ~ 400 мм за горизонтальную ось (см. рисунок), сужая выхлопное отверстие. Промежуток между ротором и кожухом в наиболее узком месте составляет ~ 150 мм. Это вело к перетеканию газов под язык и к потере напора.

¹ Шкроб М. С., Новейшие типы золоулавливающих и сероулавливающих устройств, Труды германского государственного угольного совета, 1934, стр. 108: „Целым рядом исследований установлено, что точка росы дымовых газов при наличии в последних серы повышается иногда на 50—55° С“.

² А не 1016 м², как предполагалось до разборки воздухоподогревателя.

Поворот кожуха дымососа на 90° только отчасти исправил бы недостатки устройства, не устранив дефектов улитки.

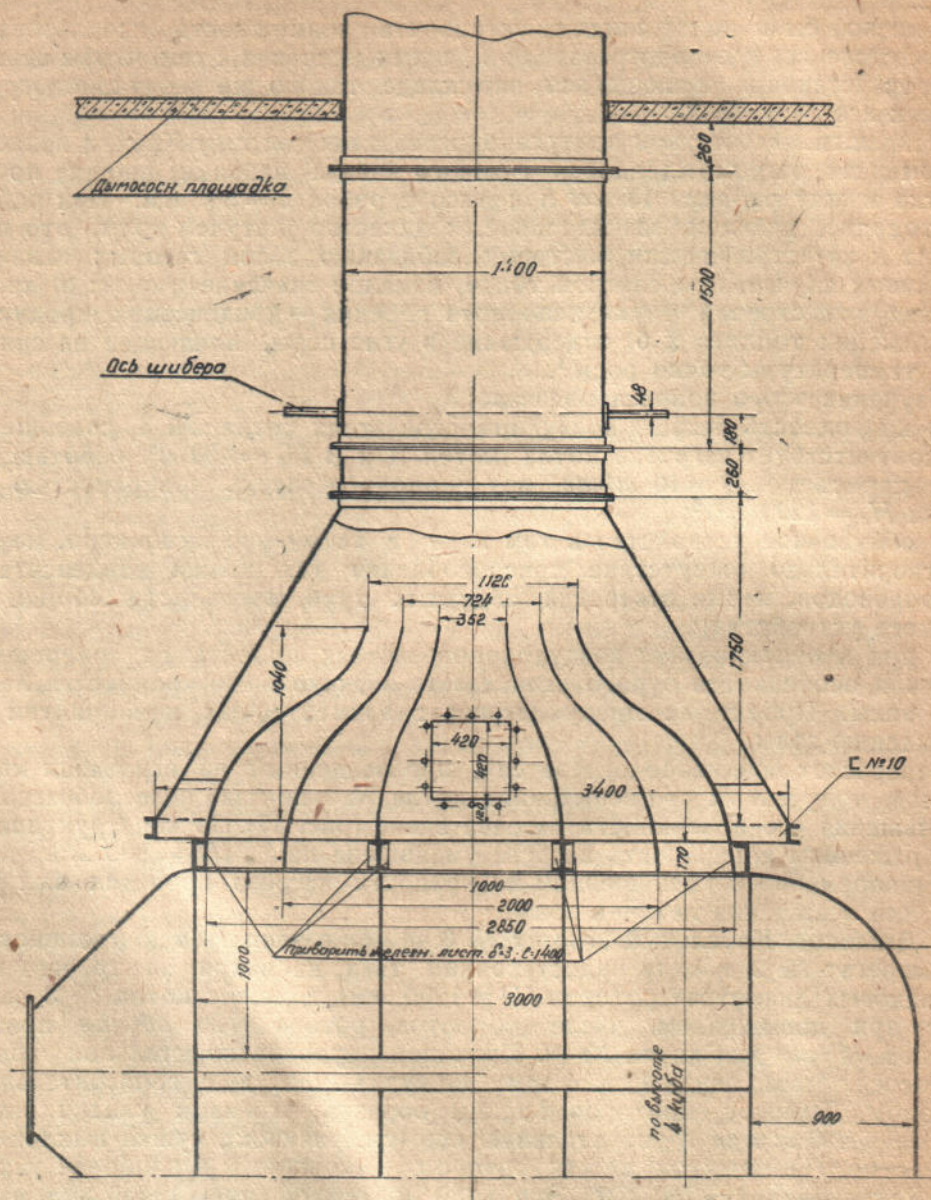


Рис. 17. Воздухоподогреватель котла № 3 Александрийской электростанции после переделки.

Предложено было вырезать, не изменяя положения кожуха, существующий язык и варить в имеющийся кожух фальшивые листы, придав улитке целесообразную форму (рис. 18).

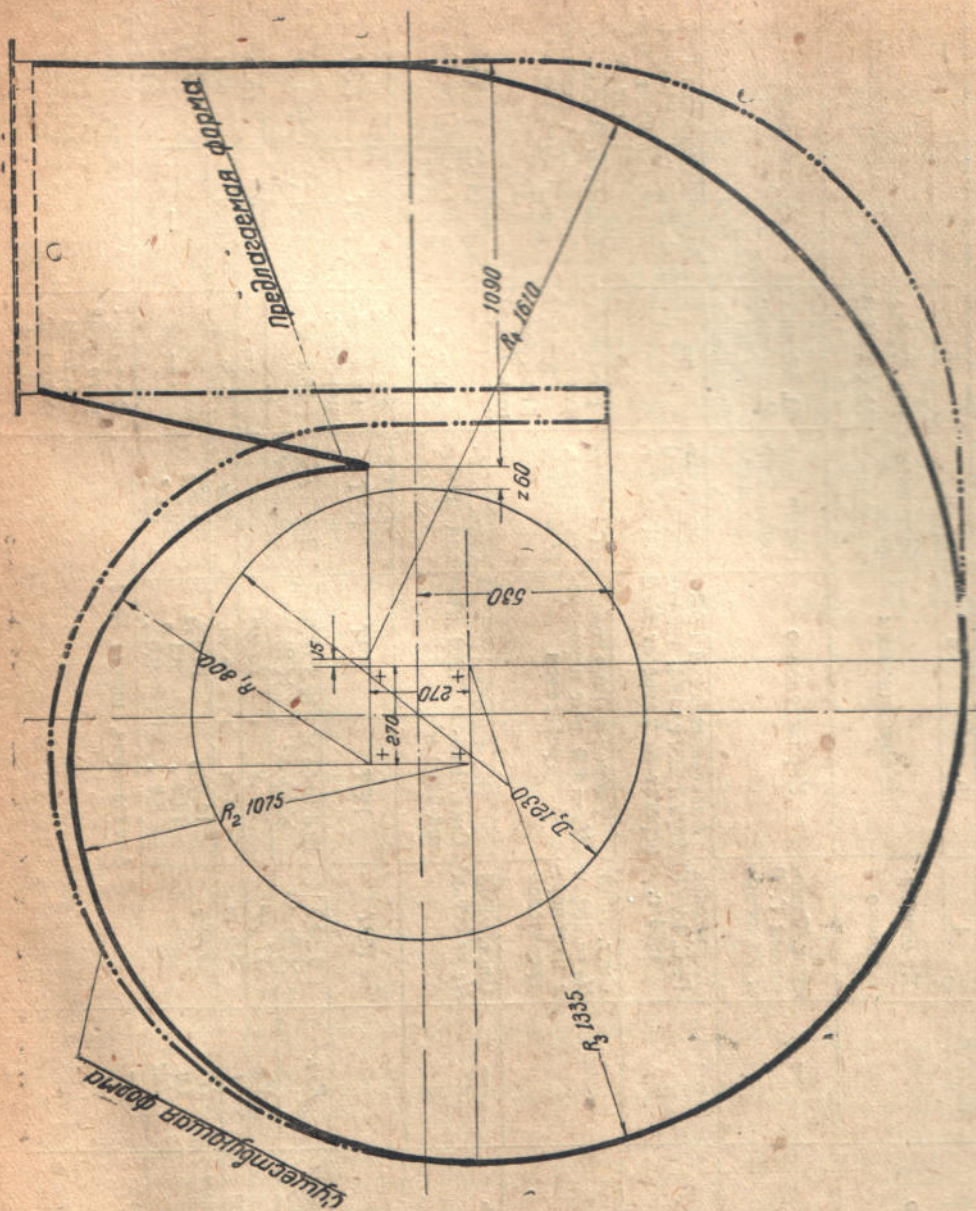


Рис. 18. Эскиз изменения кожуха дымохода котла № 3 Александрийской ЦЭС.

VIII. Сжигание бурого угля в камерных топках

В качестве объекта для ознакомления с особенностями сжигания бурого угля в камерной топке была взята Кировоградская электростанция НККХ УССР.

Один из котлов этой станции, а именно котел № 3 системы Стерлинг, был подвергнут испытанию с целью получения основных показателей, характеризующих работу котла и топки, а также для выявления до-

Результаты испытания топок с наклонно-переталкивающими решетками

	1	2	3	4	5	6	7
1	Где опубликовано	Не опубликовано	Не опубликованы	Вестник чехословацкаго, № 4, 1938	Die Wärme, № 30, 1938	Не опубликованы	
2	Кем проведен опыт	Инж. Смирнов Г. В. и Хахаевым	Украинстопливо	Центр. контора "Оргэнерго"	G. Wagner Rostfeuringen für Braunkohle	Украинстопливо	
3	Где проведен, дата	Калужская ГЭС, 16/VIII 1934 г.	Александррийская ГЭС 23/VIII 1937 г., 19/II 1938 г., агрегат № 2 агрегат № 2	Кременчугская ГЭС XII 1937 г.	—	Александррийская ГЭС 21/I 1939 г.	21—22/II 1939 г., агрегат № 3
4	Котел	Сист. ЛМЗ $H_k = 250 \text{ м}^2$ с пароперегревателем	Бабкок и Вилькоккс с пароперегревателем	НГЗ 400 м^2 перегрев. $H = 125 \text{ м}^2$	Горизонт. водотр. $H_k = 300 \text{ м}^2$ перегревателем 150 м^2	Бабкок и Вилькоккс $H_k = 400 \text{ м}^2$ перегревателем $H = 160 \text{ м}^2$	
5	Воздухоподогреватель	Сист. ЛМЗ $H_0 = 300 \text{ м}^2$	(Не работает) Сист. Каблиц 1200 м^2	Сист. Каблиц 1600 м^2	нет	Сист. Каблиц $H_0 = 805 \text{ м}^2$ не работает	Работает $H_0 = 805 \text{ м}^2$
6	Топка	РЭТ	РЭТ	РЭТ	Механич. наклонно-переталк.	РЭТ	РЭТ
7	Площадь зеркала горения	$9,0 (4,5 \times 2) \text{ м}^2$	$19,3 (9,65 \times 2) \text{ м}^2$	$19,3 (2 \times 9,65) \text{ м}^2$	16,5 м^2	19,3 (9,65 \times 2) м^2	
8	Объем топки	27 м^3	75 м^3	75 м^3	—	75 м^3	75 м^3
9	Длина зеркала горения	4,5 м	6 м	6 м	5,35 м	6 м	6 м
10	Живое сечение по зонам	7,00%	14,30% 12,9 " 8,0 "	10,50% 8,1 " 9,0 "	—	—	10,50% 8,1 " 9,0 "
11	Месторождение (шахта)	—	Александррия, шахта № 2	Александррия, шахта № 2	Отсев бурого угля частицы меньше 10 мм	Александррия, шахта № 2	

	1	2	3	4	5	6	7
Где опубликовано	Не опубликовано	Не опубликовано	Не опубликованы	Вестник ко-чегара, № 4, 1938	Die Wärme, № 30, 1938	Не опубликованы	
12 Влажность	W_p	51,320%	50,830%	53,820%	57,820%	52,750%	51,740%
13 Зольность	A_p	15,59%	13,70%	12,760%	1,750%	13,480%	11,110%
14 Зольность сухого топлива	A_c	31,09%	28,140%	27,50%	4,150%	28,520%	23,020%
15 Теплоотворная способность горючей части	Q_N^2	6380 кал/кг	6300 кал/кг	6400 кал/кг	6100 кал/кг	6343 кал/кг	6114 кал/кг
16 Теплоотворность рабочего топлива	Q_N^p	1823 кал/кг	1934 кал/кг	1826 кал/кг	2106 кал/кг	1978 кал/кг	1933 кал/кг
17 Ход решетки	h	50 мм	60—75 мм	60—75 мм	—	60—75 мм	—
18 Число ходов в минуту	скорость в I зоне II * III * IV *	1,5 хода/мин. 2,5 * 4,5 * 6,0 *	Решетка не работала Регулирующий толщину слоя шибера отсутствует	Решетка работала	Решетка приподнялась в движение лишь в течение весьма коротких промежутков времени	Решетка приподнялась в движение лишь в течение весьма коротких промежутков времени	Решетка приподнялась в движение лишь в течение весьма коротких промежутков времени
19 Часовой расход топлива	B	4250 кг/час	5250 кг/час	6000 кг/час	4910 кг/час	8015 кг/час	7820 кг/час
20 Весовое напряжение зерна кала горения	$\frac{B}{R_{з.з.}}$	473 кг/м ² /час	272 кг/м ² /час	304 кг/м ² /час	304 кг/м ² /час	415 кг/м ² /час	405 кг/м ² /час
21 Тепловое напряжение зерна кала горения в кал/м ² /час	$\frac{B \cdot Q_N^p}{R_{з.з.}}$	860 · 10 ⁸	526 · 10 ⁸	555 · 10 ⁸	640 · 10 ⁸	821 · 10 ⁸	807 · 10 ⁸
22 Напряжение топочного пространства в кал/м ² /час	$\frac{B \cdot Q_N^p}{V_m}$	263 · 10 ⁸	135 · 10 ⁸	125 · 10 ⁸	—	182,6 · 10 ⁸	196 · 10 ⁸
23 Паросъем	D кг/час	6350	8800	12 250	12 990	15 700	16 080
24 Напряжение поверхности нагрева	$\frac{D}{H_N}$ кг/м ² /час	25,4	22,0	30,6	43,3	39,3	40,2
25 Давление в зольнике в мм водяного столба	S_z	38,5	Левая 26,2 Правая 36,0	—	—	I зона 36,9 II зона 44,9 III зона 44,7	I 43,4 II 42,0 III 45,7
26 Разрежение в толке в мм водяного столба	S_m	6,7	Левая 1,4 Правая 1,3	—	0,9	Правая 3,67 Левая 1,62	1,54 1,0

		1	2	3	4	5	6	7
	Где опубликовано	Не опубликовано	Не опубликованы	Не опубликованы	Вестник котлегар, № 4, 1938	Die Wärme, № 30, 1938	Не опубликованы	
27	Температура отходящих газов за котлом в °С	320	410	297	—	—	322	331
28	Температура газов за воздухоподогревателем в °С	160	Воздухоподогреватель не работает		—	—	—	247
29	Содержание CO в дымовых газах в %	0,84	1,09	1,12	—	—	—	1,17
30	Коэффициент избытка воздуха	1,38	1,76	1,84	—	—	—	1,31
31	Испарительность топлива по нормальному пару в кг/кг	1,5	1,435	1,68	2,04	2,63	1,962	2,06
32	Использовано тепла в котле в %	40,9	47,0—51,2	49,86	—	57,2	57,05	59,45
33	Использовано тепла в регревателе в %	6,1		5,64	—	—	12,5	6,41
34	Использовано тепла в воздухоподогревателе в %	11,9	Не работает		12	—	—	5,45
35	Использовано всего тепла в %	58,9	51,2	55,5	71,0	69,7	63,46	71,45
36	Потеря тепла в отходящих газах в %	8,1	32,1	23,67	9,32	23,1	19,07	15,08
37	Потеря тепла в недогоревших газах в %	4,45	6,35	6,46	6,83	0	8,66	5,39
38	Потеря тепла от механического недожога в %	6,91 + унос 12,64	5,35	4,64	9,07	унос 0 + 0 + 1,72	4,87	3,95
39	Остаточный член	4 + 4 = 8,0	3 + 2 = 5,0	9,731	3,78	5,48	3,94	4,13
40	Коэффициент полезного действия топки	0,72	0,853	0,859	0,811	0,95	0,849	0,891

1 Повышение остаточного члена вызвано работой котла при растущем паростеме.

стойнств и недостатков подсушивающего устройства, работающего по разомкнутому циклу.

Данная установка была спроектирована в 1931 г. Украинским научно-исследовательским институтом промышленной энергетики в Харькове.

Однако, монтаж всего оборудования для сжигания бурого угля на Кировоградской электростанции был закончен только в 1936 г., когда котел вступил в эксплуатацию.

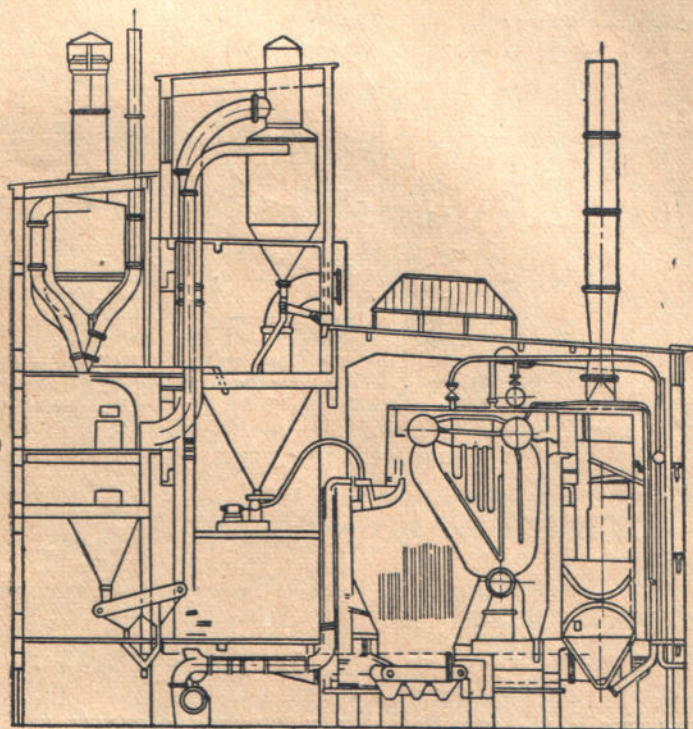


Рис. 19. Общий вид установки для сжигания кировоградского бурого угля во взвешенном состоянии.

Наладочные работы и испытания котла, после окончания монтажа, производились кафедрой теплотехники Харьковского механико-машиностроительного института в 1936 г.

Результаты этих испытаний, для сравнения с результатами пробного сжигания, произведенного Укринстопливом в августе 1938 г., приводятся ниже в виде отдельной таблицы. В этой же таблице приводятся и данные испытания, произведенного Укринстопливом.

Испытанию подвергался трехбарабанный котел сист. „Стерлинг“ производства Невского машиностроительного завода: $H_k = 600 \text{ м}^2$, $P_k = 18 \text{ атм.}$, поверхность нагрева экрана $H_{эк} = 60 \text{ м}^2$.

Расчетная производительность: норм. — 21 т/час , макс. — 27 т/час , $t_{пл} = 400^\circ \text{С}$.

Котел оборудован камерной топкой типа ВТИ для сжигания бурого угля во взвешенном состоянии. Объем топочной камеры $V = 131 \text{ м}^3$ (рис. 19).

Подача пыли в топку производится через пять горелок типа Лопушко-ВТИ, производительностью каждая 3 т/час, установленных в потолочном подвесном своде топки.

Для пуска в работу топка оборудована четырьмя паромазутными форсунками.

В нижней части топки расположена дожигательная решетка размерами $3,8 \times 0,6 \text{ м} = 2,3 \text{ м}^2$.

Рекомендуемые изменения схемы

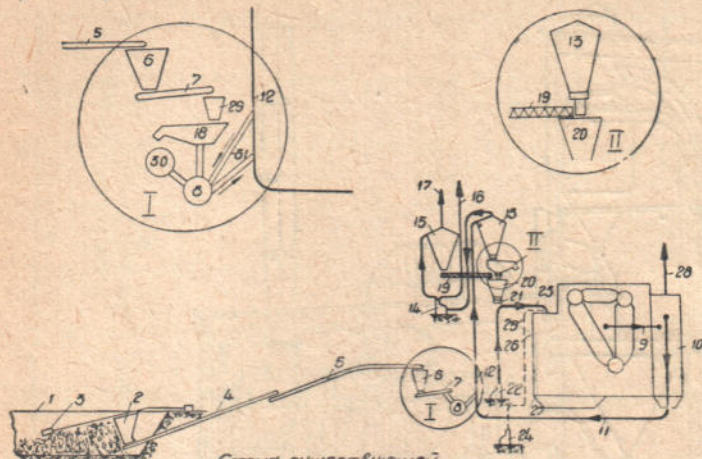


Схема существующей топливоподачи и пылеприготовления

31	Трубопровод с возвратом крышки кустов топлива из трубы-сушилки в забрасыватель
30	Абразилка
29	Промежуточный бункер
28	Дымовая труба
27	Литые под решетку
26	Воздуховод добавочн. воздуха
25	Воздуховод вторичн. воздуха
24	Вентилятор вторичн. воздуха
23	Трубопровод азароснеси
22	Вентилятор первичн. воздуха
21	Шнековый питатель сушенки
20	Бункер сушенки
19	Шнек II циклонов
18	Механическое сито/трясун
17	Выхлопн. труба циклона II
16	Выхлопн. труба нитро II циклона
15	Циклон II
14	Экватор
13	Циклон I
12	Труба-сушилка
11	Газопровод к сушилкам
10	Защелкивающая камера
9	Обводной газопровод
8	Забрасыватель
7	Транспортер
6	Бункер сырого угля перед сушилк.
5	Малый ленточн. транспортер
4	Большой ленточн. транспортер
3	Скрепер
2	Бункер
1	Угльная яма
NN	Изменения

Рис. 20. Существующая схема топливоподачи и пылеприготовления на Кировоградской электростанции и рекомендованные Украинтопливом изменения схемы.

Экраны, общей поверхностью $N_{\text{эк}} = 160 \text{ м}^2$, расположены на боковых стенках топки (33 м^2) и в зольной воронке (27 м^2). Во время испытания установки экраны были закрыты шамотными плитами.

Для подачи воздуха в топку установлено два дутьевых вентилятора: один — первичного воздуха — служит и для транспорта пыли в топку; второй — для подачи вторичного воздуха в горелки, добавочного воздуха в топку и воздуха под дожигательную решетку. Зольник решетки разделен на три зоны.

Топливоподача и пылеприготовление (рис. 20) осуществлены следующим образом: на территории станции имеется угольная яма, из которой сырое топливо скрепером подается в бункер. Из бункера топливо двумя последовательными ленточными транспортерами подается в промежуточный бункер, расположенный в котельной над забрасывателем.

Из промежуточного бункера топливо по ленточному транспортеру идет в забрасыватель (метатель), подающий его в трубу-сушилку.

Газы, отбираемые после пароперегревателя, двумя обводными газоходами подаются в размещенную под дымовой трубой и несообщающуюся с газоходами котла золоуловительную камеру; из этой камеры газы

идут к трубам-сушилкам по двум газопроводам. Каждая сушилка оборудована двумя последовательно включенными циклонами.

Тяга осуществляется эксгаустерами, установленными между первыми и вторыми циклонами обоих сушильных устройств.

Сушенка из первого циклона самотеком через механическое сито с ячейками в 12—18 мм поступает в бункер сушенки. Пыль из второго циклона шнеком подается также в бункер сушенки.

Под бункером сушенки установлено 5 шнековых питателей, подающих пыль в горелки. Газы после вторых циклонов направляются в атмосферу. В атмосферу они могут быть направлены и мимо вторых циклонов.

Расчет агрегата предполагает отбор для сушки 65% всех газов при $t = 450^\circ$.

Основные данные об оборудовании указаны в табл. 6. Данные о моторах — в табл. 7.

Таблица 6

№№	Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размер
1	Котел			
	Поверхность нагрева	H_k	м ²	600
	Рабочее давление	P_k	ат	18
2	Пароперегреватель			
	Поверхность нагрева	$H_{пер}$	м ²	280
3	Топка			
	Объем топки	V_t	м ³	131
	Поверхность боковых экранов	$H_{эк}$	м ²	33
	Площадь дожигательной решетки	R	м ²	2,3
4	Горелки			
	Количество на котел		шт.	5
5	Питатели пыли			
	Система		шнек	
	Количество		шт.	5
	Диаметр шнека	D	мм	110/70
6	Сушилка			
	Система	Сушка топлива по разомкнутому циклу газами, отобранными после пароперегревателя		
	Количество		шт.	2
	Диаметр	D	м	0,6
	Высота	H	м	25
	Объем сушилки	V_c	м ³	80
7	Питатели сырого угля			
	Система	Ленточный транспортер		
	Количество		шт.	2

№№	Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размер
8	Ширина ленты	B	m	0,35
	Регулировка производительности	Числом оборотов мотора и шибером над лентой		
8	Забрасыватели сырого топлива			
	Система	Бильные, молоткового типа		
	Количество	D_p	шт.	2
	Диаметр ротора		m	0,8
	Число бил		шт.	6
9	Привод		через ременную передачу от мотора	
	Число оборотов	n	об/мин.	720
9	Тяговое устройство сушилок			
	Система	Высоконапорный эксгаустер, выполненный Кировоградской электростанцией по проекту ЦАГИ		
	Количество	Q	шт.	2
	Производительность		$m^3/час$	42 000
	Полный напор	H_n	m водяного столба	600
	Число оборотов	n	об/мин.	1470

Таблица 7

Место установки	Количество	Мощность мотора в квт	Мощность суммарная в квт	Число оборотов	Примечание
Скреперная лебедка	1	29	29	1 450	перем. ток
Ленточный транспортер большой	1	3,7	3,7	950	"
" " малый	1	3,7	3,7	950	"
" " забрас.	2	2,5	5	950	"
Забрасыватель левый	1	19	19	725	"
" правый	1	22,5	22,5	725	"
Эксгаустер левый	1	147	147	1 470	"
" правый	1	140	140	1 470	"
Лопастный затвор первого циклона (левого)	1	2	2	950	обслуж. также механические сита
Лопастный затвор первого циклона (правого)	1	4	4	950	
Шнеки вторых циклонов	2	1,5	3,0	950	
Питательные шнеки сушенки	5	1,2	6,0	780	пост. ток
Вентилятор первичного воздуха	1	55	55	1 460	перем. ток
Вентилятор вторичного воздуха	1	31	31	720	"
Всего	20		470,9		

Наблюдения предполагалось провести на протяжении 24 часов, т. е. в течение 3 смен; в первой и третьей сменах должно было производиться наблюдение за расходом воды и топлива, а во второй смене — производство всех обычных при испытании котла измерений.

Однако, наладка работы грейферных весов заняла столько времени, что намеченный ранее план проведения работы пришлось изменить, разбив весь опыт на две части: 1) от 18 час. 30 мин. до 24 часов и 2) от 1 часа до 7 час. 30 мин. с записью показаний всех приборов, установленных на котельном агрегате.

Время от 1 часа до 7 час. 30 мин. является временем производства основного опыта, так как за время от 18 час. 30 мин. до 24 часов производились предварительные наблюдения с целью проверки работы приборов.

При испытании котла производились следующие измерения.

Учет расхода топлива производился путем взвешивания каждого десятого грейфера на весах Шенка.

Уголь забирался из угольной ямы грейфером емкостью 1—1,2 т, подавался на весы и после взвешивания ссыпался в бункер сырого топлива, установленный перед большим ленточным транспортером, которым топливо подается в котельную.

Расход питательной воды учитывался при помощи нормальной диафрагмы, установленной на питательной линии котла и ртутного дифференциального манометра. Одновременно производилась запись температуры питательной воды. Измерялось давление пара в котле и температура перегретого пара по термометру, установленному в машинном зале у турбины № 2.

Анализ газов и замеры температуры газов производились в двух точках: за котлом и при выходе из второго циклона.

Учитывались взвешиванием провал, шлаки и унос, удаляемые из бункеров № 1, 2, 3, 4.

Каждые три часа отбиралась средняя проба топлива, провала и уноса и в химической лаборатории станции производился анализ отобранных проб с определением зольности и влажности. Из трехчасовых проб в конце испытания была отобрана одна средняя проба для определения теплотворной способности топлива. Последнее определение производилось в лаборатории технических анализов Укринстоплива.

Во время проведения испытания временами наблюдалось затухание факела, что приводило к необходимости включения в работу мазутных форсунок¹. Общее количество сожженного мазута невелико и составляло 170 кг за 6,5 часов испытания котла.

Результаты испытаний котла сист. Стерлинг, установленного в котельной Кировоградской электростанции, оказались следующими (табл. 8).

Результаты испытания показывают, что котельная установка работает с низким коэффициентом полезного действия (порядка $\eta_k \cong 0,48$), при весьма малом напряжении поверхности нагрева, составляющем 13—14 кг/м² по нормальному пару.

Основной причиной плохой работы топки, а также устройства для сушки угля является отсутствие приспособлений для измельчения кусков бурого угля.

Первый бункер сырого топлива покрыт решеткой с ячейками порядка 100 × 200 мм; промежуточный бункер сырого топлива вовсе не имеет решетки. Таким образом в сушильную систему могут попадать весьма крупные куски угля.

¹ Причиной падения температуры в топке являлось повышение влажности топлива и недостаток (около 6 часов 28/VIII) топлива.

№ п/п	Наименование	Обозначение	Размерность	Цифровые величины			Испытание Укринс-топлива
				Испытание ХММИ			
				I	II	III	
1	Дата опыта	—	—	22/VI 1937 г.	28/VI 1937 г.	2/VII 1937 г.	28/VIII 1938 г.
2	Продолжительность опыта	<i>Z</i>	час	8,0	6,25	7,08	6,5
3	Система дожигательной решетки	—	—	Ц е п н а я			Неподв. колосн.
Т о п л и в о							
4	Род топлива	—	—	Бурый уголь УССР			
5	Месторождение топлива . .	—	—	Кировоград			
6	Элементарный состав топлива:						
	Влага	W_p	%	38,34	37,9	41,23	46,17
	Зола	A_p	%	27,67	27,78	26,15	21,36
	Сера	$\frac{S_p}{S_2}$	%	$\frac{1,65}{4,86}$	$\frac{1,77}{5,16}$	$\frac{1,64}{5,03}$	1,5/4,6
	Углерод	$\frac{C_p}{C_2}$	%	$\frac{20,6}{60,6}$	$\frac{21,02}{61,22}$	$\frac{19,57}{60,0}$	20,3/62,5
	Водород	$\frac{H_p}{H_2}$	%	$\frac{1,93}{5,69}$	$\frac{1,97}{5,74}$	$\frac{1,79}{5,49}$	1,72/5,3
	Азот	$\frac{N_p}{N_2}$	%	$\frac{0,34}{1,0}$	$\frac{0,34}{1,0}$	$\frac{0,33}{1,0}$	0,3/0,9
	Кислород	$\frac{O_p}{O_2}$	%	$\frac{9,47}{27,85}$	$\frac{9,22}{26,88}$	$\frac{9,29}{28,48}$	8,65/26,7
7	Характеристический коэффициент	β	—	0,088	0,095	0,079	0,078
8	Содержание золы в топливе на сухую массу	A_c^m	%	44,88	44,74	44,49	39,68
9	Теплотворная способность	$\frac{Q_n^p}{Q_v^z}$	$\frac{\text{кал}}{\text{кг}}$	$\frac{1462}{5290}$	$\frac{1497}{5340}$	$\frac{1417}{5350}$	$\frac{1625}{6140}$
10	Содержание золы в сушенке на сухую массу	A_c^c	%	54,82	52,76	52,2	50,02
11	Влажность сушенки	W_p^c	%	15,75	15,18	16,56	17,27
12	Теплотворная способность сушенки	$\frac{Q_n^p}{Q_v^z}$	$\frac{\text{кал}}{\text{кг}}$	$\frac{1830}{5395}$	$\frac{1913}{5294}$	$\frac{1948}{5410}$	$\frac{2140}{5700}$
13	Расход бурого угля за опыт	<i>B. з.</i>	кг	87 680	84 690	109 000	43 800
14	Часовой расход бурого угля	<i>B</i>	кг/час	10 960	13 550	15 395	6740
В о д а и п а р							
15	Давление пара в котле . . .	<i>P_k</i>	ат	14,0	17,5	18,0	18,75
16	Температура пара	<i>t_{ne}</i>	°C	374	417,4	418,0	370,0
17	Температура питательной воды	<i>t_{no}</i>	°C	55,2	54,4	45,0	50,0

Табл. 8 (продолжение)

№ №	Наименование	Обозначение	Размерность	Цифровые величины			Испытание У кристи топлива
				Испытание ХММИ			
				I	II	III	
18	Расход воды за опыт . . .	$D. z.$	кг	103 120	104 063	135 940	47 710
19	Часовой расход воды . . .	D	кг/час	12 890	16 650	19 200	7 340
20	Удельный паросъем видимый	$\frac{D}{H_k}$	кг/м ² /час	21,5	27,8	32,0	12,2
21	Удельный паросъем по нормальному пару	$\frac{D(i-t_{нв})}{H_k \cdot 640}$	"	23,8	31,8	37,1	13,6
22	Испарительность топлива видимая	$\frac{D}{B}$	кг/кг	1,18	1,23	1,25	1,09
23	Испарительность топлива по нормальному, пару	$\frac{D(i-t_{нв})}{B \cdot 640}$	"	1,33	1,4	1,45	1,21
Г а з ы							
а) За котлом							
24	Температура газов	T_k	° C	200	215	230	217
25	Состав газов:						
	Углекислота	CO ₂	%	9,21	10,5	10,48	—
	Сумма углекислоты и кислорода	CO ₂ + O ₂	%	19,5	19,6	19,5	—
	Окись углерода	CO	%	—	0,54	0,51	—
26	Избыток воздуха	α_k	—	1,93	1,74	1,74	—
б) Выхлопная труба второго циклона							
27	Температура газов	T_{yx}	° C	100	113	117	135
28	Состав газов:						
	Углекислота	CO ₂	%	9,67	9,7	9,97	5,58
	Сумма углекислоты и кислорода	CO ₂ + O ₂	%	19,44	19,8	19,9	19,8
	Окись углерода	CO	%	—	0,2	—	1,12
29	Избыток воздуха	α	—	—	—	—	2,82
в) Температура воздуха котельной							
		t_e	° C	28	28	32	25
Тепловой баланс установки на 1 кг сырого топлива							
30	Потери с уходящими из агрегата газами	q_2	%	8,4	11,2	9,5	12,67
31	Потери от химической неполноты горения	q_3	%	—	1,9	1,1	9,22
32	Потери от механического недожога	q_4	%	23,1	12,3	12,1	22,47

Табл. 8 (продолжение)

№ №	Наименование	Обозначение	Размер- ность	Цифровые величины			Испытание У кристи- топлива
				Испытание ХММИ			
				I	II	III	
	В том числе:						
	а) с уносом топлива из сушилок	$q_{4суш}$	0/0	3,3	6,1	4,5	—
	б) с провалом (I зона) . .	$q_{4I пр}$	0/0	10,1	7,7	3,8	20,4
	в) с провалом (III зона) .	$q_{4III пр}$	0/0				
	г) со шлаком (III зона) . .	$q_{4I шл}$	0/0				
	д) со шлаком из IV бункера	$q_{4II шл}$	0/0	9,3	2,1	4,7	0,67
	е) в уносе	$q_{4ун}$	0/0	2,1	1,0	1,9	0,15
	ж) с физической теплотой	$q_{4физ}$	0/0	1,6	1,5	1,7	—
33	Потеря в окружающей среде (принято)	q_5	0/0	8,0	8,0	7,5	8,0
34	Полезно использовано в котле	$q_{1к}$	0/0	57,2	60,5	65,3	47,64 ¹
35	Полезно использовано в пароперегревателе	$q_{1пер}$	0/0				
	Т о п к а						
36	Видимое тепловое напряжение топочного пространства .	$\frac{Q_{тВ}}{V_{т} 1000}$	$\frac{т \cdot кал}{м^3/час}$	103,5	135,2	157,3	77,7
37	Весовое напряжение дожигающей решетки	$\frac{B_p}{R}$	$\frac{кг}{м^2/час}$	1065	1165	1410	—
38	Тепловое напряжение дожигающей решетки	$\frac{Q_{н}^p B_p}{R}$	$\frac{т \cdot кал}{м^2/час}$	1140	1370	1530	—

Измельчение топлива может происходить лишь при прохождении им метателя и в сушильной системе (падение, трение о стены, удары одного куска о другой).

Отсутствие устройств для сепарации крупных кусков до сушилки и для измельчения их ведет к попаданию в сушильную систему крупных (порядка 50 мм) кусков.

Поскольку у метателя нет приспособления для возврата крупных частиц, он дробит лишь случайно попавшие на била куски угля.

Завал крупными кусками топлива начального участка трубы сушилки предупреждается применением высоких скоростей газозудушной смеси в трубе сушилки (установленная мощность эксгаустеров 287 квт); увлекаемые газозудушной смесью куски топлива, большие 12 мм, отделяются затем на грохоте, установленном после первого циклона.

Недостаточное измельчение частиц топлива ведет:

а) к ухудшению работы сушильной системы: при работе двух систем наблюдалась влажность сушенки $W_p = 27,0\%$ при влажности топлива порядка 36,3%;

¹ Опыт проведен при изменяющейся работе котельного агрегата, поэтому цифры теплового баланса дают лишь приблизительное представление о работе котла.

б) к ухудшению работы топки и переносу горения на колосниковую решетку; неподвижная колосниковая решетка выполнена так, что провал через нее составляет 16,5% по весу сожженного топлива; это составляет потерю от механического недожега $q_4^{нп} = 20,4\%$.

Уносимая из топочной камеры в газоходы котла и в трубу зола составляет всего 31,15% от всей золы, т. е. меньше того количества, какое обычно уходит из топки при слоевом сжигании бурого угля. В данном случае играет роль и весьма небольшое напряжение топки

$$\frac{Q_{mB}}{V_m} = 77,10^3 \text{ кал/м}^3\text{/час.}$$

Грубо приближенно можно сказать, что такой же процент топлива ($\sim 30\%$) сгорает в топочной камере во взвешенном состоянии; остальное топливо в количестве, примерно, двух третей всего введенного в топку выпадает из факела на решетку.

Около четверти выпавшего на решетку топлива идет в провал. Это свидетельствует о совершенно неудовлетворительном состоянии решетки; неудовлетворительное состояние решетки в данном случае является одной из важных причин увеличения выпадения частиц из факела — упорядочение ее уже даст возможность при правильной организации подвода воздуха снизу значительно уменьшить выпадение топлива на решетку.

Потеря от механического недожега с летучей золой невелика и составляет 0,15%.

Потеря от химического недожега составляет также значительную величину и превышает 9%. Одной из основных причин столь высокой потери на химический недожег является также недостаточная измельченность частиц топлива.

В связи с описанными обстоятельствами горение шло очень плохо — в отдельные моменты наблюдалось даже затухание факела.

Есть основание полагать, что количество тепла, использованного котлом и перегревателем, еще меньше, чем определенное подсчетом (по „обратному“ балансу). Произошло это по следующей причине.

В первой половине (время от 18 час. 30 мин. до 24 час. 27/VIII 1938 г.) производства анализа газов за котлом имело место резкое колебание содержания CO_2 в газах, в пределах от 10,5% до 1—2%; были моменты, когда падение от 10—11% до 1—2% и даже до нуля происходило мгновенно.

Было установлено, что падение содержания CO_2 в газах происходит в момент включения в работу двух систем пылеприготовления; при работе только одной системы (безразлично — правой или левой) столь резкого колебания содержания CO_2 за котлом не наблюдалось: пределы колебаний составляли 9—14% CO_2 .

Причиной этого явления служит обусловленное работой двух мощных эксгаустеров засасывание в сушильную систему через дымовую трубу и через последующую часть поверхности нагрева котла наружного воздуха, иначе говоря опрокидывание тяги. Это подтверждается также и тем, что температура отходящих газов за котлом колебалась одновременно с колебаниями CO_2 в пределах от 220 до 60—70° С.

Таким образом, из всего изложенного следует заключить, что для упорядочения работы агрегата необходимо провести следующие мероприятия.

1. Увеличить степень измельчения топлива, для чего:

а) установить перед промежуточным бункером сырого топлива грохот-трясун с механизмом для очистки пазов и дробилку типа волк-машины.

Это мероприятие позволит удалить механический грохот, установленный сейчас за первым циклоном; частицы, прошедшие грохот (порядка 12—15 мм), будут подаваться непосредственно в бункер сырого топлива, частицы же более крупные будут идти в дробилки;

б) изменить конструкцию ввода топлива в метатель таким образом, чтобы заставить крупные частицы возвращаться для размола (пневмосепарация, отбойные козырьки и т. п.). Вполне вероятно, что потребуется изменение метателя в сторону увеличения.

Эти мероприятия дадут возможность значительно снизить скорость газоздушной смеси и, улучшив работу сушильной системы, уменьшат потери с уносом из выхлопной трубы второго циклона.

Следует предусмотреть возможность широкого и удобного регулирования количества газов, отсасываемых эксгаустерами.

Мероприятия эти дадут также возможность уменьшить мощность моторов эксгаустеров.

Уменьшение скорости в трубе-сушилке вызовет увеличение времени пребывания пыли в сушильной системе, что улучшит сушку.

2. Для уменьшения выпадания топлива на решетку целесообразно уменьшить скорость ввода пыли в топку до 8—10 м/сек.

3. Для правильной организации подвода воздуха и для дожигания топлива, выпадающего на решетку, последняя должна быть упорядочена.

В данном случае могут быть установлены плитчатые колосники с малым живым сечением ($i = 10\%$; размеры 250×500 мм), какие применяются для сжигания антрацита; часть их должна быть опрокидной.

Следует упорядочить снабжение станции бурым углем.

Из сравнения результатов испытаний, проведенных Харьковским механико-машиностроительным институтом в 1936 г., с испытаниями, проведенными Украинским научно-исследовательским институтом местных видов топлива в 1938 г., видно, что коэффициент полезного действия котельного агрегата как в одном, так и в другом случае низок; это, в основном, может быть отнесено за счет излишней сложности и недостаточной конструктивной продуманности всего устройства, примененного для сжигания бурого угля в виде пыли, на Кировоградской электростанции.

В последнее время НККХ УССР, с целью повышения эффективности использования бурого угля и достижения значительно более высоких значений КПД установки в сравнении с имеющимся в настоящее время, устанавливает под котлом Стерлинг ($H_k = 600 \text{ м}^2$) Кировоградской электростанции шахтно-мельничную топку с использованием существующего сушильного устройства для предварительной подсушки топлива перед поступлением его в мельницу топки Кремера.

Решение НККХ УССР надо признать своевременным; однако, следует считать необходимой установку дробилки перед сушильной системой, поскольку без предварительного, хотя бы грубого, дробления сушилка будет работать плохо¹.

IX. Заключение

1. Загрузка топлива лопатой во много раз увеличивает трудовые затраты при сжигании и обуславливает, как правило, значительные пережеги топлива (q_3, q_2); поэтому следует решительно отказываться от сжигания бу-

¹ Следует отметить, что сушилка, работающая на брикетной фабрике в Александрии, оборудована дробилкой.

рого угля в примитивных ручных топках с плоскими дутьевыми решетками¹, так как: 1) при относительно весьма большой стоимости топлива сооружение специальных топок окупится весьма быстро и 2) работа кочегара при ручной загрузке топлива исключительно тяжела.

2. Значительно лучше, чем топка с плоской дутьевой решеткой, работает топка с наклонным зеркалом горения, где топливо перемещается сверху вниз по мере подготовки верхних и выгорания нижних частей слоя. Даже при чисто ручном обслуживании такого рода устройства возможна работа его при коэффициенте полезного действия порядка $\eta_m = 0,9 - 0,92$ (см. результаты испытаний).

3. Значительная влажность бурого угля требует правильного устройства подготовительной части топки; с этой точки зрения заслуживают особого внимания при слоевом сжигании:

а) наклонный свод, отклоняющий поток продуктов сгорания к начальной части слоя;

б) устройство для просасывания топочных газов через сырое топливо в предтопке;

в) зажигательные, размещенные под шахтой, дополнительные колосниковые решетки, расположенные с фронта топки; колосниковая решетка под дополнительными решетками должна быть заменена кирпичными ступенями.

4. Тип установленной в котельной Александрийской электростанции шахты не оправдывает себя как сушильное устройство. Целесообразным надо считать устройство названных выше зажигательных решеток и приспособлений для просасывания газов через весьма короткую (1—1,5 м) шахту.

5. Исключительно высокая влажность бурого угля при высокой температуре плавления золы делает обязательным подогрев подаваемого в топку воздуха; воздухоподогреватель встречается лишь в котельных электростанций и не применяется пока в котельных промышленных предприятий.

Для малых установок может оказаться целесообразной рециркуляция топочных газов, пока не применяемая.

6. Благоприятные качества золы бурого угля УССР, а именно высокая температура плавления, облегчают возможность механизации решетки без применения двойного полотна (наклонно-переталкивающие решетки). Изготовление топок такого рода просто, стоимость их мала; в частности, решетки системы Каблиц, изготовленные заводом „Экономайзер“, стоят при площади $R = 4,6 \text{ м}^2$ 12 400 руб., при площади $R = 11,5 \text{ м}^2$ — 22 300 рублей.

К сожалению, механические топки изготавливаются пока лишь для крупных котлов — мелкие же котельные, основные пока потребители топлива в обеспеченных бурым углем районах УССР, вынуждены работать на ручных топках.

Необходимость механизации небольших топок вызывается также и экономическими соображениями.

Так, котел поверхностью нагрева $\sim 140 \text{ м}^2$, оборудованный ручной колосниковой решеткой $R = 6,6 \text{ м}^2$ (что соответствует механической решетке площадью, примерно, $4,6 \text{ м}^2$), может сжечь в год бурого угля около 14 000 т.

¹ Мало-Висковский сахарный завод сжигает, пользуясь этим примитивным методом, десятки тысяч тонн бурого угля; в частности, в 1939 г. завод предполагает по этому методу сжечь 70 тысяч тонн бурого угля на сумму около 1 500 000 рублей.

Стоимость такого количества угля составит для котельной, расположенной в непосредственной близости к месту добычи, ~ 245 000 рублей, а для котельной, подвозящей топливо по железной дороге, около 340 000 рублей.

Механизация обслуживания решетки позволит не только повысить мощность топki, но и резко уменьшить зависимость работы топki от квалификации кочегаров, значительно повысить за этот счет степень использования топлива.

Сумма экономии для разных случаев будет разной; вполне вероятно повышение степени использования приблизительно на 8⁰/₀; 3⁰/₀ на q_2 , 5⁰/₀ на q_3 и q_4 .

Экономия по топливу при этом выразится цифрой:

$$\mathcal{E}^0/_0 = \frac{(\eta''_{\kappa} - \eta'_{\kappa}) 100}{\eta''_{\kappa}} = \frac{(0,7 - 0,62) 100}{0,7} = 11,4\%_0$$

или в деньгах — 28 000 + 39 000 рублей в год.

Цифры эти не учитывают большей стоимости монтажа механической решетки (для котла указанной величины разница в стоимости монтажа составит, примерно, 3700 руб.), но не учитывают также и уменьшения стоимости обслуживания топок, которое превысит удорожание монтажа.

Таким образом, преимущество установки топок такого рода не представляет сомнений.

7. Еще более целесообразным является применение камерных топок по следующим соображениям:

1. Камерные топki могут эффективно работать на весьма высокозольном топливе; применение их, таким образом, ведет не только к автоматизации обслуживания, но и к возможности увеличения топливных ресурсов путем использования многозольных углей.

Топки предприятий, добывающих бурый уголь, должны быть способны осваивать наихудшее топливо — отсев, уголь, засоренный породой и т. п. — для уменьшения перевозки балласта.

Следовательно, котельные предприятий, добывающих бурый уголь, целесообразно оборудовать топками с шахтными мельницами, обеспечивающими как подсушку топлива, так и измельчение его и дающими этим самым возможность сжигать весьма высокозольное топливо¹.

2. Недостаток электрической мощности при малом расходе топлива может заставить предприятие отдать предпочтение наклонно-переталкивающей решетке, позволяющей механизировать сжигание при меньших затратах энергии.

Топки названных систем могут работать при таких показателях (табл. 9).

Таблица 9

Характеристика	По данным Главэнергопрома		По данным испытаний	
	Топки с наклонно-переталкивающими решетками	Топки с шахтными мельницами	Топки с наклонно-переталкивающими решетками	Топки с шахтными мельницами
η_m	0,92 ²	0,96 ²	0,9066 ²	0,96 ²
α	1,35	1,25	1,3	1,5

¹ В частности, уголь Кировоградского месторождения ($A_c = 45\%$) следует сжигать только в топках с шахтными мельницами или в топках с мелющими вентиляторами.

² Коэффициент полезного действия топki без учета потери на охлаждение топki.

Таким образом, при величине коэффициента полезного действия агрегата $\eta_k = 0,75$ экономия топлива в процентах при замене наклонно-переталкивающей решетки камерной топкой составит $\mathcal{E} = 7\%$.

Замена топки с наклонно-переталкивающей решеткой топкой камерной при годовом расходе топлива $\sim 14000 \text{ т/год}$ (котел производительностью порядка $D = 3 \div 3,5 \text{ т/час}$) может дать экономию топлива:

$$\mathcal{E} = 14000(1 - 0,114) \cdot 0,07 = 870 \text{ т/год}.$$

Замена топки с ручной плоской дутьевой решеткой даст экономию топлива $\sim 2500 \text{ т/год}$.

Таким образом, даже при столь относительно небольшом расходе топлива (14000 т/год) установка камерной топки может быть целесообразной, особенно если учесть, что при этом значительно увеличивается мощность котла и, кроме того, повышается устойчивость горения.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр. 3
Предисловие	3
М. В. КАНТОРОВ и Е. М. ВИТАЛЬЕВА. Опыты газификации торфов УССР в механизированном газогенераторе со швельшахтой	
Введение	4
I. Характеристика торфа, подвергшегося испытаниям	6
II. Объект испытаний	8
III. Методика испытаний	12
IV. Первый вариант испытаний	14
V. Второй вариант испытаний	19
VI. Третий вариант испытаний	23
VII. Испытание колосниковой решетки	27
VIII. Выводы	31
М. С. ЗАСЛАВСКИЙ, М. В. КАНТОРОВ и Ю. А. ПОРУБИНОВСКИЙ. Газодо- менный комбинат на торфяной базе для г. Киева	
I. Выплавка чугуна на воздушно-сухом торфе	34
II. Доменная печь на кусковом торфе как генератор газа большой мощности	42
III. Потребность г. Киева в газе	47
IV. Выбор торфяной базы Киевского газодоменного комбината	48
V. Потребность киевской промышленности в чугуне	49
VI. Сырьевая база комбината	50
VII. Основные показатели доменного производства газодоменного комбината	52
VIII. Технологическая характеристика газодоменного комбината	55
IX. Очистка газа и переработка побочных продуктов	62
X. Капитальные затраты	71
XI. Калькуляция производства и техно-экономические показатели	72
Н. М. ПЯТЫШКИН, В. К. КОЖЕВНИКОВ, В. Г. ПЕРКОВ. Сжигание бурых углей УССР	
I. Основные задачи	75
II. Характеристика бурого угля как топлива	—
III. Сжигание бурого угля в топке с плоской дутьевой колосниковой решеткой	77
IV. Ручные топки с наклонным зеркалом горения	84
V. Выбор нормальной буроугольной топки для котлов малой производительности	91
VI. Устройства для подсушки бурого угля при сжигании	94
VII. Топки с наклонно-переталкивающими решетками	101
VIII. Сжигание бурого угля в камерных топках	109
IX. Заключение	122

Цена 3 руб.

К
У
№ 9