

Уче

енование рабо

Инж. М. ДОРФМАН

ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
МАЛОЙ МОЩНОСТИ

МОСКВА — ЗАГОТИЗДАТ — 1945

Инж. М. Е. ДОРФМАН

✓ 621.43
Д-69

ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

(РАБОТАЮЩАЯ НА ДРОВАХ)

Под редакцией

проф. Н. В. ШИШАКОВА

ПЕРЕОБЛІК 2012 р.

прикінці 2 альб. (припопозення)

Научно-техническая
библиотека
"ХАИ"



kn0750536

~~БЛИОТЕКА
В АЕРОКОСМІЧНОМУ
УНІВЕРСИТЕТІ
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»~~

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
БІБЛІОТЕКА

Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є.Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

МОСКВА — ЗАГОТИЗДАТ — 1945

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перевод нефтедвигателей на газ в целях экономии жидкого топлива имеет большое народнохозяйственное значение. Особенно большая экономия нефти достигается при переводе на газ нефтедвигателей низкого сжатия мощностью 18—65 л. с. Эти двигатели ввиду их широкого распространения потребляют в итоге больше нефти, чем дизели средних и крупных установок. Только в системе Наркомзага СССР нефтедвигатели малой мощности потребляют в год десятки тысяч тонн нефти. ✓

Газогенераторная установка, описываемая в настоящей книге, разработана под руководством ее автора Всесоюзной проектной конторой Промзернопроекта по заданию Наркомзага СССР.

Установка успешно прошла соответствующие испытания, утверждена в качестве типовой для системы Наркомзага СССР и рекомендована Комиссией по газосиловым установкам Академии Наук СССР для широкого применения при переводе на газ нефтедвигателей малой мощности. В настоящее время на базе газогенераторной установки Промзернопроекта уже осуществлен перевод на газ нефтедвигателей общей мощностью в несколько тысяч л. с.

Газогенераторная установка Промзернопроекта обеспечивает перевод на газ из древесины нефтедвигателей всех марок мощностью от 18 до 50 л. с.

В настоящее время Промзернопроектом разработаны проекты переоборудования на газ двигателей 18 и 22 л. с. завода «Красный Прогресс» им. Кирова, ДВ-35—35 л. с. и РД-40—40 л. с. с завода им. Дзержинского; дизеля М-17—65 л. с. ЧТЗ. Последние два двигателя работают на газе с присадкой 15—25% запального жидкого топлива, а двухтактные двигатели пускаются на нефти с последующим переключением на газ и зажигание газозвоздушной смеси от колоризатора. При этом в любой момент двигателя вновь можно переключить на жидкое топливо.

Книга инж. Дорфмана М. Е. является необходимым пособием по устройству газогенераторных установок для перевода на генераторный газ из местного твердого топлива нефтедвигателей малой мощности.

В книге даются основные сведения о древесном топливе, процессе его газификации, конструкциях и показателях работы некоторых стационарных газогенераторных установок, работавших на древесном топливе (главы I—III).

Основная часть работы (главы IV—VIII) содержит детальное описание конструкции и схемы типовой газогенераторной установ-

ки, разработанной Промзернопроектом, ее примерный расчет, данные испытаний опытных образцов, советы по монтажу и эксплуатации. В приложении даны спецификации и рабочие чертежи, по которым вся аппаратура может быть изготовлена и смонтирована на месте.

Описание, расчеты и рабочие чертежи *переоборудования* двигателей в настоящую книгу автором не включены и могут быть даны в отдельной работе.

В разработке рабочих чертежей газогенераторной установки совместно с автором книги участвовали групповые инженеры Промзернопроекта гг. Дорфман Э. Е. (газогенератор и очистная аппаратура) и Букиштейн И. С. (скруббер и сухой очиститель из бочек). Испытания опытных образцов установки проведены под руководством инж. Дорфмана Э. Е. Дополнительные испытания и последующая доработка проекта выполнены при консультации проф. Шишакова Н. В.

Замечания и предложения по книге просьба направлять по адресу: Москва, Комсомольская пл., д. № 1-а — В/К Промзернопроект — главному инженеру проекта Дорфману М. Е.

*Начальник Всесоюзной проектной конторы Промзернопроекта
Наркомзага СССР: П. БРУНЬ*

1. ДРОВА КАК ТОПЛИВО

Дрова являются местным топливом. По сравнению с другими видами топлива они имеют пониженную теплотворную способность и поэтому перевозить их на значительное расстояние невыгодно.

Существенные преимущества дров: лёгкая воспламеняемость, отсутствие серы, малозольность, высокая активность древесного угля, не распадающегося и не спекающегося, — всё это делает их легко газифицируемым топливом.

Состав горючей массы, а также теплотворная способность древесины весьма мало меняются в зависимости от породы (табл. 1).

Таблица 1

Состав горючей массы и теплотворная способность древесины¹

Порода	Весовое содержание элементов в %					Низшая теплотворная способность на	
	Углерод	Водород	Кислород	Азот	Летучие	горючую массу	рабоч. топл. при $W^p=30\%$
	C ^e	H ^e	O ^e	N ^e	L ^e	Q_n^e ккал/кг	Q_n^p ккал/кг
Лиственные	50,5	6,1	42,8	0,6	85,0	4460	2910
Хвойные	51,0	6,15	42,25	0,6	85,0	4560	2980
Смешанные	50,5	6,2	42,7	0,6	85,0	4515	2950

Это кажущееся противоречие обычному представлению о неравноценности разных пород дров как топлива объясняется различной пористостью, а следовательно, различием кажущегося удельного веса древесины. Дрова приобретают по объёму, а теплотворная способность определяется в лаборатории по весу.

¹ Горючей массой называют сумму элементов топлива, в которую входят углерод, водород, кислород, азот и летучая сера. Последней в древесине не имеется.

Теплотворной способностью топлива называется количество тепла, выделяющееся при полном сгорании 1 кг топлива.

Высшая теплотворная способность (Q_v) отличается от низшей теплотворной способности (Q_n) количеством тепла, необходимого для испарения влаги, образующейся при горении топлива, т. е.

$$Q_v = Q_n - 6 (9H + W) \text{ ккал/кг.}$$

Кажущийся удельный вес (включая воздух и воду) древесины при влажности $W^p = 30\%$:

Дуб	0,96	Осина	0,66
Берёза	0,84	Ель	0,58
Сосна	0,67		

Зольность древесины на сухое вещество составляет 1%. У сплавных дров вследствие засорения их песком и илом процент зольности несколько выше. Древесная зола тугоплавка, поэтому опасность шлакообразования имеется только в случае применения сплавных дров.

Объёмный вес древесины зависит главным образом от влажности топлива.

Влага уменьшает содержание горючих частей в единице веса древесины и увеличивает потери тепла на испарение, что в значительной мере снижает ценность дров как топлива.

Согласно ОСТ 6671 дрова по влажности разделяются на сухие — с влажностью до 25%, полусухие — с влажностью от 25 до 35% и сырые — с влажностью от 35 до 50%.

При отсутствии лабораторного анализа сухими считаются дрова, заготовленные осенью или зимой и пролежавшие в поленищах на сухом месте не менее одного года со времени их заготовки. Полусухими считаются дрова, пролежавшие в поленищах на сухом месте не менее шести месяцев после их заготовки, в том числе не менее двух летних месяцев. Сырыми — дрова, пролежавшие в поленищах на сухом месте не менее трёх месяцев со времени их заготовки.

Лабораторное определение влажности дров согласно ОСТ 8649 производится путём высушивания взятых проб в сушильном шкафу:

«1. Банки с образцами древесины после тщательного удаления парафина и обтирки снаружи взвешиваются с точностью до 1 г.

2. После взвешивания банок или жестянок образцы вынимаются со всеми случайно отделившимися кусочками и кладутся в сушильный шкаф, где они сушатся до постоянного веса при температуре на полках 100—105°.

Примечание. Первое взвешивание производится через 12 часов после начала сушки. Последующие взвешивания производятся с промежутками в 3 часа. Сушка считается законченной, когда разность двух последних взвешиваний не превышает 0,5%.

3. Опорожнённые банки с пробками вытираются досуха (внутри) и снова взвешиваются с той же точностью. Разность первоначального и последнего взвешивания даёт вес A влажной древесины.

4. После высушивания древесина, охлаждённая в эксикаторе до комнатной температуры, быстро взвешивается вся целиком с точностью до 1 г или по частям с точностью до 0,1 г и таким образом определяется вес B высушенной пробы.

5. Влажность W в процентах подсчитывается с точностью до 1% по формуле:

$$W = \frac{A - B}{A} \cdot 100,$$

где A — вес образцов до высушивания,
 B — вес высушенных образцов».

Длина поленьев: 0,35, 0,5, 0,75, 1 м; наиболее распространён метровый размер полена.

Дровяной склад следует размещать на сухих, не затопляемых и не опасных в пожарном отношении участках. Участки должны быть предварительно выровнены и очищены от камней, мусора, снега и льда. Укладка дров ведётся в поленищах прямоугольной формы высотой не менее 2 м. Плотность кладки должна быть не менее 70%. Поленища выкладывают на проложенных по земле должниках (жердях) и ограничивают врытыми кольями.

Объёмной единицей измерения дров служит складочный кубический метр (1×1×1 м).

При учёте дров по весу допускается определение степени влажности дров по опытным данным среднего веса 1 складочного кубометра согласно табл. 2.

Таблица 2

Степень влажности дров	Максимальный вес 1 складочного кубометра дров в кг				
	Дуб	Берёза	Осина	Сосна	Ель
Сухие	540	472	360	383	337
Полусухие	623	545	415	442	389
Сырые	810	708	540	574	560

На скорость сушки дров влияет наличие или отсутствие коры, размер полена, величина штабеля, атмосферные условия и другие факторы.

Для полного сжигания горючей части древесины, т. е. содержащихся в ней углерода (C) и водорода (H), на 1 кг топлива теоретически требуется:

$$V_0 = 0,089 C^p + 0,266 H^p - 0,033 O^p \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{\text{кг топлива}},$$

где C^p , H^p , O^p — содержание в рабочем топливе¹ углерода, водорода и кислорода в процентах по весу.

Для обеспечения полноты сгорания практически требуется подвод воздуха с некоторым избытком; отношение действительного количества воздуха $V_a \text{ м}^3/\text{г}$ к теоретически необходимому $V_0 \text{ м}^3/\text{г}$ называют коэффициентом избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{V_a}{V_0}.$$

В зависимости от конструкции топki $\alpha = 1,15 - 1,5$.

¹ Рабочим топливом называется топливо, содержащее, кроме горючей части, балласт, т. е. золу (A^p) и влагу (W^p).

Объём дымовых газов (V_0), полученных при полном сгорании 1 кг дров, равен:

$$V_0 = [0,089 C^p + 0,209 H^p - 0,026 O^p + 0,008 N^p] + V_0(\alpha - 1) + 0,0124[9H^p + W^p + 0,1V_a d] \text{ м}^3/\text{кг топлива},$$

где d — влажность воздуха в граммах на 1 м³.

Для ориентировочных подсчётов с достаточной точностью можно пользоваться следующими эмпирическими формулами:

$$V_0 = 1,05 \frac{Q_n^p + 6W^p}{1000} \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$V_0 = (0,142\alpha + 1,066) \frac{Q_n^p + 6W^p}{1000} + 0,0124 W^p \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Низшая теплотворная способность рабочего топлива определяется по формуле Менделеева:

$$Q_n^p = 81C^p + 246H^p - 26 O^p - 6W^p \text{ ккал/кг}.$$

Удельная теплоёмкость дров¹ 0,6 ккал/кг °С.

Вес 1 м³ угля: берёзового — 190 кг, соснового — 148 кг, елового — 131 кг.

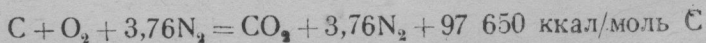
II. ГАЗИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Под газификацией твёрдого топлива понимают термические процессы, при которых органическая часть топлива с помощью воздуха, водяного пара или технического кислорода превращается в горючие газы.

По направлению газового потока в газогенераторе различают прямой (рис. 1, а), обратный (рис. 1, б) и двухзонный (рис. 1, в) процессы газификации, применяемые в зависимости от свойств твёрдого топлива и требований к генераторному газу. Газовый поток может быть направлен и горизонтально, как, например, в горизонтальном газогенераторе при газификации древесного угля. Для древесины горизонтальный процесс пока неприменим.

При прямом процессе газификации топлива воздух подводится в нижнюю часть генератора, а газ движется снизу вверх навстречу сползающему топливу. В месте соприкосновения раскалённого топлива с воздухом на колосниковой решётке протекает окисление углерода топлива. Окисление, т. е. соединение углерода (С) топлива с кислородом (О₂) воздуха, можно представить протекающим по одному из следующих двух путей:

1. Углерод сгорает полностью и даёт сразу конечный продукт окисления — углекислоту (СО₂) — по уравнению:
для 1 моля:



¹ Удельной теплоёмкостью или просто теплоёмкостью тела называется количество тепла, необходимое для повышения температуры какой-либо количественной единицы тела на 1° С.

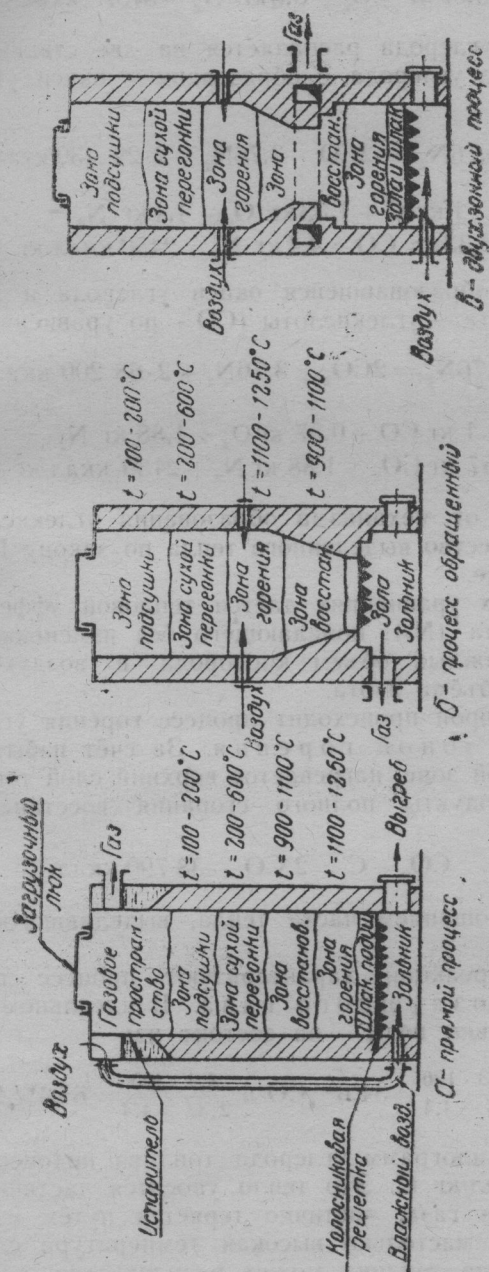


Рис. 1. Схемы процессов газификации

или для 1 кг:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг С} + 2,67 \text{ кг О}_2 + 8,8 \text{ Н}_2 &= \text{кг} \\ &= 3,67 \text{ кг СО}_2 + 8,8 \text{ кг Н}_2 + 8137 \text{ ккал/кг С.} \end{aligned}$$

2. Горение углерода распадается на две стадии:

а) окисление углерода с образованием окиси углерода (СО) по уравнению:

$$2\text{С} + \text{О}_2 + 3,76\text{Н}_2 = 2\text{СО} + 3,76\text{Н}_2 + 2 \cdot 29\,430 \text{ ккал/2 моля С}$$

или

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг С} + 1,33 \text{ кг О}_2 + 4,4 \text{ кг Н}_2 &= \\ &= 2,33 \text{ кг СО} + 4,4 \text{ кг Н}_2 + 2450 \text{ ккал/кг С.} \end{aligned}$$

б) горение образовавшейся окиси углерода и получение конечного продукта — углекислоты (СО₂) по уравнению:

$$2\text{СО} + \text{О}_2 + 3,76\text{Н}_2 = 2\text{СО}_2 + 3,76\text{Н}_2 + 2 \cdot 68\,200 \text{ ккал/2 моля СО}$$

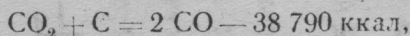
или

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг СО} + 0,57 \text{ кг О}_2 + 1,88 \text{ кг Н}_2 &= \\ &= 1,57 \text{ кг СО}_2 + 1,88 \text{ кг Н}_2 + 2430 \text{ ккал/кг СО.} \end{aligned}$$

Независимо от механизма образования углекислоты и окиси углерода количество выделенного тепла по закону Гесса остаётся одним и тем же.

В указанных уравнениях даётся тепловой эффект реакции и количество азота (Н₂), попадающего без изменения в продукты горения; на каждый объём кислорода в воздухе приходится 79 : 21 = 3,76 объёма азота.

Зона, в которой происходит процесс горения углерода топлива, называется зоной горения. За счёт избытка тепла, получаемого в этой зоне, нагревается верхний слой топлива. Пройдя через него, продукты полного сгорания восстанавливаются по реакции:



идущей с поглощением части тепла, выделившегося в зоне горения.

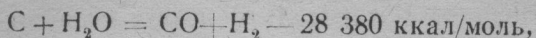
Указанные реакции характеризуют процесс получения так называемого воздушного газа. В идеальном случае — при полном отсутствии воды — он состоит из:

$$\frac{2,33 \cdot 100}{2,33 + 4,4} = 34,6\% \text{ СО и } \frac{4,4 \cdot 100}{2,33 + 4,4} = 65,4\% \text{ Н}_2$$

и на каждый килограмм углерода топлива недоиспользует тепла около 2375 ккал/кг С. Это тепло уносится частично в виде физического тепла газа, частично теряется путём излучения. При этом создаётся настолько высокая температура слоя, что даже тугоплавкая зола топлива может расплавиться, а обмуровка генератора — быстро выйти из строя.

Наиболее рациональным является использование этого избы-

точного тепла в газогенераторе с помощью реакции разложения водяного пара (H_2O) раскалённым углеродом по уравнению:



при которой кислород водяного пара реагирует с углеродом с образованием окиси углерода и освобождением водорода.

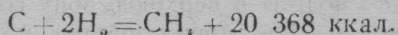
Для этой цели в генераторах прямого процесса предусматривается испаритель и к подводимому под колосниковую решётку воздуху прибавляют столько пара, сколько необходимо для того, чтобы понизить температуру слоя до нужного предела и получить газ требуемого состава.

Реакции восстановления окиси углерода из углекислоты и разложения водяного пара протекают в так называемой зоне восстановления. Эти реакции являются основными в процессе образования смешанного генераторного газа.

Слой топлива выше зоны восстановления (активной зоны) нагревается за счёт физического тепла газа до степени, достаточной для процесса сухой перегонки, т. е. процесса разложения топлива и выделения из него газов, смолы, подсмольной воды и древесного угля. Этот процесс имеет место при нагревании топлива до определённой температуры без доступа воздуха.

Процесс сухой перегонки начинается при 200° . При нагревании топлива до 280° из него выделяются углекислота и окись углерода. При температуре до 275° процесс разложения древесины требует подвода тепла извне. При 275° наблюдается усиленное обугливание древесины с выделением большого количества тепла. При нагревании топлива от 260 до 380° происходит выделение уксусной кислоты, древесного спирта, метана и других углеводородов и смол. При температуре от 380 до 500° происходит образование главным образом тяжёлой смолы. Выше 500° начинается разложение (крекинг) смолы на кокс, густую тяжёлую смолу, сажу и газ.

Одним из продуктов распада тяжёлых углеводородов, выделившихся при сухой перегонке, обычно является газ метан (CH_4). Последний может образоваться также путём контакта свободного водорода (H_2) с окисью углерода (CO) при высоких температурах в присутствии накалиённого углерода топлива по уравнению:



Выше зоны сухой перегонки в верхнем слое топлива после его загрузки в газогенератор происходит испарение гигроскопической влаги и его подсушка. Подсушка начинается с поверхности кусков древесины и затем постепенно распространяется вглубь. При этом происходят разрыв древесины и образование трещин, особенно легко возникающих с торцов куска.

При работе на газогенераторе прямого процесса продукты газификации смешиваются с продуктами сухой перегонки, пары смолы попадают в газ, что является нежелательным при применении этого газа для двигателя.

В газогенераторах с обратным процессом газификации возможность попадания паров смолы в газ исключается. В этот газогенератор (см. рис. 1, б) воздух подаётся через фурмы в среднюю часть шахты, где находится зона горения. Зона восстановления находится ниже. Зоны подсушки и сухой перегонки расположены, как и при прямом процессе, в верхней части шахты газогенератора. Продукты газификации движутся в одном направлении с топливом и отводятся снизу.

При обратном процессе газификации древесины (как и других видов влажного топлива) нет нужды в подводе пара извне; водяной пар, участвующий в реакции, получается в результате распада клетчатки (так, называемая пирогенная вода) и за счёт гигроскопической влаги топлива.

Газогенератор с обратным процессом даёт газ пониженной теплотворной способности, но тем не менее по сравнению с прямым процессом имеет ряд преимуществ: 1) топливо можно загружать во время работы двигателя, для чего не требуется сложных затворов загрузочного устройства газогенератора. 2) Продукты сухой перегонки, прежде чем выйти из генератора, должны пройти зоны горения и восстановления, где они частично сгорают и разлагаются. Вследствие этого теплотворная способность выходящего из генератора газа понижается, но этот газ не содержит паров смолы. 3) В зону восстановления топливо попадает пройдя зону горения, и поэтому оно более подготовлено для реакции восстановления углекислоты и разложения водяного пара. 4) Высота активной зоны строго фиксирована расположением фурм от колосниковой решётки и не зависит от колебаний высоты слоя, что определяет более устойчивый режим газификации. 5) Не требуется устройства испарителя, так как для процесса газификации используется влага топлива. 6) Колосниковая решётка находится в более умеренных температурных условиях¹.

Для газификации сильно смолистых топлив применяются также газогенераторы с двумя зонами горения, двухзонные газогенераторы (рис. 1, в). В этих газогенераторах газ отводится из зоны восстановления, находящейся между обеими зонами горения. Воздух подводится под колосниковую решётку в нижнюю зону горения и через фурмы в верхнюю зону горения. Такой газогенератор соединяет в себе преимущества прямого и обратного процесса газификации. Он даёт бессмольный газ из смолистого топлива, позволяет на ходу производить загрузку топлива, обеспечивает минимальные потери горючего со шлаком и даёт возможность получения газа, по качеству мало отличающегося от газа прямого процесса.

При обратном процессе газификации для завершения процессов сушки и разложения древесины до зоны восстановления,

¹ При отводе газа из-под колосниковой решётки газогенератора она может оказаться в более тяжёлых температурных условиях, чем колосники газогенератора с прямым процессом, обдуваемые холодным воздухом.

для обеспечения реакций разложения водяных паров, восстановления углекислоты, разложения и сжигания смол требуются достаточно высокая температура в активной зоне и большая активность поверхности топлива. Это наглядно показано на рис. 2, 3 и 4 согласно опытам Клемента и Адамса.

При одном и том же времени контакта (20 секунд) содержание окиси углерода при 900° достигает только 5%, при температуре 1000° увеличивается до 40%, а при температуре 1100° — до 90% (см. рис. 2). При одной и той же температуре и времени контакта содержание окиси углерода при более активном древесном угле значительно выше, чем при антраците (см. рис. 3). Таковы же условия разложения водяного пара (см. рис. 4).

При газификации воздушно-сухой древесины суммарное количество гигроскопической и пирогенной воды, попадающей в активную зону, всегда больше, чем это необходимо для течения реакций, расходующих воду. Как

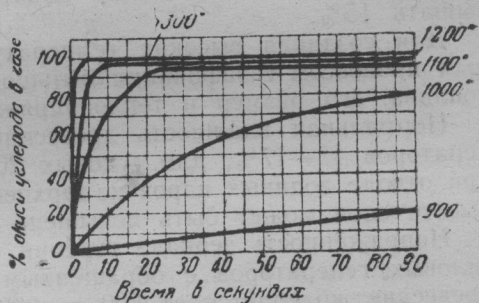


Рис. 2. Зависимость образования окиси углерода от температуры и продолжительности соприкосновения

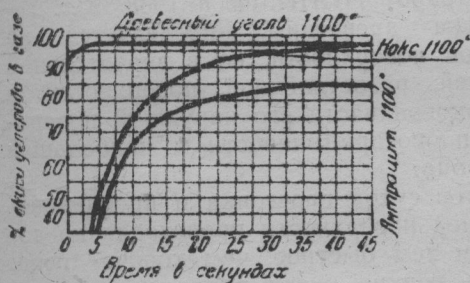


Рис. 3. Зависимость образования окиси углерода от продолжительности соприкосновения и рода реакционной поверхности

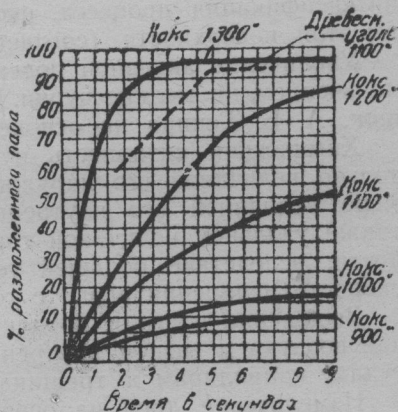


Рис. 4. Зависимость разложения водяного пара от температуры и продолжительности соприкосновения

показывают наблюдения, часть влаги, испарившейся в верхней части шахты, поднимается кверху и может быть отведена из генератора (этим можно избежать её конденсации на более холодных поверхностях верхней части шахты и крышки). Всё же излишек водяных паров понижает температуру активной зоны, ухудшая химический состав газа и увлажняя его. Кроме того, слишком большое содержание свободного водорода в газе в ре-

зультате реакции $C + H_2O = CO + H_2$ также нежелательно. При более низкой температуре воспламенения и большей скорости сгорания, чем окись углерода, повышенное содержание свободного водорода в газе вызывает сильные вспышки в цилиндре двигателя. Содержание свободного водорода в газе не должно превышать 15%.

Для создания высоких температур в генераторе с обращённым процессом газификации большое значение имеют влажность топлива, его размер и теплонпряжённость зеркала горения.

Нормальная влажность древесины для автотранспортных генераторов 15—17%, для судовых 20—25%, для стационарных при отводе водяных паров из верхней части шахты и достаточной высоте слоя может быть повышена до 35—40%.

Напряжённость зеркала горения в суженном сечении шахты силовых генераторов с обращённым процессом, работающих на древесине, колеблется от 500 до 900 кг на 1 м²/час, достигая в отдельных конструкциях транспортных генераторов значительно больших величин.

В отличие от газовых гомогенных реакций, идущих во всём объёме (например сгорание рабочей смеси в цилиндре двигателя), основные реакции газогенераторного процесса являются гетерогенными, т. е. протекают на поверхности куска топлива, в плоскости её соприкосновения с воздухом или газом, и интенсификация процесса, скорость реакции, зависит от величины этой поверхности (согласно закону Венцеля).

Увеличение активной поверхности топлива достигается его измельчением на мелкие чурки. В этом отношении интересны выводы инж. А. Б. Генина на основе работ ЦНИИМФ в 1938/39 г.¹

Химическая активность куска древесины определяется не только величиной его наружной поверхности, но в значительной мере величиной его внутренней, разветвлённой, поверхности, а также удельной величиной торцевой части его наружной поверхности, вследствие большей тепловосприимчивости и наибольшей скорости испарения влаги с торца.

Выделение влаги и продуктов сухой перегонки и проникновение воздуха и газа к внутренней поверхности происходят по сосудам, капиллярам и трещинам тем быстрее, чем короче дрова.

Измельчение дров на очень тонкие куски вдоль волокон, не увеличивая относительной величины более активной торцевой части, понижает прочность угля. Последнее имеет существенное значение для ведения нормального режима газификации, так как уголь подвергается давлению верхних слоев, ударам и трению. Сравнительная прочность древесного угля, выжженного при одинаковых условиях, в зависимости от пород дерева характеризуется следующими величинами:

Берёза	1,00	Осина	0,46
Сосна	0,58	Ель	0,43

¹ Сборник статей по вопросам двигателей внутреннего сгорания ЦНИИМФ 1940 г.

Таким образом, «наибольшее значение для повышения активности в процессе газификации имеет измельчение древесины поперёк волокон, так как при этом увеличение общей поверхности кусков происходит исключительно за счёт торцевой поверхности»¹.

Однако изложенное выше не исключает возможности газификации более длинных дров в небольших генераторах с обратённым процессом.

Исследовательской работой, проведённой ЦНИИВТ в 1938/39 г., доказано, что трудности газификации швырка длиной 330—500 мм — застревание топлива, неравномерное горение и газообразование, повышенное измельчение угля в шахте — вполне преодолимы при соответствующей конструкции газогенератора, предусматривающей подогрев воздуха, правильную укладку швырка при загрузке и теплоизоляции наружных поверхностей газогенератора. При газификации швырка с влажностью 20—25% указанные мероприятия обеспечивают достижение наивысших температур горения, чем компенсируются менее благоприятные условия подсушки, сухой перегонки и начала горения швырка по сравнению с чуркой. «Введение в генератор подогретого дутья оказывает такое же влияние, как (в известных пределах) разделка дров или увеличение высоты слоя»².

Состав генераторного газа. Генераторный газ представляет собой смесь нескольких отдельных газов.

Средний состав генераторного газа из древесины при прямом процессе газификации колеблется в пределах (в процентах по объёму):

CO ₂	8—9	H ₂	12—14
O ₂	0,2	CH ₄	1,8—3,0
C _m H _n	0,3—0,4	N ₂	47—50
CO	22—27		

Низшая теплотворная способность³ сухого газа при прямом процессе газификации 1300—1500 ккал/м³.

Таблица 3
Состав газа транспортных газогенераторов
(по лабораторным испытаниям)

Порода	Влажность в %	Размер кусков в мм	Объёмный состав сухого генераторного газа в %						Низшая теплотворная способность сухого газа в ккал/м ³	Примечание
			CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂		
Дуб	31	40×40×60	14,68	16,13	11,00	2,05	1,40	54,74	958	НАТИ
Дуб и ель . . .	15	40×40×60	14,15	14,90	10,47	4,08	0,49	55,91	1082	»
Берёза	29	40×40×60	11,40	18,40	16,40	3,00	0,60	50,50	1240	ЦНИИВТ
Сосна	20	40×40×100	11,93	12,05	14,62	1,95	0,48	51,97	1124	»
Сосна и ель . .	47,8	65×65×120	16,60	11,30	14,00	0,80	0,40	55,90	773	»

¹ А. Б. Генин, Дроза как топливо для газификации.

² Гинзбург, Газогенераторные установки, ч. II, 1937 г.

³ Теплотворной способностью газа называется количество тепла, выделяющееся при полном сгорании 1 м³ сухого газа.

В табл. 3 приведён характерный состав генераторного газа, полученного в лабораторных испытаниях транспортных газогенераторов (т. е. по обращённому процессу).

Состав генераторного газа, полученного в стационарных газогенераторах обращённого процесса небольшой производительности, приведён в табл. 9—13.

Параметры основных составляющих генераторного газа даны в табл. 4.

Таблица 4

Параметры компонентов генераторного газа

Компоненты	Окись углерода	Водород	Метан	Кислород	Углекислота	Азот	Водяной пар
Параметры	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O
Молекулярный вес	28	2	16	32	44	28	18
Удельный вес при 0°C и 760 мм рт. ст. в кг/м ³	1,250	0,0898	0,717	1,429	1,977	1,251	0,804
Низшая теплотворная способность в ккал/м ³	3050	2570	8465	—	—	—	—
Количество кислорода, необходимое для полного сжигания в м ³ /м ³	0,5	0,5	2,01	—	—	—	—
Теоретически необходимое количество воздуха для сжигания в м ³ /м ³	2,38	2,38	9,54	—	—	—	—
Средняя удельная объёмная теплоёмкость при постоянном давлении C _p по Юсти при температуре:							
0°C ккал/м ³ °C	0,311	0,306	—	0,312	0,384	0,311	0,356
100°C »	0,311	0,309	—	0,315	0,415	0,311	0,358
200°C »	0,313	0,310	—	0,319	0,431	0,313	0,363
300°C »	0,315	0,311	—	0,324	0,449	0,314	0,367
400°C »	0,318	0,312	—	0,330	0,464	0,317	0,372
500°C »	0,321	0,312	—	0,334	0,480	0,319	0,378
600°C »	0,325	0,313	—	0,339	0,492	0,322	0,384

Весовое количество отдельных элементов в 1 м³ сухого генераторного газа может быть определено из следующих выражений:

Содержание	углерода (C)	0,536 (CO ₂ + CO + CH ₄)	кг/м ³ газа
»	водорода (H)	0,0899 (H ₂ + 2 CH ₄)	» »
»	кислорода (O)	1,429 (CO ₂ + 0,5 CO)	» »
»	азота (N)	1,251 N ₂	» »

Выход сухого газа на 1 кг рабочего топлива в м³:

$$V_c = \frac{C_m - C_{np}}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} \text{ м}^3/\text{кг}^1.$$

¹ Предполагается, что углерод топлива теряется только с выгребом (со шлаком); потери с уносом и смолой как незначительные не учтены.

Расход воздуха на 1 кг газифицируемого топлива (первичный воздух) в нм^3 :

$$V_0 = \frac{N_2 \cdot V_{c,i} - \frac{N_m}{1,251}}{0,79} \text{ нм}^3/\text{кг.}$$

Количество влаги на 1 нм^3 сухого газа в кг:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{W_m}{V_{c,i}} + 9 \left[\frac{H_m}{V_{c,i}} - 0,0899 (H_2 + 2 \text{CH}_4) \right] \text{ кг}/\text{нм}^3.$$

Выход влажного газа на 1 кг топлива в нм^3 :

$$V_{a,i} = V_{c,i} + \frac{V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{c,i}}{0,804} \text{ нм}^3/\text{кг.}$$

Удельный вес, объём, теплоёмкость и теплосодержание генераторного газа определяются по известным формулам термодинамики для газовых смесей.

Низшая теплотворная способность сухого газа:

$$Q_n^c = 3050 \text{ CO} + 2570 \text{ H}_2 + 8465 \text{ CH}_4 \text{ ккал}/\text{нм}^3.$$

Экономичность процесса характеризуется величиной к. п. д. газификации:

$$\eta = \frac{Q_n^c \cdot V_{c,i}}{Q_n^p} 100\%.$$

В приведённых выражениях обозначают:

C_m, N_n, N_m, W_m — содержание углерода, водорода, азота и влаги в 1 кг топлива в кг;

C_{np} — содержание углерода в провале (золе) на 1 кг топлива в кг;

$\text{CO}_2, \text{O}_2, \text{CO}, \text{CH}_4, \text{H}_2$ и N_2 — содержание углекислоты, кислорода, окиси углерода, метана, водорода и азота в 1 нм^3 сухого газа в нм^3 ;

Q_n^c — низшая теплотворная способность сухого газа в ккал/ нм^3 ;

Q_n^p — низшая теплотворная способность рабочего топлива в ккал/кг.

Пример определения параметров процесса и составления материального и теплового балансов см. в главе VII.

Отбираемый из генератора газ имеет высокую температуру 450—500° и уносит с собой мельчайшие частицы угольной пыли, золы, сажи, а также пары воды и иногда смолы.

Такой газ для питания двигателей непригоден, так как твёрдые примеси и смола увеличивают износ цилиндров, поршней, поршневых колец и, отлагаясь на клапанах и свечах, нарушают газораспределение и зажигание. Кроме того, весовое количество газа, заполняющее цилиндр двигателя, тем меньше, чем выше температура газа, а с уменьшением количества газа — падает и мощность двигателя. На мощности двигателя отражается также

Таблица 5

**Зависимость содержания насыщенного водяного пара
в газе от температуры**

Температура в °С	Парциальное давление p водяного пара в мм рт. ст.	Объёмное со- держание во- дяного пара при 760 мм рт. ст. в %, $\frac{100 p}{760}$	Вес водяного пара в 1 м ³ газа при 0°С и 760 мм рт. ст. в г		Относитель- ный объём сухого газа $\frac{760-p}{760}$
			влажного	сухого	
0	4,6	0,61	4,8	4,9	0,994
1	4,9	0,64	5,2	5,2	
2	5,3	0,70	5,6	5,6	0,993
3	5,7	0,75	6,0	6,1	
4	6,1	0,80	6,4	6,5	0,992
5	6,5	0,86	6,9	7,0	
6	7,0	0,92	7,4	7,5	0,991
7	7,5	0,99	7,9	8,0	
8	8,0	1,05	8,5	8,6	0,990
9	8,6	1,13	9,1	9,2	
10	9,2	1,21	9,7	9,9	0,989
11	9,8	1,29	10,4	10,5	
12	10,5	1,38	11,1	11,3	0,988
13	11,2	1,47	11,9	12,1	
14	12,0	1,58	12,7	12,9	0,987
15	12,8	1,68	13,5	13,8	
16	13,6	1,79	14,4	14,7	0,986
17	14,5	1,91	15,4	15,7	
18	15,5	2,04	16,4	16,7	0,985
19	16,5	2,17	17,4	17,8	
20	17,5	2,30	18,5	19,0	0,984
21	18,7	2,46	19,7	20,2	
22	19,8	2,60	21,0	21,5	0,983
23	21,1	2,77	22,3	22,9	
24	22,4	2,94	23,7	24,4	0,982
25	23,8	3,13	25,1	26,0	
26	25,2	3,31	26,7	27,6	0,981
27	26,7	3,51	28,3	29,3	
28	28,3	3,72	30,0	31,1	0,980
29	30,0	3,95	31,8	33,1	
30	31,8	4,18	33,6	35,1	0,978
31	33,7	4,43	35,6	37,3	
32	35,7	4,70	33,7	39,6	0,977
33	37,7	4,96	39,9	42,0	
34	39,9	5,25	42,2	44,5	0,975
35	42,2	5,55	44,6	47,3	
36	44,6	5,87	47,1	50,1	0,951
37	47,1	6,20	49,8	53,1	
38	49,7	6,54	52,5	56,2	0,948
39	52,4	6,89	55,4	59,6	
40	55,3	7,28	58,5	63,1	0,945
41	58,3	7,67	61,7	65,8	
42	61,5	8,09	65,0	70,8	0,942
43	64,8	8,53	68,5	74,9	
44	68,3	8,99	72,2	79,3	0,938
45	71,9	9,46	76,0	84,0	
46	75,7	9,96	80,0	88,9	0,935
47	79,6	10,5	84,2	94,0	
48	83,7	11,0	88,5	99,5	0,931

Температура в °С	Парциальное давление р водяного пара в мм рт. ст.	Объемное со- держание во- дяного пара при 760 мм рт. ст. в %, $\frac{100p}{760}$	Вес водяного пара в 1 м³ газа при 0°С и 760 мм рт. ст. в г		Относитель- ный объем сухого газа $\frac{760-p}{760}$
			влажного	сухого	
49	88,0	11,6	93,1	105	0,884
50	92,5	12,2	97,8	111	0,878
51	97,2	12,8	103	118	0,873
52	102,1	13,4	108	125	0,866
53	107,2	14,1	113	132	0,859
54	112,5	14,8	119	140	0,852
55	118,0	15,5	125	148	0,845
56	123,8	16,3	131	156	0,837
57	129,8	17,1	137	163	0,830
58	136,1	17,9	144	175	0,821
59	142,6	18,8	151	186	0,812
60	149,4	19,7	158	197	0,803
61	156,4	20,6	165	208	0,794
62	163,8	21,5	173	221	0,785
63	171,4	22,5	181	234	0,774
64	179,3	23,6	190	248	0,764
65	187,5	24,8	198	263	0,753
66	196,1	25,8	207	280	0,742
67	205,0	27,0	217	297	0,730
68	214,2	28,2	226	315	0,718
69	223,7	29,4	236	335	0,706
70	233,7	30,7	247	357	0,693
71	243,9	32,1	258	308	0,679
72	254,6	33,5	269	405	0,665
73	265,7	35,0	281	432	0,650
74	277,2	36,5	293	461	0,635
75	289,1	38,0	306	493	0,620
76	301,4	39,7	319	528	0,603
77	314,1	41,3	332	566	0,587
78	327,3	43,1	346	608	0,569
79	341,0	44,9	361	654	0,551
80	355,1	46,7	375	705	0,533
81	369,7	48,6	391	761	0,514
82	384,9	50,6	407	825	0,494
83	400,6	52,7	424	896	0,473
84	416,8	54,8	441	976	0,450
85	433,6	57,0	458	1070	0,430
86	450,9	59,3	477	1170	0,410
87	468,7	61,6	496	1290	0,383
88	487,1	64,1	515	1440	0,359
89	506,1	66,6	535	1600	0,334
90	525,8	69,2	556	1800	0,308
91	546,1	71,9	577	2050	0,281
92	567,0	74,6	600	2360	0,254
93	588,6	77,4	622	2760	0,225
94	610,9	80,4	646	3290	0,196
95	633,9	83,4	670	4040	0,166
96	657,6	86,5	695	5160	0,135
97	682,1	89,8	721	7040	0,103
98	707,3	93,1	748	10800	0,069
99	733,2	96,5	775	22000	0,035
100	760,0	100,0	804	∞	0,00

и уменьшение теплотворной способности газа при увеличении его влажности.

Силовой газ должен быть освобождён от влаги, охлаждён до 25—35°, очищен от пыли и смолы. Допустимое содержание пыли от 0,005 до 0,012 г/м³ газа.

Очистка газа от пыли и смол с одновременным его охлаждением и выделением из него влаги в большинстве случаев осуществляется в охладителях непосредственного смешения — скрубберах. Охлаждение газа происходит на поверхности соприкосновения газа и воды, т. е. на поверхности капель тонко распыливаемой воды, или на поверхности твёрдых тел, наполняющих объём скруббера. При этом сначала газ охлаждается за счёт испарения орошающей воды вплоть до состояния насыщения, а в дальнейшем — за счёт отдачи тепла охлаждающей воде путём конвекции и теплопроводности. Чем сильнее охлаждение газа, тем меньше влаги будет оставаться в нём (табл. 5).

Часовой расход охлаждающей воды можно определить из выражения:

$$G_{ox} = \frac{Q_1 - Q_2}{t_2 - t_1} \text{ кг/час,}$$

где Q_1 — теплосодержание часового количества входящего газа в ккал/час;

Q_2 — теплосодержание часового количества выходящего газа в ккал/час;

t_1 — температура входящей воды в °С;

t_2 — температура стекающей воды в °С.

Для удержания влаги, механически увлекаемой газом из скруббера, и остатков смол после скруббера газ пропускают через фильтр, наполненный фильтрующей массой из древесных стружек и крупных опилок или других материалов.

Скорость прохождения газа через фильтрующий слой принимают не выше 0,1 м/сек.

Пример расчёта скруббера и фильтра дан в главе VII.

III. КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ АППАРАТОВ СТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

На рис. 5 показана схема газогенераторной установки к четырёхтактному двигателю Крослей 150 л. с., построенной в 1928 г. и находившейся с 1928 по 1939 г. в эксплуатации на лесопильном заводе в Угличе.

Установка состоит из газогенератора обращённого процесса, грубого пылеочистителя с гидравлическим затвором, каскадного (типа Даусона) скруббера, скруббера с насадкой из хвороста и сухого очистителя с насадкой из древесных стружек и опилок. Для розжига и продувки системы установлен ручной вентилятор Рута.

Газогенератор квадратного сечения был выложен из бывшего в употреблении шамотного кирпича в металлическом кожухе. Раз-

Средний состав газа по данным испытаний Углинского газогенератора
(при работе на топливе различной влажности)

№ опытов	Число вариантов	Продолжительность опыта в часах	Влажность топлива в %	Длина кусков древесины в см	Напряжение полеречн. сечен. шахты		Состав сухого газа (по объему)							Q_g^c в ккал/м ³ в к кал/м ³	$Q_{H_2}^c$
					по рабоч. топл.	на сухую массу	CO ₂ в %	C _m H _n в %	O ₂ в %	CO в %	H ₂ в %	CH ₄ в %	N ₂ в %		
в кг/м ³ час															

А. Работа с верхней подачей воздуха

I	3	38,5	23	13—52	255	186	15,02	0,00	0,35	14,00	12,64	2,66	55,33	1067	979
II	2	22,8	38	26	310	192	15,94	0,00	0,64	11,22	14,21	1,83	56,16	951	863
III	3	48,5	43	13—52	314	180	16,70	0,00	0,60	10,94	14,12	1,86	55,78	942	853
IV	2	23,0	47	26—52	335	179	16,20	0,00	0,75	11,55	12,44	2,20	56,86	931	857

Б. Работа с двумя зонами

V	4	98,6	23	26—52	237	182	15,28	0,21	0,66	13,16	14,48	2,27	53,94	1092	995
VI	2	28,5	38	26—52	300	186	11,94	0,00	0,39	18,76	10,64	2,46	55,81	1128	1053
VII	2	34,8	47	26—52	300	163	14,88	0,15	0,59	13,82	13,32	2,32	54,92	1072	982

Примечания: 1. Перерыв между отдельными вариантами опытов составлял 8 часов.
2. V и VII опыты велись с подачей под колосники воздуха и пара; в VI опыте под колосники подавался один воздух.

меры сечения шахты: в верхней части 850×850 мм, в нижней, суженной, части 700×700 мм. Живое сечение колосниковой решётки 40%. Газоотводное кольцо расположено на высоте 665 мм от плоскости колосников. От газоотводного кольца до уровня крышки 1700 мм. Фурм генератор не имел. Воздух засасывался через открытый во время работы загрузочный люк. Кроме того, был предусмотрен подвод воздуха под колосники. Таким образом, генератор мог работать и как двухзонный.

Рис. 5. Газогенераторная установка Угличского лесозавода

Таблица 7

Влажность в %	Длина кусков в см	Q_n^c в ккал/мг ³	Продолжительность опыта в часах
23	13	994	19,5
23	26	970	7,2
23	52	964	8,8
43	13	809	23,3
43	26	853	18,9
43	52	821	6,9

Как видно из табл. 6, при всех вариантах эксперимента калорийность газа колебалась в пределах 850—1050 ккал/нм³. Повышение влажности древесины с 23 до 38% влечёт за собой понижение калорийности газа на 100—115 ккал/нм³. Дальнейшее повышение влажности до 47% на качество газа практически не влияет.

Из табл. 7 следует, что влияние на качество газа величины кусков древесины тем сильнее, чем выше её влажность.

Таблица 8

Содержание смолы в газе
(по данным испытаний Угличского газогенератора)

№ опытов	Влажность топлива в %	Содержание смолы в газе в г/м³		№ опытов	Влажность топлива в %	Содержание смолы в газе в г/м³	
		по отдельным определениям	среднее			по отдельным определениям	среднее
Обращённый процесс				Двухзонный процесс			
I	23	0—0,05	0,02	I	23	1,65—6,6	3,75
I	23	0,01—0,06	0,05	I	23	0,08—0,49	0,35
IV	47	0,04—0,06	0,05	II	38	1,22—2,78	2,22
IV	47	0,10—0,40	0,25	IV	47	0,66—0,80	0,73

Таблица 9

Результаты опытов по газификации отходов лесопильного завода
(по балансовым испытаниям Угличского газогенератора)

Наименование величина	Единица измерения	Варианты	
		1	2
Характер процесса	—	Двухзонный	Обращённый
Продолжительность опыта	часы	35,5	15,8
Влажность древесины	%	23	23
Длина кусков древесины	см	26	26
Разрежение в штудере газогенератора.	мм вод. ст.	35	33
Напряжение в суженном поперечном сечении шахты:			
на рабочее топливо	кг/м ² час	239	256
на абсолютно-сухое вещество . .	»	184	197
Выход сухого газа:			
на рабочее топливо	нм ³ /кг	2,08	2,30
на абсолютно-сухое вещество . .	»	2,77	2,95
Состав сухого газа (по объёму)			
Углекислота CO ₂	%	15,28	13,21
Непред. углеводороды C _m H _n . . .	%	0,27	0,00
Кислород O ₂	%	0,75	0,30
Оксись углерода CO	%	14,32	16,04
Водород H ₂	%	13,63	11,28
Метан CH ₄	%	3,15	2,18
Азот N ₂	%	52,62	57,02
Теплотворная способность сухого газа:			
высшая	ккал/нм ³	1194	1042
низшая	»	1093	964
Температура газа в штудере генератора	°C	418	400
Содержание горючих в провале	%	56	71
Содержание смолы в газе	г/м ³	3,75	0,36
К. п. д. газогенератора по низшему пределу	%	69	67

Содержание смолы в газе согласно табл. 8 при обращённом процессе незначительно.

Применение двухзонного процесса при влажности дров выше 23% даёт повышение калорийности газа на 120—180 ккал/м³. Кроме того, понижаются потери горючего в провале и повышается коэффициент полезного действия генератора (табл. 9).

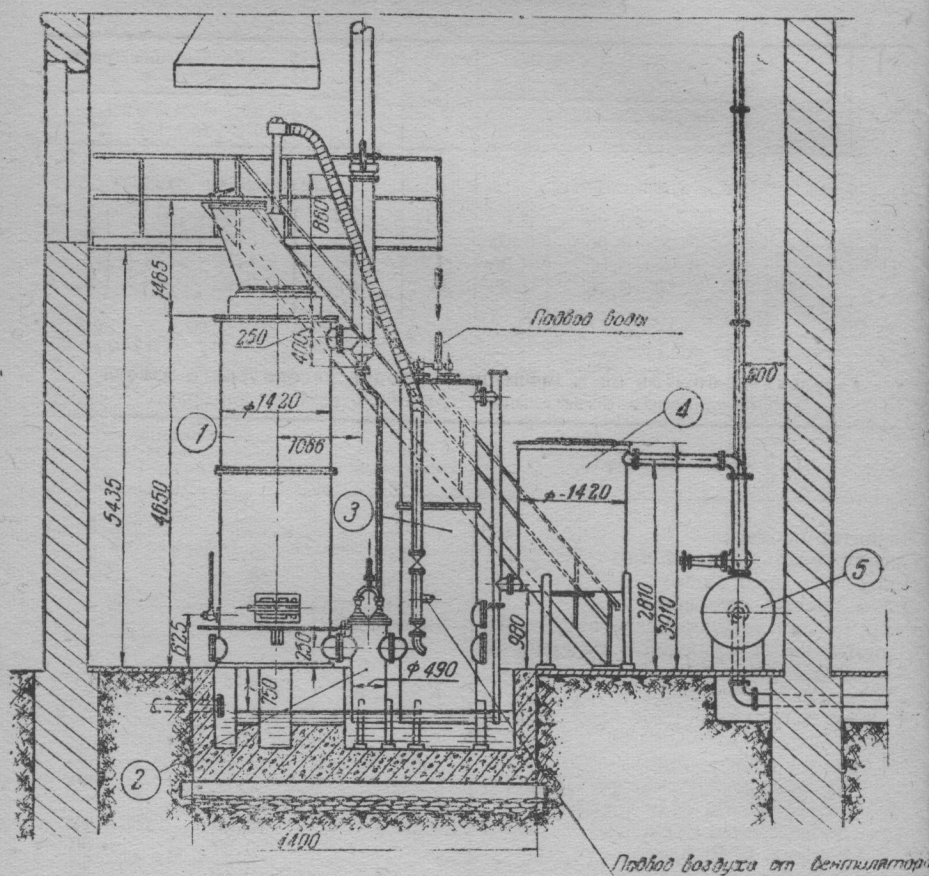


Рис. 6. Газогенераторная установка Г-2 завода «Двигатель революции»

Однако необходимость весьма тщательной регулировки подводимого под колосники воздуха и пара исключает практическое применение двухзонного процесса для газификации древесины и вообще малозольного топлива. В случае избытка воздуха под колосниками выгорание угля в нижней зоне протекает быстрее, чем обугливание древесины в верхних частях шахты; при этом к газоотводному кольцу спускается недостаточно подготовленное топливо и содержание смолы в газе заметно увеличивается (см. табл. 8). Сравнительно низкий коэффициент полезного дей-

ствия газификации объясняется значительными потерями горючего с выгребом.

Удовлетворительные результаты эксплуатации в течение 10 лет Угличского газогенератора послужили автору основанием для выбора его в качестве прототипа при разработке конструкции газогенератора В/К Промзернопроект.

На рис. 6 показана газогенераторная установка для дров марки Г-2 завода «Двигатель революции» производительностью 380—450 м³ газа в час. Она состоит из газогенератора с очищенным процессом (1), грубого очистителя-охладителя газа для грубой очистки газа от крупных частиц угля и пыли и охлаждения газа от 450—550° до 350—400° (2), скруббера для очистки и охлаждения газа от 350—400° до 20—30° (3), сухого очистителя для тонкой очистки и подсушки газа (4) и газового ресивера (газового горшка) для выравнивания колебаний газа в системе установки (5).

Для розжига и продувки всей газогенераторной установки на кронштейнах, приваренных к нижнему корпусу мокрого очистителя, устанавливается ручной вентилятор марки КП-4А.

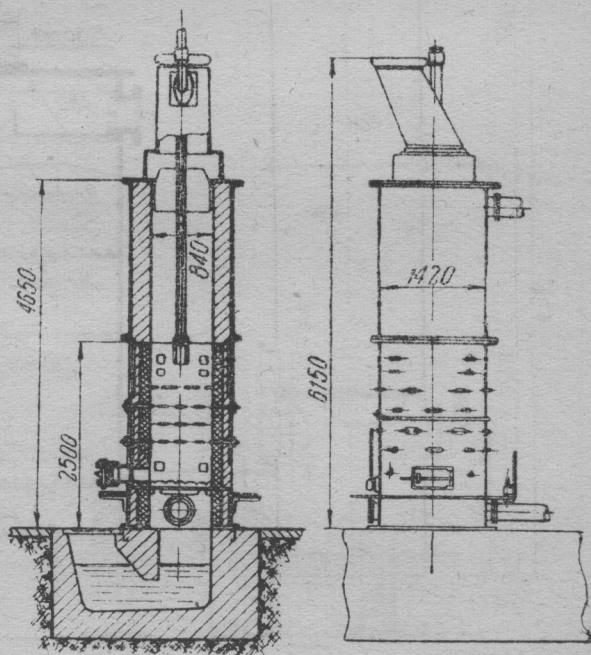


Рис. 7. Газогенератор Г-2

Установка Г-2 поставлялась заводом к газовым двигателям мощностью 110 и 140 л. с. Газогенератор (рис. 7) состоит из двух сварных стальных барабанов с четырьмя рядами фурм, расположенных в шахматном порядке. Корпус газогенератора внутри, в нижней половине шахты, выложен шамотным кирпичом, а в верхней половине — жжёным кирпичом. Для изоляции между футеровкой и корпусом имеется шамотная набивка. Колосниковая решётка чугунная, с качающимися колосниками, с рычажным приводом. Загрузочная воронка сварная из листовой стали, с двойным затвором и асбестовым уплотнением верхней крышки. Помимо фурм в первых образцах конструкции давался ещё центральный подвод воздуха с огнестойким наконечником и колпаком. Зольник является одновременно и гидравлическим затвором.

Грубый очиститель — сварной из листовой стали, своей

нижней частью погружён в гидравлический затвор. Внутри гру-
бый очиститель разделён вертикальной перегородкой на две части
для изменения направления газа.

Скруббер (рис. 8) состоит из двух сварных барабанов, нижней частью опущен в гидравлический затвор. Насадка скруббера — кокс, расположенный на решётке из стальных прутьев. Вода, орошающая кокс, подаётся через три дождевика — разбрызгивателя.

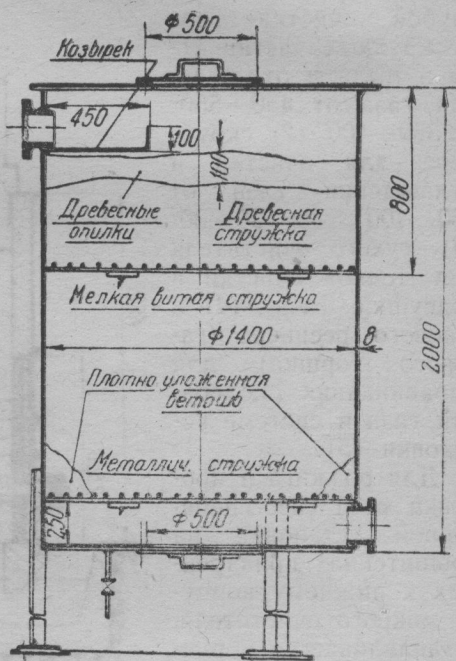
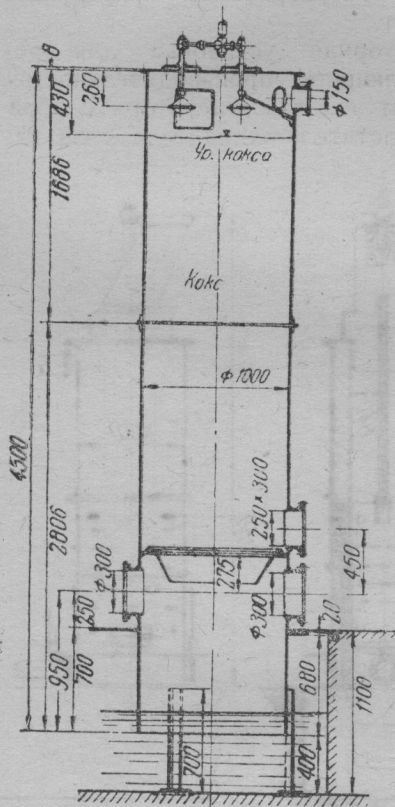


Рис. 8. Скруббер завода «Двигатель революции»

Рис. 9. Сухой очиститель завода «Двигатель революции»

Сухой очиститель (рис. 9) представляет собой сталь-
ной барабан с двумя решётками из стальных прутьев внутри.
Подвод газа — через нижний патрубок, отвод газа — сверху. На-
садка очистителя — металлическая стружка, ветошь, опилки.

Основные данные по установке

Топливо чурки смешанных пород
размером $80 \times 80 \times 200$ мм,
влажностью до 50%

Расход топлива влажностью 30% . 1,1 кг + 10% на 1 л.с.-час

Расход воды в скруббер:

летом	20 л/л. с.-час
зимой	15 »

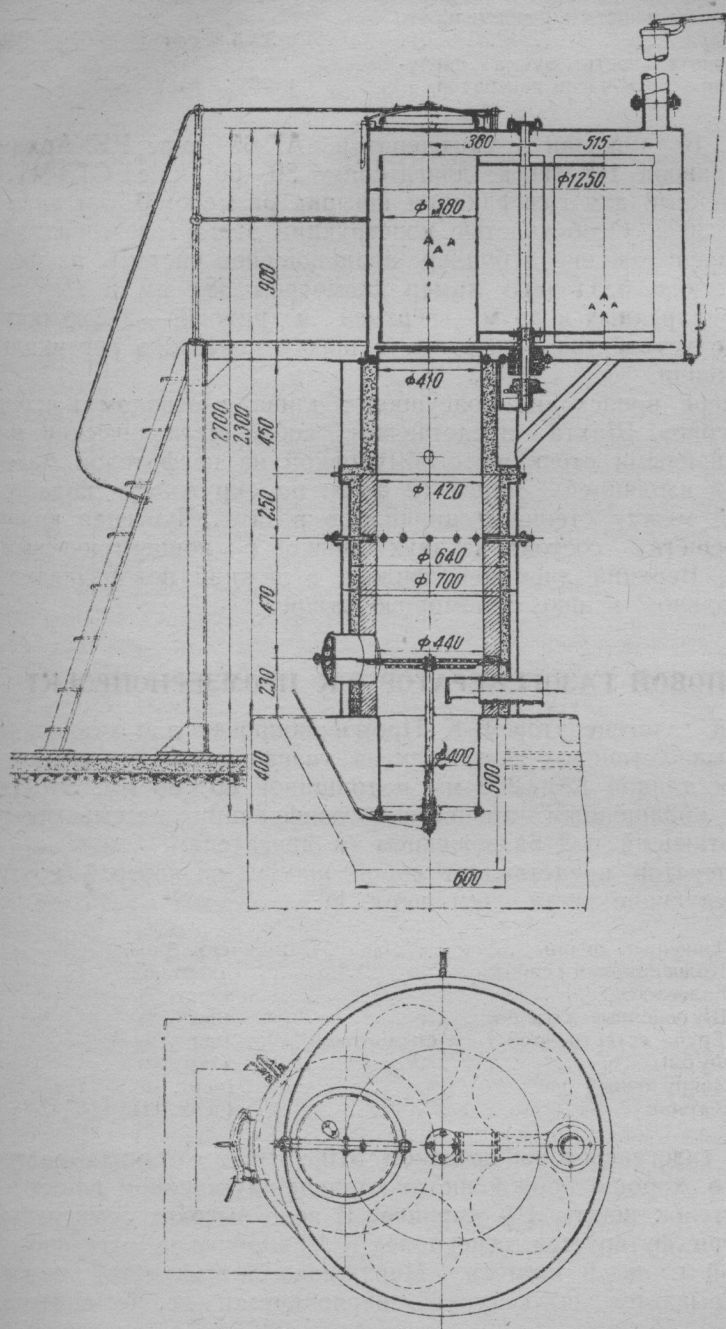


Рис. 10. Газогенератор АГ-65 для шырка

Напор воды, подаваемой в скруббер	не менее 2,5 м вод. ст.
Нормальное разрежение в системе	150—250 мм вод. ст.
Продолжительность первоначального розжига	3—5 часов
Продолжительность пуска заглу- шенного на 8 часов генератора	1—1 1/2 часа

На рис. 10 показан газогенератор АГ-65 типа КК Архангельского завода НКМП к двигателям 30—60 л. с. СТЗ-ЧТЗ, предназначенный для газификации швырка размером 0,75 м, влажностью до 30%. Особенностью конструкции этого газогенератора является расположение в бункере вращающейся системы из пяти цилиндрических бездонных камер диаметром 380 мм и высотой 780 мм, приваренных к двум — верхней и нижней — звёздочкам. Назначение устройства — загрузка в шахту швырка в вертикальном положении.

В бункере происходит подсушка топлива с отводом конденсата и погоннов. Шахта представляет собой металлический цилиндр с двойными стенками с обмуровкой из графитовой массы и тепловой изоляцией. Через 12 фурм по окружности подаётся подогретый между стенками цилиндров воздух. Чугунная колосниковая решётка состоит из двух дисков с концентрическими прорезями. Верхний диск неподвижен, а нижний поворачивается на вертикальном валике с помощью рычага.

IV. ТИПОВОЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР В/К ПРОМЗЕРНОПРОЕКТ

Типовой газогенератор В/К Промзернопроект для стационарных силовых установок рассчитан на газификацию древесины в виде чурок длиной 120—200 мм и толщиной 80×80 мм. Это генератор с обращённым процессом газификации всасывающего типа, работающий под разрежением от двигателя.

Газогенератор представляет собой шахту, на которой монтируются следующие части¹ (см. черт. 1):

Топочные дверцы	(черт. 5 и 6)
Колосниковая решётка	(черт. 6)
Газоотвод	(черт. 7)
Шуровочные затворы	(черт. 8)
Труба естественной тяги (дымоотвод)	(черт. 9)
Фурмы	(черт. 9)
Загрузочный люк	(черт. 10)
Каркас	(черт. 11)

Шахта газогенератора сечением 510×510 мм выкладывается из красного, хорошо обожжённого кирпича на глиняном растворе. Толщина стенок шахты 1 1/2 кирпича. В зоне высоких температур шахта внутри футеруется огнеупором в 1/2 кирпича на растворе из огнеупорной глины и шамота. Наружная поверхность кладки шахты покрывается штукатуркой, периодически возобновляемой

¹ Чертежи типового газогенератора В/К Промзернопроект см. в приложении.

для предупреждения подсоса воздуха через трещины и неплотности кладки.

На работе генератора особенно вредно отражается подсос воздуха в активную зону. Поэтому при наличии листовой стали особо рекомендуется устройство металлического кожуха, одевающего шахту генератора от фундамента до фурм (см. черт. 2).

От фурменного пояса до уровня газоотбора шахта имеет плавное сужение с минимальным размером сечения 275×275 мм для генератора производительностью $100 \text{ м}^3/\text{час}$ (см. черт. 1) или 320×340 мм для генератора производительностью $140 \text{ м}^3/\text{час}$ (см. черт. 3). Этим достигается уплотнение слоя, обеспечивающее более энергичное протекание реакций и более полное разложение смол.

Для равномерного распределения воздуха при подводе его сверху в кладке делается расширение, которое со стенками загрузочного люка образует воздушный канал по периметру шахты.

Кирпичный фундамент под шахту газогенератора выкладывается на цементном растворе глубиной 400 мм со щебеночной подготовкой 100 мм. Прочность и устойчивость кладки обеспечиваются обвязочным каркасом, стойки которого заделываются в фундамент на 200 мм.

Каркас (см. черт. 11) представляет собой 4 стойки (дет. 96) из угольников $75 \times 75 \times 6$ мм. Из таких же угольников сделана верхняя обвязка (дет. 94) каркаса, защищающая верх кладки от обрушения и служащая опорой дымоотводу (дет. 54 и 53 на черт. 9).

Ниже верхней обвязки, на расстоянии 100 мм друг от друга, стойки схвачены поперечной обвязкой из полосовой стали 40×6 мм (дет. 93) со стяжными болтами (дет. 98). Каркас выполнен разборным для удобства перевозки его металлочастей при изготовлении их в центральных мастерских.

При устройстве металлического кожуха каркас несколько изменяется (см. черт. 12). Дополнительно требуется 4 листа стали размерами 1225×1620 мм, толщиной 2 мм, которые устанавливаются изнутри каркаса перед началом кладки шахты. При этом листы к каркасу не привариваются, а прижимаются стойками (дет. 92) и поперечной обвязкой к кладке. Для уплотнения между кладкой и верхним контуром кожуха кладется асбестовая прокладка (см. черт. 2).

Верх газогенератора перекрыт плитой $1120 \times 1120 \times 3$ мм (дет. 84), защищающей кладку от разрушения при загрузке шахты и служащей опорой для загрузочного люка, стенки которого (дет. 80) к ней привариваются. Уплотнение между плитой и кладкой осуществляется ребром из полосовой стали (дет. 85) 40×4 мм, входящим в гнездо кладки, заполненное мастикой из асбеста и глины. Крышка (дет. 77) загрузочного люка имеет песочный (а при заполнении водой — гидравлический) затвор, предупреждающий проникновение газа в помещение. Крышка уравнивается противовесом (дет. 87) и может быть открыта

с рабочей площадки, благодаря чему лицо рабочего не будет приближаться к открытому отверстию шахты.

В боковых стенках шахты предусмотрены три лючка для периодической шуровки (см. черт. 8). Каждый лючок перекрывается крышкой (дет. 44) шуровочного затвора, коробка которого (дет. 42) с диафрагмой (дет. 41) заделывается в кладку. Крышка посажена на шпильках (дет. 46), приваренных к фланцу (дет. 43) коробки, и зажимается гайкой с ручкой (дет. 45). Через эти же шуровочные отверстия можно наблюдать за состоянием слоя топлива в шахте.

Газ отводится из шахты ниже суженного её сечения, над колосниками. При этом равномерная работа сечения обеспечивается отбором газа на обе стороны по всей длине щели в горизонтальные боровки 125×275 мм, заложенные в стенках шахты. В каждый боровок заделывается прямоугольный металлический короб толщиной 8 мм (дет. 23, черт. 7) с фланцевой крышкой (дет. 19) на болтах (дет. 36) для периодической чистки газоотвода от уноса, смолы и т. п. К коробам газоотвода (дет. 23) привариваются вертикальные стояки (дет. 24) из трубы $114 \times 3,75$ мм, погружённые свободным концом в воду на глубину не менее 200 мм (гидравлический затвор). Из этих стояков через сварной фланцевый тройник (дет. 26—27) газ отводится в скруббер по трубе диаметром 133×4 мм.

Уплотнение газовой коробки в кладке достигается диафрагмой (дет. 20а) и асбестовой набивкой глубиной в $\frac{1}{2}$ кирпича. При устройстве металлического кожуха газоотводная коробка притягивается к нему фланцем (дет. 20) на шпильках (дет. 104), приваренных к рамке из угольников $50 \times 50 \times 5$ мм (дет. 105—106, черт. 12). Угольники заложены в кладку и прижаты к ней стойками каркаса. Между коробками газоотвода и кладкой прокладывается асбестовый шнур.

Тщательное уплотнение в зоне отвода газа особенно важно, так как в случае подсоса воздуха газ будет сгорать ещё до выхода из генератора.

В верхнюю часть каждого из вертикальных стояков через прямоугольную коробку газоотвода введена перфорированная трубка диаметром в $\frac{1}{2}$ " (дет. 29), по которой подводится и разбрызгивается вода для орошения отсасываемого из генератора газа.

Для поддержания слоя топлива на 300 мм ниже газоотбора на чугунной рамке (дет. 18, черт. 6) располагается чугунная колосниковая решётка. Решётка принята неподвижная и состоит из двух половин (дет. 17).

Замена и установка колосников может производиться через верхнюю топочную дверцу.

Для защиты топочной дверцы от высоких температур топливника при работе генератора проём закладывается кирпичом насухо без перевязки.

На общей фронтальной плите (дет. 1, черт. 5) с топочной дверцей монтируется и зольниковая (нижняя) дверца. Последняя

необходима для периодического выгреба из зольника и прорезки колосниковой решётки.

Ёмкость зольника позволяет производить выгреб золы и провала не чаще одного раза в сутки, когда генератор не работает. Наличие между колосниками и газоотбором слоя угля в 300 мм позволяет открыть зольниковую дверцу на несколько минут во время работы генератора. Этот слой угля является также и защитой на случай подсоса воздуха через неплотности шахты ниже газоотбора.

Фронтальная плита толщиной 3 мм крепится на шпильках (дет. 104, черт. 11 и 12), приваренных к рамке (дет. 101 и 102) из угольников $50 \times 50 \times 5$ мм. Последняя закладывается в обмуровку и прижимается к ней стойками каркаса. Коробка (горловина) каждой дверцы (дет. 2) приварена к фронтальной плите. Для уплотнения между кладкой и коробкой прокладывается асбестовый шнур.

Крышка каждой дверцы (дет. 3) имеет по периметру паз с асбестовой набивкой и плотно прижимается к кромке горловины с помощью рычага (дет. 7), накидной вилки (дет. 8) и винта (дет. 9) с воротком (дет. 10).

Для отвода продуктов сгорания при розжиге или газа при остановке двигателя газогенератор снабжён трубой естественной тяги или дымоотводом (см. черт. 8) диаметром 133×4 мм. Образующийся в дымоотводе конденсат отводится по трубе диаметром 2" (дет. 57), присоединённой к дымоотводу и погружённой свободным концом в гидравлический затвор на глубину не менее 200 мм. Благодаря соединительной муфте (дет. 59) с контргайкой (дет. 58) конденсатопровод легко разбирается для периодической очистки его от смолы. Тройник (дет. 51) дымоотвода заделывается своим отростком в кладку шахты на уровне воздушного канала и уплотняется асбестовой набивкой. К тройнику приварен опорный фланец (дет. 53) для крепления трубы к угольникам (дет. 54), приваренным к верхней обвязке каркаса. Для жёсткости крепления применены косынки (дет. 55). Дымоотвод снабжается газовой задвижкой Лудло (дет. 62) или шибером и выводится на 2 м выше крыши. Устье трубы прикрывается зонтом (дет. 66). В тройник (дет. 51) дымоотвода вваривается штуцер (дет. 68) диаметром 2" для прочистки заделанного в кладку отростка и присоединения воздуховода от вентилятора. Штуцер можно прикрыть колпаком (дет. 69) на резьбе.

В зависимости от влажности дров газогенератор может работать с подводом воздуха через фурмы или открытый загрузочный люк.

При сухих дровах воздух подводится через 8 фурм (см. черт. 8), сделанных из отрезков газовой трубы диаметром 1" (дет. 71), расплющиваемых на конце. Конец фурмы, обращённый в помещение, имеет нарезку для посадки колпачка (дет. 73). Для уплотнения к фурме приваривается пластинка (дет. 72), заделываемая в кладку. Кроме того, промежутки в кладке вокруг фурм заделываются асбестом.

У. ОЧИСТНАЯ АППАРАТУРА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ В/К ПРОМЗЕРНОПРОЕКТ

Для охлаждения газа, выходящего из газогенератора, и очистки его от пыли и смолы применяются последовательно мокрый очиститель — скруббер и сухой очиститель — фильтр.

Корпус скруббера (см. черт. 13) сварной из 3 листов стали 1000×2000 мм, толщиной 3 мм. Применение дерева для этой цели не рекомендуется.

В нижней части скруббера горячий газ барботирует через воду. Для этого конец вводного колена газоподводящей трубы (дет. 6) погружён в воду на 20 мм. Глубина погружения вводного колена точно фиксируется устройством чаши, стенки которой (дет. 3), приваренные ко дну скруббера (дет. 2), выдаются на 20 мм выше обреза колена барботера.

Равномерность распределения газа, вытекающего из-под обреза колена барботера, обеспечивается треугольными вырезами вершины которых должны быть установлены строго на одном уровне.

Выше вводного колена на опорном кольце (дет. 9) из уголка $35 \times 35 \times 4$ мм, загнутого полкой внутрь и приваренного к стенкам скруббера, располагается деревянная решётка (дет. 22). Она выполняется из брусков 70×25 мм и состоит из двух половин. Решётка поддерживает слой насадки высотой 2,1 м, орошаемой сверху водой.

Насадкой могут служить тонкие, поставленные на ребро сложенные накрест доски (хорды), кокс кусками размером 75 мм в нижней половине насадки и 50 мм в верхней половине или чурки соответствующих размеров.

Подводимая сверху вода разбрызгивается оросителем из трубы диаметром 1", согнутой кольцом, с отверстиями диаметром 3 мм (дет. 39) или тремя брызгалами, разбрызгивающими воду благодаря удару её по выходе из трубки диаметром 1" (дет. 31) о пластинку (дет. 33) с отверстием диаметром 20 мм посередине. Пластинка крепится тремя подвесками (дет. 32).

Перед штуцером для отвода газа из скруббера (дет. 37) устроен козырёк (дет. 35) для уменьшения уноса водяных капель.

Для отвода воды из скруббера в гидравлический затвор служит штуцер диаметром 2" (дет. 4).

Прямоугольный смотровой люк 125×200 мм (дет. 15) для осмотра и удаления насадки располагается по месту, с наиболее доступной стороны скруббера.

Верх скруббера плотно прикрывается крышкой (дет. 18) на асбестовой прокладке (дет. 17) и крепится к фланцу из уголка (дет. 16) болтами с помощью кольца (дет. 19) из полосовой стали 35×4 мм.

Для спуска воды из барботера служит пробка с резьбой диаметром $1\frac{1}{2}$ " (дет. 20—21) или спускная трубка с запорным краном или вентилем, погружаемая в гидравлический затвор.

Габариты скруббера выбраны с таким расчётом, чтобы для его изготовления при отсутствии листовой стали можно было использовать стандартные металлические бочки из-под нефтепродуктов. В этом случае скруббер (черт. 14) изготавливается из 3 бочек, свариваемых в один цилиндр с помощью накладок из полосовой стали (дет. 13). Предварительно в бочках вырезают днища, за исключением одного, служащего дном скруббера. Уровень воды над обрезом колена барботера в данном случае фиксируется соответствующим расположением сливной трубы диаметром $89 \times 3,25$ мм, по которой вода отводится из скруббера в гидравлический затвор (дет. 20—21). В остальном конструкция скруббера из бочек мало отличается от вышеописанной. Скруббер рассчитан на пропуск газа в количестве 100—140 $\text{м}^3/\text{час}$.

Обечайка фильтра или сухого очистителя (см. черт. 15) выполняется из 1 стального листа 1000×2000 мм (дет. 1) толщиной 3 мм на сварке.

Для ввода газа к обечайке сбоку приварен штуцер (дет. 24) диаметром $114 \times 3,75$ мм с фланцем.

На полки (дет. 3) из полосовой стали 35×4 мм, приваренные к корпусу фильтра, опираются две деревянные решётки (дет. 27). На каждой решётке уложен слой фильтрующей массы из деревянных стружек (древесная шерсть) и опилок высотой 250 мм.

Параллельный пропуск газа через оба слоя насадки достигается установкой внутри фильтра отрезка трубы (дет. 12) диаметром $159 \times 4,5$ мм с приваренным к нему штуцером диаметром $89 \times 3,25$ мм (дет. 13). По этой трубе газ собирается после фильтрации и отводится в газопровод.

На случай обратных всплесков в газовый коллектор со стороны двигателя на торце газопровода перед фильтром ставится предохранительный клапан.

Для спуска конденсата служит кран диаметром $3/4''$ (дет. 29) со спускной трубкой, погружаемой в гидравлический затвор. Фильтр рассчитан на пропуск 140 $\text{м}^3/\text{час}$ сухого газа. Габариты фильтра соответствуют габариту одной бочки из-под нефтепродуктов, которая может быть использована при отсутствии листовой стали.

Конструкция фильтра из бочки (черт. 16), рассчитанного на пропуск 100 $\text{м}^3/\text{час}$ сухого газа, несколько отличается от конструкции фильтра из стального листа. В фильтр, изготовленный из бочки, газ вводится по штуцеру диаметром $114 \times 3,75$ мм (дет. 11) в нижнюю часть фильтра и, пройдя последовательно через 2 слоя фильтрующей массы, выходит вверх через штуцер диаметром $89 \times 3,25$ мм (дет. 7). Оба штуцера вварены в стенки фильтра с таким расчётом, чтобы обеспечить равномерное протекание газа по всему сечению фильтра. На чертеже дан вариант насадки фильтра, применяемый заводом «Двигатель революции».

Предохранительный клапан установлен на крышке фильтра. Однако расположение предохранительного клапана на газопроводе, как описано выше, следует считать более эффективным.

VI. СХЕМА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Взаимное расположение и связь всех элементов газогенераторной установки — газогенератора, скруббера, фильтра, газового горшка, трубопроводов с их арматурой, контрольно-измерительных приборов и подсобного оборудования — должны соответствовать преподанной проектом схеме, соблюдение которой независимо от местных условий, обязательно как с точки зрения процесса производства газа, так и по соображениям техники безопасности.

Сущность схемы сводится к следующему (см. черт. 17 и 18). Топливо и продукты сгорания. Загрузка топлива в загрузочный люк газогенератора производится с рабочей площадки, располагаемой на высоте 2,2—2,5 м от пола.

На 100—140 $\text{м}^3/\text{час}$ сухого газа требуется дров влажностью 35% около 50—70 $\text{кг}/\text{час}$, или 1—1,25 м^3 в смену.

Такое количество может быть подано на рабочую площадку вручную без особого труда.

Для облегчения обслуживания газогенератор может быть заглублён на 0,7—1 м в тунн. При этом перед топочным фронтом должен быть оставлен соответствующий приямок и обеспечен свободный слив излишка воды с верхнего уровня гидравлического затвора генератора.

Поступившее в шахту генератора топливо по мере сползания вниз последовательно проходит зоны подсушки, сухой перегонки, горения и газификации.

Очаговые остатки по мере накопления их в зольнике периодически выгребаются через зольниковую дверцу вручную.

Дымовые газы до начала газификации отводятся по трубе естественной тяги (дымоотводу), которая выводится в атмосферу на 2 м выше конька крыши газогенераторной станции.

Конденсат от паров воды и смол отводится в гидравлический затвор при генераторе по конденсатопроводу, погружённому в воду на глубину не менее 200 мм.

Независимо от общей вентиляции помещения газогенераторной станции над загрузочным люком газогенератора обязательно устройство зонта с вытяжной трубой диаметром 600 мм, которая выводится в атмосферу на высоту не менее 2 м над уровнем конька крыши газогенераторной. Вытяжную трубу рекомендуется снабдить утеплённым дроссель-клапаном, управляемым с пола, и колпаком над устьем трубы для защиты от атмосферных осадков.

Рабочая площадка ограждается перилами высотой 1 м с сеткой в нижней части высотой 20 см.

Газ. Выходящий из генератора газ с температурой 450—500° несёт в себе некоторое количество паров воды, смол и пыли — частиц несгоревшего угля и золы.

В вертикальных стояках газоотвода газ смешивается с разбрызгиваемой водой, отдаёт последнюю часть своего тепла и снижает свою температуру до 200—250°, вода же, нагреваясь, ча-

стично превращается в водяной пар, дополнительно поглощаемый газом. Остальная часть воды, увлекая с собой наиболее крупные частицы пыли и часть растворившихся смол, стекает в гидравлический затвор при генераторе.

Такое попутное использование газоотвода заменяет устройство специального стояка — грубого очистителя, обычно устанавливаемого в газогенераторных установках перед скруббером, и имеет целью:

- 1) Грубую очистку газа от уноса и части смолы.
- 2) Предварительное охлаждение газа для защиты насадки скруббера от перегрева и тления, особенно при внезапном прекращении подачи воды в скруббер.
- 3) Уменьшение нагрева газоотводящих труб для удлинения срока их службы и облегчения условий труда персонала.

После генератора газ по трубе диаметром 133×4 мм направляется непосредственно в скруббер и при входе барботирует через воду.

Поток газа, вытекающий из-под обреза колена барботера, благодаря треугольным вырезам равномерно раздробляется на мелкие струйки и пробивается через слой воды толщиной 20 мм.

Тесное смешение с водой способствует насыщению газа водяными парами и резкому снижению его температуры до $70-80^\circ$. Это позволяет уменьшить размеры скруббера для последующего охлаждения газа в насадке.

Кроме того, барботер является автоматически действующим гидравлическим затвором, отсекающим газогенератор от остальной аппаратуры при внезапном прекращении всасывания со стороны двигателя или дутья со стороны вентилятора. Благодаря этому отпадает необходимость в задвижке на газопроводе между генератором и скруббером.

Во второй стадии охлаждения в скруббере газ поднимается через орошаемую насадку вверх, к выходу из скруббера; отдавая часть тепла воде, газ дополнительно снижает свою температуру до $25-35^\circ$. Это ведёт к осушке газа, так как значительная часть паров, заключённых в газе, конденсируется и вместе с остатками смолы и пыли уносится из скруббера стекающей водой.

Из скруббера газ направляется в фильтр по трубе диаметром $114 \times 3,75$ мм, погружаемой своим свободным концом в гидравлический затвор; при этом водяные капли, увлечённые газом, ещё до фильтра частично выпадают.

В фильтре охлаждённый газ при прохождении через фильтрующую массу из древесных стружек (древесной шерсти) и опилок освобождается от мелких капель воды и тонкой пыли, не осевших в скруббере.

После фильтра холодный и очищенный газ по трубе диаметром $89 \times 3,25$ мм направляется к двигателю. Перед двигателем на газопроводе ставится пробный краник для пробы газа на цвет пламени с сеткой Деви на выходе. Между пробным краником и смесителем двигателя на газопроводе ставится проходной

кран или быстродействующая газовая задвижка для отключения двигателя. Установка такой задвижки обязательна независимо от наличия дроссельной заслонки, служащей для регулировки количества газа.

На газопроводе возможно ближе к двигателю устанавливается продувочная труба («свеча») диаметром 2—3", служащая для продувки системы перед пуском двигателя и после остановки газогенератора. Она выводится в атмосферу на 2 м выше конька крыши станции.

На продувочной трубе ставится проходной кран или быстродействующая задвижка, позволяющая направлять газ в атмосферу или к пробному кранику, к двигателю.

Газопровод следует вести с уклоном 0,005 к двигателю и в наиболее низкой точке его на конце газопровода (на тупике) устанавливать водосборник с краником или спускной трубкой для конденсата, погружаемый в гидравлический затвор.

Воздух. Рассматриваемая газогенераторная установка является газовсасывающей. Поток газа от газогенератора к двигателю создаётся благодаря разрежению, которое вызывается всасывающим действием работающего двигателя.

Поворот дросселя на газопроводе перед двигателем изменяет количество отбираемого газа. Это приводит к изменению разрежения в системе газоприготовления, а соответственно — и количества воздуха, всасываемого в газогенератор.

Количество сгорающего в единицу времени топлива, а следовательно, производительность газогенератора, всецело зависит от количества поступающего в него воздуха. Таким образом, во время работы двигателя генератор засасывает воздуха, расходует топлива и производит газа ровно столько, сколько требует двигатель.

В период работы газогенератора на сухих дровах воздух поступает в него через фурмы. При работе газогенератора на более влажных дровах воздух засасывается также через фурмы, но при этом открывается задвижка «свечи» генератора. При очень влажном топливе воздух в газогенератор подаётся через открытую верхнюю крышку; при этом фурмы закрываются, а свеча служит для отвода пара.

Во время растопки генератора до пуска двигателя воздух подаётся под колосники через зольниковую дверцу естественной тягой, создаваемой «свечой» (дымоотводом) генератора. Для ускорения процесса розжига воздух может вдуваться под колосники ручным вентилятором при закрытой топочной дверце.

Следует предостеречь от практики «рассасывания» газогенератора и заполнения горючим газом всей аппаратуры и газопроводов установки при помощи двигателя в начальном периоде его работы на нефти. Это ведёт к образованию в аппаратуре и газопроводах взрывчатой газовоздушной смеси.

Охлаждение газа в стояках газоотвода и устройство барботера исключают возможность загорания насадки в скруббере или попадания туда искры со стороны генератора. Однако со стороны

двигателя при неправильной его регулировке, неправильной работе зажигания, наличии неплотностей во всасывающих клапанах и т. п. могут происходить обратные вспышки. Особенно следует иметь в виду специфическое расположение выхлопного и продувочных окон в двухтактных двигателях. Поэтому наличие в аппаратуре и газопроводе газовой смеси, засасываемой двигателем, может привести к взрыву.

В начале розжига вся аппаратура и газопровод продуваются дымом, выпускаемым через продувочную трубу у двигателя. Для этого на несколько минут закрывают «свечу» генератора и нагнетают вентилятором воздух под колосники. В дальнейшем непосредственно перед пуском двигателя всю систему, из которой воздух был предварительно вытеснен дымом, заполняют газом.

Перед тем как переключить двигатель с нефти на газ, необходимо установить, заполнены ли вся аппаратура и газопровод до двигателя горючим газом надлежащего качества. Это проверяется по цвету пламени у пробного краника, установленного на газопроводе перед самым двигателем.

Наличие сетки Деви на пробном кранике предохраняет от обратной вспышки в случае преждевременного прекращения дутья при пробе газа.

Применение ручного вентилятора в схеме газоприготовления является обязательным, давая возможность: ускорить розжиг генератора, проверить аппаратуру и газопроводы на плотность, продуть дымом систему и вытеснить из неё весь воздух, проверить качество газа по цвету пламени у пробного крана, ускорить дожигание остатков топлива в газогенераторе.

Вода. На охлаждение и очистку 1 м^3 сухого газа в скруббере требуется около 15 л воды при начальной его температуре 15° и конечной 30°. На орошение стояков газоотвода требуется 2,5—3 л воды на 1 м^3 сухого газа. Таким образом, для газогенераторной установки производительностью 100—140 $\text{м}^3/\text{час}$ газа требуется 1,7—2,4 м^3 воды в час.

Кроме скруббера и стояков, вода должна быть подведена к ваннам гидравлических затворов и к зольнику для гашения выбега.

Для бесперебойной подачи воды предусмотрен водяной бак ёмкостью не менее 30-минутного расхода воды. При работе установки расход воды из бака должен непрерывно возмещаться. Водяной бак устанавливается на высоте 5 м от его дна до верхней точки скруббера. При ограниченных размерах помещения эта высота может быть снижена до 2,5—3 м.

Водяной бак оборудуется спускной и переливной линией с воронкой на видном месте для контроля перелива.

Водопроводная труба к скрубберу должна быть подведена петлей для образования гидравлического затвора, исключающего попадание воздуха в скруббер при внезапном опорожнении бака. Таким же способом подводится вода и к стоякам.

Вентили для пуска воды в скруббер и стояк располагаются в доступном месте на высоте 1,8 м от пола. Наличие сливных

линий в гидравлических затворах обеспечивает постоянство уровня воды в них на заданной высоте и предотвращает попадание воды или воздуха в аппаратуру, а газа — в помещение.

В зависимости от мощности местного источника водоснабжения применяется проточная система охлаждения газа со сбросом всей сточной воды из скруббера и стояков или замкнутая циркуляционная система с охлаждением повторно используемой скрубберной воды в градирне. В последнем случае расход воды на охлаждение газа сокращается до $0,2-0,3 \text{ м}^3$ в час.

Стекающая из скруббера и стояков вода, как указывалось выше, кроме пыли и сажи, уносит с собой известное количество продуктов сухой перегонки — смол и кислот, неполностью разложившихся в газогенераторе. Они имеют резкий неприятный запах, ядовиты, разрушают металл и бетон. Количество их в воде зависит главным образом от правильности ведения процесса в газогенераторе. Поэтому как при охлаждении газа проточной водой, так и при повторном использовании скрубберной воды последняя подлежит обработке (очистке), имеющей целью более полное выделение из стоков взвешенных веществ, смол и разрушение сложных органических соединений.

При повторном использовании скрубберной воды концентрация воднорастворимых веществ в стоках сильно повышается, что усиливает явления коррозии в системе и затрудняет процесс разрушения фенолов. Для понижения этой концентрации необходимы периодический сброс части циркулирующей в системе воды и замена её свежей. С этой же целью конденсат из конденсатопровода газогенератора следует отвести в отдельное ведро, а не в общую со стояком ванну гидравлического затвора.

Схему очистного устройства для воды, место сброса сточных вод и вывоза смол необходимо согласовывать на месте с представителем Государственной санитарной инспекции.

VII. РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ¹

РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Целью расчёта является определение ряда показателей, характеризующих процесс газификации: выхода газа, расхода воздуха, коэффициента полезного действия газификации и других, а также проверка принятых размеров газогенератора.

Указанные показатели определяются из материального и теплового балансов¹.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

Приходные статьи

Топливо. Средний состав горючей массы смешанных дров (в процентах по весу) принимаем на основании данных А. И. Карелина: $\text{C}^* - 50,5$; $\text{N}^* - 0,6$; $\text{H}^* - 6,2$; $\text{O}^* - 42,7$.

¹ Расчёт ведётся на основе практических данных, полученных при испытании однотипного дровяного газогенератора по методу, описанному в книге проф. Гинзбурга «Газогенераторные установки».

Зольность рабочего топлива принимаем: $A^p = 1\%$.

Влажность рабочего топлива принимаем: $W^p = 35\%$.

Состав рабочего топлива (в процентах по весу):
 $C^p = 50,5 \cdot 0,64 = 32,3$; $H^p = 6,2 \cdot 0,64 = 4,0$; $N^p = 0,6 \cdot 0,64 = 0,38$;
 $O^p = 42,7 \cdot 0,64 = 27,32$; $A^p = 1,0$; $W^p = 35,0$; итого — 100% .

При газификации дров, близких по составу и влажности, в однотипном газогенераторе был получен газ в среднем следующего состава (табл. 10):

Таблица 10

Состав газа при газификации дров в газогенераторе Промэнергопроекта

Компоненты газа	В % по объёму	В нм ³
CO ₂	14,6	0,146
O ₂	0,7	0,007
CO	12,8	0,128
H ₂	15,1	0,151
CH ₄	2,5	0,025
N ₂	54,3	0,543
	100,0	1,0

Полагаем, что вся зола уходит в провал и унос.

Содержание горючих в провале и уносе принимаем 23% .

Потерями углерода в смоле пренебрегаем, предполагая, что смола практически разложится нацело.

Определяем выход сухого газа из 1 кг рабочего топлива. В 1 кг топлива содержится 0,323 кг С. Если допустить, что горючее в провале и уносе состоит из углерода, то при зольности топлива 1,0% потеря углерода в провале и уносе составляет:

$$C_{np} = 23 \frac{1}{100 - 23} = 0,3\%, \text{ или } 0,003 \text{ кг.}$$

Выход сухого газа:

$$V_{c.s.} = \frac{C_m - C_{np}}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} = \\ = \frac{0,323 - 0,003}{0,536 (0,146 + 0,128 + 0,025)} = \frac{0,32}{0,16} = 2 \text{ нм}^3/\text{кг.}$$

Воздух. Расход воздуха на газификацию составляет:

$$V_6 = \frac{N_2 \cdot V_{c.s.} - \frac{N_m}{1,251}}{0,79} = \frac{0,543 \cdot 2 - \frac{0,004}{1,251}}{0,79} = 1,37 \text{ нм}^3/\text{кг.},$$

или в весовых единицах:

$$1,37 \cdot 1,293 = 1,77 \text{ кг/кг.}$$

N_2 — содержание азота в газе в нм³/нм³;

N_m — содержание азота в топливе в кг/кг.

На 100 кг топлива воздух вносит:

$$\begin{array}{l} \text{азота: } 1,77 \cdot 0,768 \cdot 100 = 136 \text{ кг} \\ \text{кислорода: } 1,77 \cdot 0,232 \cdot 100 = 41 \text{ »} \end{array}$$

$$\text{Итого. } 177 \text{ кг}$$

Расходные статьи

Газ. Весовое количество элементов, содержащихся в сухом газе, на 100 кг топлива, т. е. в 200 нм³ газа:

$$C \ 200 \cdot 0,536 (CO_2 + CO + CH_4) = 200 \cdot 0,536 (0,146 + 0,128 + 0,025) = 32 \text{ кг};$$

$$H \ 200 \cdot 0,0899 (H_2 + 2 CH_4) = 200 \cdot 0,0899 (0,151 + 2 \cdot 0,025) = 3,61 \text{ кг};$$

$$O \ 200 \cdot 1,429 (CO_2 + 0,5 CO + O_2) = 200 \cdot 1,429 (0,146 + 0,5 \cdot 0,128 + 0,007) = 62,02 \text{ кг};$$

$$N \ 200 \cdot 1,251 N_2 = 200 \cdot 1,251 \cdot 0,543 = 135,9 \text{ кг}.$$

Количество водорода, перешедшего во влагу газа, находим по балансу водорода, а именно:

$$\text{Внесено топливом:} \quad 4,0 + \frac{35}{9} = 7,88 \text{ кг H}$$

$$\text{Переходит в сухой газ:} \quad 3,61 \text{ кг H}$$

$$\text{Переходит во влагу газа:} \quad 7,88 - 3,61 = 4,27 \text{ кг H}$$

$$\text{Водород связывает в воду:} \quad 4,27 \cdot 8 = 34,16 \text{ кг O}$$

$$\text{Получается влаги в газе:} \quad 4,27 + 34,16 = 38,43 \text{ кг}$$

Удельный вес сухого газа при 0° и 760 мм рт. ст.:

$$\gamma_g = CO_2 \cdot \gamma_{CO_2} + O_2 \cdot \gamma_{O_2} + CO \cdot \gamma_{CO} + H_2 \cdot \gamma_{H_2} + CH_4 \cdot \gamma_{CH_4} + N_2 \cdot \gamma_{N_2} = \\ = 0,146 \cdot 1,97 + 0,007 \cdot 1,43 + 0,128 \cdot 1,25 + 0,151 \cdot 0,09 + 0,025 \cdot 0,717 + \\ + 0,543 \cdot 1,25 = 1,17 \text{ кг/нм}^3.$$

На 1 нм³ сухого газа приходится влаги:

$$\frac{38,4}{200} \cdot 1000 = 192 \text{ г/нм}^3, \text{ или } \frac{0,192}{0,804} = 0,239 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \text{ газа.}$$

На 1 кг сухого газа приходится влаги:

$$\frac{38,4 \cdot 1000}{200 \cdot 1,17} = 164 \text{ г/кг},$$

что соответствует насыщению при $t \cong 60^\circ$.

Отвод из зоны подсушки газогенератора части влаги, испарившейся из топлива, способствует заметному уменьшению подчитанного выше влагосодержания, являющегося максимальным для дров принятой влажности.

Выход влажного газа на 1 кг топлива:

$$2 + 2 \cdot 0,239 = 2,478 \text{ нм}^3/\text{кг}.$$

Остатки (провал и унос). Зола в количестве 1,0 кг на 100 кг топлива переходит в провал и унос.

Как уже было подсчитано, количество углерода, переходящего в провал и унос, на 100 кг топлива составляет 0,3 кг.

Всего выход остатков на 100 кг топлива составляет: $1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ кг}.$

Ниже даём сводку материального баланса.

Материальный баланс на 100 кг топлива

Наименование статьи	С	Н	О	N	A	Всего
Приход						
Сухое топливо . . .	32,3	4,0	27,32	0,38	1,0	65,0
Влага топлива . . .	—	3,88	31,12	—	—	35,0
Воздух	—	—	4,0	136,0	—	177,0
Итого . . .	32,3	7,88	99,44	136,38	1,0	277,0
Расход						
Сухой газ	32,0	3,61	62,02	135,9	—	233,53
Влага газа	—	4,27	34,16	—	—	38,43
Остатки	0,3	—	—	—	1,0	1,30
	32,3	7,88	96,18	135,9	1,0	273,26
Невязка	—	—	+3,26	+0,48	—	+3,74

Невязка составляет около $\frac{3,74}{277} \cdot 100 = 1,3\%$.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

Приходные статьи

Низшая теплотворная способность рабочего топлива. Определяем по формуле Менделеева:

$$Q_n^p = 81 C^p + 246 H^p - 26 O^p - 6 W^p =$$

$$= 81 \cdot 32,3 + 246 \cdot 4 - 26 \cdot 27,32 - 6 \cdot 35 = 2680 \text{ ккал/кг.}$$

100 кг топлива вносят тепла:

$$2680 \cdot 100 = 268\,000 \text{ ккал.}$$

Теплосодержание дров. При теплоёмкости 0,6 и температуре 15° теплосодержание топлива составляет:

$$100 \cdot 0,6 \cdot 15 = 900 \text{ ккал.}$$

Теплосодержание воздуха. Количество воздуха 137 нм³. При температуре 15° и теплоёмкости 0,31 ккал/нм³ теплосодержание его равно:

$$137 \cdot 0,31 \cdot 15 = 640 \text{ ккал.}$$

Расходные статьи

Теплотворная способность газа. Низшая теплотворная способность сухого газа составляет:

$$Q_n^c = 3050 \cdot CO + 2570 \cdot H_2 + 8465 CH_4 =$$

$$= 3050 \cdot 0,128 + 2570 \cdot 0,15 + 8465 \cdot 0,025 = 990 \text{ ккал/нм}^3.$$

Получающиеся на 100 кг топлива 200 нм³ газа содержат:

$$990 \cdot 200 = 198\,000 \text{ ккал.}$$

Теплосодержание газа. При температуре газа 500° средняя объёмная теплоёмкость (на 1 нм³ при $p = \text{const}$) сухого газа, по Юсти, составляет:

$$C'_p = CO_2 \cdot C'_{p_{CO_2}} + CO \cdot C'_{p_{CO}} + N_2 \cdot C'_{p_{N_2}} + O_2 \cdot C'_{p_{O_2}} + H_2 \cdot C'_{p_{H_2}} +$$

$$+ CH_4 \cdot C'_{p_{CH_4}} = 0,146 \cdot 0,489 + 0,128 \cdot 0,321 + 0,543 \cdot 0,319 + 0,007 \cdot$$

$$0,334 + 0,151 \cdot 0,312 + 0,025 \cdot 0,522 = 0,347 \text{ ккал/нм}^3,$$

где $C'_{P_{CO_2}}$, $C'_{P_{CO}}$, $C'_{P_{H_2}}$ и т. д. — теплоёмкости отдельных компонентов генераторного газа при температуре 500° .

Теплосодержание 200 нм^3 сухого газа при $t = 500^\circ$:

$$0,347 \cdot 500 \cdot 200 = 34\,700 \text{ ккал.}$$

Физическое тепло влаги газа при $t = 500^\circ$:

$$0,47 \cdot 500 \cdot 38,43 = 8931 \text{ ккал.}$$

Теплотворная способность провала и уноса. $0,3 \text{ кг}$ углерода, переходящие в остатки, при теплотворной способности углерода 8100 ккал/кг дают потерю:

$$8100 \cdot 0,3 = 2430 \text{ ккал/кг.}$$

Теплосодержание золы. Принимаем, что провал и унос покидают генератор с температурой 500° . При их теплоёмкости в $0,2$ потеря тепла составляет:

$$1,3 \cdot 0,2 \cdot 500 = 130 \text{ ккал.}$$

Потеря в окружающую среду. Количество тепла, теряемое в окружающую среду газогенератором, принимаем по разности между приходными и расходными статьями теплового баланса.

Ниже приводим сводку результатов исчисления теплового баланса.

Тепловой баланс газогенератора на 100 кг топлива
(по низшему пределу)

П р и х о д			Р а с х о д		
Наименование статей	ккал	%	Наименование статей	ккал	%
Теплотворная способность топлива	268 000	99,5	Теплотворная способность газа	198 000	73,50
Теплосодержание:			Теплосодержание сухого газа	34 700	12,80
топлива	900	0,3	Физическое тепло влаги газа	8 931	3,31
воздуха	640	0,2	Теплотворная способность провала и уноса	2 430	0,90
			Теплосодержание провала и уноса	130	0,05
			Потеря в окружающую среду (по разности)	24 549	9,44
Итого	269 540	100,0	Итого	269 540	100,0

К. п. д. газификации по низшему пределу равен: $\frac{198\,000}{268\,000} = 0,74$
или 74% .

ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗИФИКАЦИИ

Газифицируемое топливо . . .	дрова смешанных пород— чурки 120×80×80 мм	
Влажность топлива	%	35,0
Низшая теплотворная способ- ность рабочего топлива . . .	ккал/кг	2680,0
Выход сухого газа на 1 кг ра- бочего топлива	нм³/кг	2,0
Содержание влаги на 1 нм³ су- хого газа	{	г/нм³ 192,0
		нм³/нм³ 0,239
Низшая теплотворная способ- ность сухого газа	ккал/нм³	990,0
Температура газа по выходе из газогенератора	°C	500,0
Удельный вес сухого газа . . .	кг/нм³	1,17
Расход воздуха на газификацию	{	нм³/кг 1,37
		кг/кг 1,77
К. п. д. газификации по низше- му пределу	%	74,0

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Шахта

Высота шахты от верха до уровня газоотбора	м	2,395
Высота шахты от уровня газоотбора до колосников	»	0,430
Высота зольника	»	0,310
Площадь сечения шахты по фурмен- ному поясу:		
0,51×0,51 =	м²	0,2601
Площадь суженного сечения шахты для газогенератора производи- тельностью 100 нм³/час:		
0,275×0,275 =	»	0,0756
Площадь суженного сечения шахты для газогенератора производи- тельностью 140 нм³/час:		
0,32×0,34 =	»	0,1088
Объем (без учёта сужения) шахты от верха до газоотбора:		
0,26×2,4 =	м³	0,624
Объем зольника:		
0,26×0,31 =	»	0,08
Внешние габариты газогенератора .	м	3,2×1,255×1,255

Фурмы

Диаметр фурм (внутренний)	мм	27,0
Число фурм	шт.	8
Суммарная площадь сечения фурм:		
$8 \times 0,785 \times 0,027^2 =$	м ²	0,00458

Колосниковая решетка

Площадь колосниковой решетки:		
$0,51 \times 0,51 =$	»	0,2601
Живое сечение колосниковой решетки	%	40

Труба естественной тяги

Внутренний диаметр дымоотвода . .	мм	125
Внутренний диаметр трубы для отвода конденсата	»	52

Газоотвод

Суммарная площадь сечения двух боровков:		
$2 \times 0,259 \times 0,104 =$	м ²	0,054
Диаметр стояков (внутренний) . . .	мм	106,5
Суммарная площадь сечения двух стояков:		
$2 \times 0,785 \times 0,106^2 =$	м ²	0,0176
Диаметр газоотводной трубы в скруббер (внутренний)	мм	125
Площадь поперечного сечения трубы:		
$0,785 \times 0,125^2 =$	м ²	0,0122
Диаметр трубки для подвода воды в стояки	мм	15,75
Площадь поперечного сечения трубки для подвода воды	м ²	0,000243
Суммарное сечение 72 отверстий диаметром 2 мм оросителя стояка	»	0,000226
Полезная высота каждого стояка . .	м	0,6
Суммарный полезный объем двух стояков:		
$0,0176 \times 0,6$	м ³	0,01

ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Номинальная производительность по сухому газу	нм ³ /час	100	140
Расход рабочего топлива — чурки размером 120 × 80 × 80 мм влажностью 35%	кг/час	50	70
Напряжение поперечного сечения шахты (в поясе фурм):			
на рабочее топливо $W^p = 35\%$	кг/м ² ·час	192,0	270
на сухое вещество	»	125	175
Напряжение суженного сечения шахты:			
на рабочее топливо	»	661	643

на сухое вещество	кг/м ³ час	430	418
Расход воздуха для газификации . .	нм ³ /час	68,5	96,0
Скорость воздуха в фурмах при температуре помещения 15°:			

$\frac{68,5(273 + 15)}{3600 \cdot 0,0046 \cdot 273} =$	м/сек	4,4	—
$96 \cdot 0,064 =$	»	—	6,1

Запас топлива в шахте при объем- ном весе подсушенного топлива 400 кг/м ³	час	5	3,6
--	-----	---	-----

Время заполнения зольника при вы-
ходе очаговых остатков 0,013 кг/кг
топлива, коэффициенте заполнения
зольника 0,4 и объемном весе дре-
весной золы 700 кг/м³:

$\frac{0,08 \cdot 700 \cdot 0,4}{0,013 \cdot 50} =$	час	34	—
$\frac{22,4}{0,013 \cdot 70} =$	»	—	24

Объем влажного газа при $t = 500^\circ$
на 1 нм³ сухого газа:

$1,239 \frac{273 + 500}{273} =$	м ³ /нм ³	3,5	3,5
---------------------------------	---------------------------------	-----	-----

Секундный объем влажного газа:

$\frac{3,5}{3600} 100 =$	м ³ /сек	0,0973	—
$0,000973 \times 140 =$	»	—	0,136

Скорость газа в боровках газоотбора:

$0,0973 : 0,054 =$	м/сек	1,8	—
$0,136 : 0,054 =$	»	—	2,5

Скорость газа при входе в стояки:

$0,0973 : 0,0176 =$	»	5,5	—
$0,136 : 0,0176 =$	»	—	7,7

Расход воды на орошение двух стоя-
ков, считая на основании опытных
данных 2,5 л/нм³ сухого газа, со-
ставит:

$2,5 \cdot 100 \cdot 0,001 =$	м ³ /час	0,25	—
$2,5 \cdot 140 \cdot 0,001 =$	»	—	0,35

Скорость воды в подводящей к каж-
дому стояку трубке:

$\frac{0,25}{3,600 \cdot 0,000243} =$	м/сек	0,29	—
$0,35 : 0,875 =$	»	—	0,

Расчет стояков
(на 1 нм^3 сухого газа)

Полное теплосодержание влажного газа при $t = 500^\circ$ и влажности 0,192 кг/нм^3 сухого:

$$1 \cdot 0,347 \cdot 500 + 832,1 \cdot 0,192 = \text{ккал/нм}^3 \quad 333,5$$

При температуре 250° и той же влажности (при выходе из стояка):

$$1 \cdot 0,340 \cdot 250 + 710 \cdot 0,192 = \text{»} \quad 221,3$$

Количество тепла на 1 нм^3 сухого газа, которое должно быть отнято от газа при охлаждении в стояке:

$$333,5 - 221,3 = \text{»} \quad 112,2$$

Расход воды в стояке принимаем л/нм^3 2,5

Температуру воды, поступающей в стояк, принимаем $^\circ\text{C}$ 15

Температуру воды, стекающей из стояка, принимаем » 50

При этих условиях количество воды X, которое будет превращено в перегретый пар с температурой 250° за счет тепла 1 нм^3 газа, определится из уравнения:

$$(50 - 15)(2,5 - X) + X(710 - 15) = 112,2$$

ткуда:

$$X = \frac{112,2 - 35 \cdot 2,5}{710 - 50} = \text{кг/нм}^3 \quad 0,034$$

Содержание водяных паров в газе на выходе из стояка при 250° :

$$0,192 + 0,034 = \text{»} \quad 0,226$$

Объем влажного газа на выходе из стояка при $t = 250^\circ$:

$$\left(1 + \frac{0,226}{0,804}\right) \left(\frac{273 + 250}{273}\right) = \text{м}^3/\text{нм}^3 \quad 2,45$$

Средний объем газа в стояке:

$$\frac{3,5 + 2,45}{2} = \text{»} \quad 3,0$$

Проверка объема стояка. Для проверки соответствия объема стояков заданным условиям работы полагаем, что процессом испарения управляют законы диффузии¹.

Коэффициент диффузии, т. е. количество пара диффундирующего в га- в 1 м^3 скруббера, по Робинсону, для $t = 32^\circ$ при средней разности пар

¹ Метод расчета см. в журнале «Кокс и химия» № 5, 1934.

циальных давлений водяных паров в газе 1 мм рт. ст. и скорости газа 1 м/сек равен 0,91 кг, т. е.

$$K_{32} = 0,91 \frac{\text{кг}}{\text{час м}^3 \text{ мм рт. ст.}}$$

Коэффициент диффузии пропорционален скорости газа и увеличивается в отношении абсолютных температур в степени 1,75, т. е.:

$$K_d = K_{32} \left(\frac{T_i}{273 + 32} \right)^{1,75} w_i$$

В данном случае имеем:

Средний секундный объем газа в стояках:

$3 \cdot 100 : 3600 =$	м ³ /сек	0,0834	—
$3 \cdot 140 : 3600 =$	»	—	0,1165

Средняя скорость газа в стояке:

$w_{100} = 0,0834 : 0,0176 =$	м/сек	4,7	—
$w_{140} = 0,1165 : 0,0176 =$	»	—	6,6

Средняя абсолютная температура газа в стояке:

$T_i = \frac{500 + 250}{2} + 273 =$	° К	648	
-------------------------------------	-----	-----	--

Коэффициент диффузии:

$K_d = 0,91 \left(\frac{648}{305} \right)^{1,75} \cdot 4,7 =$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \text{ час мм рт. ст.}}$	16,4	—
$3,5 \cdot 6,6 =$	»	—	23

Количество испаренной в стояках воды:

$G_{100} = 0,034 \cdot 100 =$	кг/час	3,4	—
$G_{140} = 0,034 \cdot 140 =$	»	—	4,76

Парциальное давление водяного пара в газе на входе в стояк при $t = 500^\circ$ и влагосодержании $d = 0,239 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$ сухого газа будет:

$\frac{0,239}{1,239} \cdot 760 =$	мм рт. ст.	147	
-----------------------------------	------------	-----	--

Парциальное давление водяного пара в газе на выходе из стояка при $t = 250^\circ$ и влагосодержании

$$d = \frac{0,226}{0,804} = 0,28 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

сухого газа будет:

$\frac{0,28}{1,28} \cdot 760 =$	»	166	
---------------------------------	---	-----	--

Парциальное давление водяного пара над входящей водой при $t = 15^\circ$

Парциальное давление водяного пара над стекающей водой при $t = 50^\circ$

Средняя разность парциальных давлений водяного пара в газе:

$$\Delta p = \frac{(147 - 12) - (166 - 92)}{2,303 \lg \frac{147 - 12}{166 - 92}} = \frac{61}{2,303 \cdot \lg 1,82} =$$

мм рт. ст.

101

Необходимый суммарный объем стояков:

$$V_{100} = \frac{G}{K_d \Delta p} = \frac{3,4}{16,4 \cdot 101} =$$

$$V_{140} = \frac{4,76}{23 \cdot 101} =$$

м³

0,002

»

0,002

Таким образом, объем стояков, равный 0,01 м³, является достаточным для осуществления намеченного охлаждения.

Параметры газа на выходе из стояка:

Температура

°C

250

Содержание влаги на 1 нм³ сухого

кг/нм³

0,226

газа

Теплосодержание газа на 1 нм³ сухого:

$$i_2 = 1 \cdot 0,34 \cdot 250 + 710 \cdot 0,226 =$$

ккал/нм³

245

Объем газа на 1 нм³ сухого при t = 250°

м³/нм³

2,45

Объем газа, поступающего в скруббер:

$$2,45 \cdot 100 =$$

$$2,45 \cdot 140 =$$

м³/час

245

»

344

Скорость газа в газопроводе к скрубберу:

$$w_{100} = \frac{245}{3600 \cdot 0,0122} =$$

м/сек

5,6

$$w_{140} = \frac{344}{3600 \cdot 0,0122} =$$

»

7,8

РАСЧЕТ СКРУББЕРА

РАСХОД ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ

Температуру воды, поступающей в скруббер, принимаем

°C

15

Температуру воды, стекающей из скруббера, с учетом глубины охлаждения в градирне принимаем . . .

»

30

Температура газа, поступающего в скруббер (см. выше)

»

250

Температуру газа, выходящего из скруббера, принимаем

»

30

Полное теплосодержание газа, поступающего в скруббер	ккал/нм ³	245,5
Влагосодержание газа, уходящего из скруббера при полном насыщении при 30°	г/нм ³	35,1
Полное теплосодержание газа, выходящего из скруббера		

$$1 \cdot 0,32 \cdot 30 + 610,1 \cdot 0,0351 = \text{ккал/нм}^3 \quad 31,0$$

Тепло, отданное газом в скруббере воде:

$$245,5 - 31 = \text{»} \quad 214,5$$

Количество охлаждающей воды на 1 нм³ сухого газа

$$214,5 : (30 - 15) = \text{кг/нм}^3 \quad 14,3$$

БАРБОТЕР

Для расчёта принимаем, что при прохождении газа через барботер всё тепло, отданное газом, расходуется только на испарение, газ полностью насыщается водяным паром, температура воды и теплосодержание газа остаются неизменными.

При этих условиях искомая температура t_x , до которой охладится газ, и количество g_2 воды, которое при этом испарится, определяются из следующего выражения:

$$(V_1 \cdot C_2 + g_1 \cdot C_1) \cdot (t_1 - t_x) = g_2 [r + C_1(t_x - t_0)],$$

где V_1 — объём сухого газа — 1 нм³;

C_2 — средняя объёмная теплоёмкость газа — 0,32 ккал/нм³ °C;

g_1 — влагосодержание газа перед барботером — 0,226 кг/нм³;

C_1 — средняя теплоёмкость водяного пара — 0,466 ккал/кг;

r — теплота испарения водяного пара при температуре воды —

$$r = 580,1 \text{ ккал/кг};$$

t_1 и t_0 — температуры входящего газа и воды (см. выше).

После подстановки указанных величин получим:

$$(1 \cdot 0,32 + 0,226 \cdot 0,466) \cdot (250 - t_x) = g_2 [580,1 + 0,466 (t_x - 30)].$$

Задаваясь различными значениями t_x , находим g_2 и проверяем соответствие суммарного влагосодержания газа $g = g_1 + g_2$ температуре t_x по таблице. Получаем:

t_x — температура насыщенного газа после барботера (округлённо)	°C	70
g_2 — количество испарившейся в барботере воды	кг/нм ³ сух	0,131
$g = 0,226 + 0,131$ — влагосодержание газа после барботера	»	0,357
Соответственно объём водяного пара: 0,357 : 0,804 =	нм ³ /нм ³ сух	0,444

Парциальное давление водяного пара в сыром газе:

$$p_n = \frac{0,444}{1 + 0,444} \cdot 760 = \text{мм рт. ст.} \quad 234$$

Это давление соответствует насыщению газа водяным паром на 100% при температуре $t=70^\circ$, т. е. температура определена правильно.

Высота зубцов барботера. Толщина струи газа, вытекающей из-под обреза колена барботера, определяется из следующей зависимости:

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{Q_t}{P} \cdot \frac{\sqrt{\gamma_t}}{\sqrt{2g \cdot 1000}} + \sqrt{h^3} = \sqrt{(h+H)^3},$$

где H — толщина струи газа;

h — глубина погружения барботера, равная 0,020 м;

γ_t — вес 1 м³ газа при температуре $t=250^\circ$;

$$\gamma_t = 1,17 \cdot \frac{273}{273 + 250} = 0,61 \text{ кг/м}^3;$$

P — периметр барботера при диаметре 133 мм $P = 3,14 \cdot 0,133 = 0,42$ м;

$g = 9,81$ м/сек²;

Q_t — количество газа, проходящего через барботер, при температуре 250° :

$$Q_{t100} = 245 : 3600 = 0,068 \text{ м}^3/\text{сек},$$

$$Q_{t140} = 344 : 3600 = 0,096 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

После подстановки получим:

$$\frac{3 \cdot 0,068}{2 \cdot 0,42} \cdot \frac{\sqrt{0,61}}{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1000}} + \sqrt{0,02^3} = \sqrt{(0,02 + H)^3};$$

$$0,068 \cdot 0,02 + 0,00283 = \sqrt{(0,02 + H)^3},$$

откуда толщина струи

$$H_{100} = \sqrt[3]{(0,068 \cdot 0,02 + 0,00283)^2} - 0,02 = 0,0063 \text{ м}$$

$$0,096 \cdot 0,02 + 0,00283 = (0,02 + H)^3,$$

откуда находим:

$$H_{140} = \sqrt[3]{(0,096 \cdot 0,021 + 0,00283)^2} - 0,02 = 0,0087 \text{ м}.$$

Таким образом, минимальная толщина струи газа при производительности 140 м³/час будет 9 мм.

Глубину треугольных вырезов делаем больше — 25 мм.

Динамический уровень воды над кромкой водослива барботера определяем как для водослива с тонкой стенкой с коэффициентом расход $m = 0,466$:

$$Q = 0,466 \cdot b \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H^3},$$

где b — ширина водослива; в данном случае она соответствует длине водосливающего периметра и при диаметре чаши 400 мм составляет:

$$3,14 \cdot 0,4 = 1,26 \text{ м}.$$

¹ Павловский, Гидравлический справочник, стр. 377.

После подстановки получим:

$$Q = 0,466 \cdot 1,26 \sqrt{2 \cdot 9,8} \cdot \sqrt{H^3} = 2,62 \sqrt{H^3},$$

откуда

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{2,62}\right)^2},$$

где количество протекающей воды равно:

$$Q_{100} = 14,3 \cdot 100 \cdot 0,001 : 3600 = 0,0004 \text{ м}^3/\text{сек},$$

$$Q_{140} = 14,3 \cdot 140 \cdot 0,001 : 3600 = 0,00056 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Таким образом,

$$H_{100} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,0004}{2,62}\right)^2} = 0,0028 \text{ м},$$

$$H_{140} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,00056}{2,62}\right)^2} = 0,0036 \text{ м},$$

т. е. при глубине погружения колена барботера 20 мм динамический уровень воды не превышает:

$$H = 20 + 4 = 24 \text{ мм вод. ст}$$

РАСЧЕТ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ СКРУББЕРА С НАСАДКОЙ

Определяем объём орошаемой насадки для охлаждения насыщенного парами (после барботера) газа (вторая стадия охлаждения).

Расчёт ведём для случая хордовой насадки.

Живое сечение хордовой насадки из досок толщиной 10 мм с прозорами 12 мм будет равно

$$\frac{12}{10 + 12} \cdot 100 = 55\%$$

от общей площади сечения скруббера.

Средняя логарифмическая разность температур между газом, охлаждаемым с 70 до 30°, и водой, нагреваемой с 15 до 30°, при противотоке будет:

$$\Delta t = \frac{(70 - 30) - (30 - 15)}{2,303 \lg \frac{(70 - 30)}{(30 - 15)}} = \frac{25,0}{2,303 \lg 2,66} = 25,5^\circ.$$

Критическая скорость течения между хордами при расстоянии 12 мм равна 0,83 м/сек.

При диаметре скруббера 600 мм:

площадь сечения общая	м ²	0,283
площадь живого сечения	»	0,156
площадь, занятая досками	»	0,127

Действительный объём газа, выходящего из скруббера, при температуре 30°;

$$V_{100} = 100 \cdot \left(1 + \frac{0,351}{0,804}\right) \cdot \left(\frac{273 + 30}{273}\right) = \text{м}^3/\text{час} \quad 116$$

$$V_{140} = 140 \cdot 1,16 = \text{—} \quad 163$$

¹ Метод расчёта см. «Кокс и химия» № 5, 1934.

Секундный объем газа соответственно
Действительная скорость газа в жи-
вом сечении между досками по вы-
ходе из скруббера:

$$w_{100} = 0,0322 : 0,156 =$$

$$w_{140} = 0,0452 : 0,156 =$$

Коэффициент теплопередачи K по гра-
фику 5¹ для данных скоростей га-
за и температуры 70° равен

$$\text{м}^3/\text{сек} \quad 0,0322 \quad 0,0452$$

$$\text{м/сек} \quad 0,2 \quad —$$

$$» \quad — \quad 0,3$$

$$\text{ккал/м}^2\text{°С час} \quad 15 \quad 18$$

Поскольку скорость течения газа ниже критической, коэффи-
циент теплопередачи не увеличивается поправками в зависимости
от температуры входящего газа, скорости и плотности орошения:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t},$$

где количество тепла, передаваемое газом воде, равно:

$$Q_{100} = 214,5 \cdot 100 = 21450 \text{ ккал/час,}$$

$$Q_{140} = 214,5 \cdot 140 = 30100 \text{ ккал/час.}$$

Соответственно требуемая поверхность хордовой насадки:

$$F_{100} = \frac{21450}{25,5 \cdot 15} = 56 \text{ м}^2,$$

$$F_{140} = \frac{30100}{25,5 \cdot 18} = 65,5 \text{ м}^2$$

При толщине доски 10 мм площадь торца 0,01 м²/пог. м.

При площади сечения, занятой досками, 0,127 м² общая
длина досок в сечении:

$$0,127 : 0,01 = 12,7 \text{ пог. м.}$$

При высоте доски 80 мм площадь поверхности двух её ороша-
емых сторон в одном ряду высотой 0,08 м будет:

$$0,08 \cdot 12,7 \cdot 2 = 2,04 \text{ м}^2.$$

Таким образом, полезная высота хордовой насадки должна
быть:

$$H_{100} = \frac{56}{2,04} \cdot 0,08 = 2,2 \text{ м,}$$

$$H_{140} = \frac{65,5}{2,04} \cdot 0,08 = 2,56 \text{ м.}$$

Диаметр скруббера принят 600 мм по среднему диаметру ме-
таллических бочек, применяемых часто на местах за отсутствием
листовой стали. При той же полезной высоте хордовой насадки
2,6 м для охлаждения 140 м³/час газа при температурах воды —
входящей 20° и выходящей 40° — достаточен диаметр скруб-
бера 450 мм.

На местах редко изготовляют скрубберы с хордовой насадкой,
предпочитая насадку из кокса или чурок.

¹ Метод расчета см. «Кокс и Химия» № 5, 1934.

Принимая, что насадка из кускового материала даёт большую поверхность на единицу объёма, полагаем возможным уменьшить полезный объём насадки на 20—30%.

РАСЧЁТ ФИЛЬТРА

Секундный объём газа, поступающего в фильтр при $t = 30^\circ$ и полном насыщении	м ³ /сек	0,0322	0,0452
Скорость входа газа в фильтр при внутреннем диаметре газопровода 106 мм (114 × 3,75)	м/сек	3,66	5,1
Площадь фильтрации при пропуске газа последовательно через два фильтрующих слоя (фильтр из бочки диаметром 626 мм)	м ²		0,308
Скорость фильтрации в этом случае	м/сек	0,105	0,147
Площадь фильтрации при пропуске газа параллельно через два фильтрующих слоя (фильтр из листовой стали диаметром 624 мм с трубой для отвода газа диаметром: 159 × 4,5 мм)	м ²		0,58
Скорость фильтрации	м/сек	0,055	0,08
Скорость выхода из фильтра по трубе диаметром 89 × 3,25	»	6,0	8,5

Приемлемая степень очистки газа от пыли может быть достигнута, если скорость фильтрации не превосходит 0,1 м/сек.

Таким образом, фильтр из бочки с пропуском газа последовательно через 2 слоя при данных размерах может быть допущен для производительности до 100 м³/час. Для расходов газа 100—140 м³/час следует рекомендовать фильтр (при данных размерах) с 2 параллельно работающими слоями.

VIII. ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРА В/К ПРОМЗЕРНСПРОЕКТ

Для решения вопроса о пригодности запроектированной Промзернопроектом конструкции газогенератора в качестве типовой были проведены в 1943 году контрольные испытания опытного газогенератора, построенного на одном из предприятий Наркомзага в Тамбове.

Опытный газогенератор (рис. 11) был двухзонным и имел следующие основные размеры:

Размер шахты в плоскости фурм	510 × 510 мм
Размер шахты в месте сужения	300 × 250 »
Размер шахты в плоскости колосников	510 × 510 »
Высота зоны от фурм до крышки шахты	1680 мм
Высота верхней зоны газификации	750 »
Высота нижней зоны газификации	650 »
Общая высота генератора от фундамента до крышки шахты	3500 »
Количество газоотсасывающих окон	4
Размеры газовых окон	120 × 160 мм
Количество фурм	8
Диаметр фурм	18 мм

Металлического кожуха генератор не имел. Кирпичная кладка тщательно выполнена из хорошего красного кирпича, наружная поверхность оштукатурена.

В качестве очистной аппаратуры использованы имевшиеся на месте деревянный скруббер типа СиБАДИ диаметром 0,8 м, полезной высотой около 2 м, с насадкой из чурок, орошаемой одним душем, и сухой фильтр диаметром 0,5 м, полезной высотой 1,3 м с насадкой из древесных стружек и древесного угля.

Вода поступала из напорного бака.

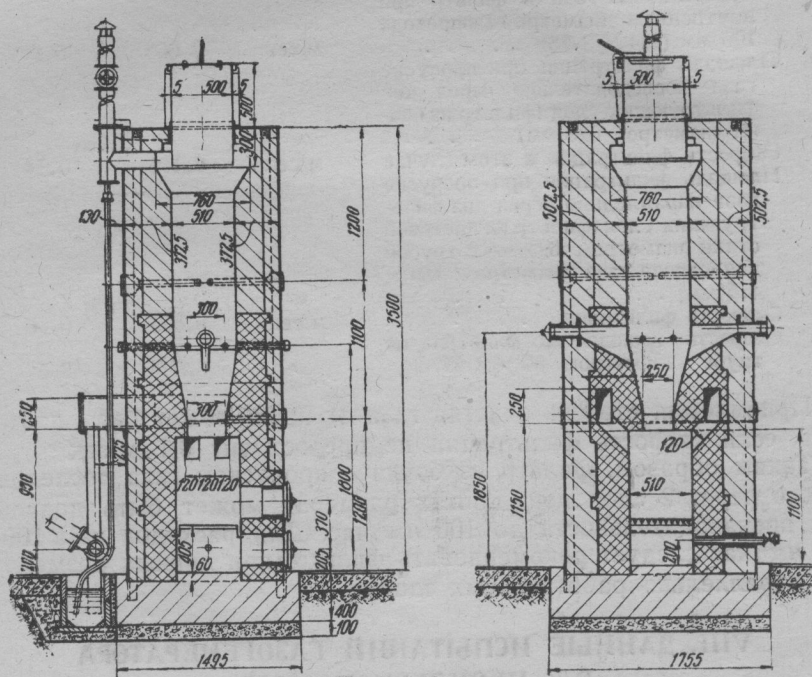


Рис. 11. Конструкция опытного газогенератора В/К Промзернопроект

Установка в период испытания работала на двигатель завода «Красный прогресс» 18 л. с.

Подвод воздуха в генератор осуществлялся: либо (16 июля) через фурмы и одновременно через немного приоткрытую «свечу» генератора, либо (17 июля) через «свечу» и загрузочную коробку.

Методика испытаний была принята следующая:

Расход дров определялся взвешиванием на десятичных весах.

Проба дров на влажность отбиралась от каждой прибывающей партии.

Проба провала и выгреба отбиралась по окончании опыта один раз.

Анализ генераторного газа по выходе его из шахты производился аппаратом Норзе каждые 40—50 минут.

Температура газа измерялась каждые 15 минут ртутными термометрами в газопроводе у генератора, перед скруббером, фильтром и у двигателя.

Наличие смолы и пыли в газе определялось качественно сподрически стеклянными трубками, наполненными ватой.

Подсос воздуха в системе газоочистки определялся периодическими анализами газа у двигателя аппаратом Норзе.

Таблица 10

Данные испытаний опытного газогенератора В/К Промзернопроект в Тамбове

(по обращённому процессу)

Наименование величины	Единица измерения	Опыт 16/VII 1943 г.	Опыт 17/VII 1943 г.
Продолжительность опыта (рабочий ход)	час	8,5	3,5
Род топлива	смешанные дрова	50% дуб + 50% берёза	
Размер чурок	длина 12—15 см, сечение	70 × 70 мм	
Расход дров за рабочий ход	кг/час	43	45,7
Влажность дров	%	35,3	38,3
Низшая теплотворная способность дров (по Менделееву)	ккал/кг	2600	2480
Напряжение шахты в суженном сечении:			
на рабочее топливо	кг/м ² час	573	610
на сухое вещество	»	370	377
Напряжение поперечного сечения шахты в плоскости фурм:			
на рабочее топливо	кг/м ² час	165	175
на сухое вещество	»	107	109
Расход воздуха на рабочее топливо	нм ³ /кг	1,35	1,34
Выход сухого газа:			
на рабочее топливо	нм ³ /кг	1,96	1,96
на сухое вещество	»	3,00	3,13
Состав сухого газа (по объёму):			
CO ₂	%	14,6	16,2
C _m H _n	%	0,0	0,0
O ₂	%	0,7	0,6
CO	%	12,8	10,6
H ₂	%	15,1	16,5
CH ₄	%	2,5	2,2
N ₂	%	54,3	53,9
Теплотворная способность газа:			
высшая	ккал/нм ³	1098	1036
низшая	»	990	935
Температура газа по выходе из шахты	°C	463	443
Разрежение в газопроводе у генератора	мм вод. ст.	19	16
Разрежение перед двигателем	»	116	111
Спротивление слоя топлива в генераторе	»	16	15
Содержание углерода в выгребе	%	41,5	41,5
Температура газа у двигателя	°C	40	30
К. п. д. газификации по низшему пределу	%	75	74

Разрежение измерялось каждые 15' минут U-образным манометром и тягомером Крелля в газопроводе у генератора, перед скруббером, фильтром и у двигателя. Влагосодержание газа (у двигателя) определялось по средней температуре насыщения.

Степень уплотнённости слоя топлива контролировалась по мере разрежения в шахте в области фурм, а также прощупыванием слоя топлива при помощи штанги через верх генератора фурмы и шуровочные лючки несколько раз за время опыта.

Равномерность схода топлива по мере его сгорания контролировалась перед загрузкой очередной партии чурок каждые 20—30 минут определением образующихся высот, свободных от топлива.

Расход воды оросителем скруббера определялся каждый час временем наполнения мерного бачка.

Температура воды, поступающей в скруббер и стекающей из него, замерялись ртутным термометром каждые 30—40 минут.

Выход газа определён по углеродному балансу.

Нагрузка двигателя определялась по показаниям амперметра и вольтметра на контрольном щите силовой станции.

Результаты испытаний приведены в табл. 10—11.

Таблица 11

Анализы газа, полученного во время испытаний опытного газогенератора В/К Промзернопроект в Тамбове

Дата	Время отбора пробы	Состав газа в % по объёму						$Q_{сб}^c$	$Q_{сн}^c$
		CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	ккал/нм ³	
16/VII 1943 г.	10 ч. 00 м. . .	12,1	0,9	16,2	15,4	2,5	52,9	1197	1103
	10 ч. 55 м. . .	13,4	0,6	13,0	17,2	2,8	53,0	1185	1079
	11 ч. 45 м. . .	14,8	0,6	13,0	19,3	2,5	49,8	1220	1107
	12 ч. 35 м. . .	16,0	0,4	10,3	15,0	2,5	55,8	1009	918
	13 ч. 25 м. . .	14,4	0,6	10,6	15,4	3,1	55,9	1087	984
	14 ч. 15 м. . .	14,8	0,5	13,7	10,8	1,9	58,3	927	858
	15 ч. 55 м. . .	15,0	1,4	15,0	10,8	2,7	55,1	1042	965
	16 ч. 55 м. . .	13,6	1,6	14,7	18,4	2,0	49,7	1195	1093
	18 ч. 35 м. . .	15,6	0,4	12,5	15,2	2,7	54,0	1064	968
17 VII 1943 г.	9 ч. 30 м. . .	17,6	0,6	10,3	18,2	2,6	50,7	1116	1004
	10 ч. 15 м. . .	15,6	0,6	10,8	15,8	2,5	54,7	1051	960
	11 ч. 00 м. . .	15,6	0,8	9,8	16,4	2,3	55,1	1018	917
	12 ч. 35 м. . .	16,2	0,6	11,5	15,4	1,4	54,9	955	863

Наблюдения за работой в период опробования (с 11 по 14 июля) и испытания генератора (16 и 17 июля), а также анализ полученных цифровых данных позволяют сделать следующее заключение:

Газогенератор В/К Промзернопроект показал себя вполне работоспособной конструкцией, обеспечивающей получение газа удовлетворительного качества и устойчивую работу двигателя.

Возможность комбинирования подвода воздуха через фурмы при открытой «свече» (16 июля) или через фурмы и загрузочный люк (17 июля) позволяет применять топливо повышенной влажности до 40% без заметного влияния на качество газа и устойчивую работу двигателя.

В газопроводе, очистной аппаратуре и у двигателя смолы не обнаружено.

Низкое напряжение сечения в области фурм, зависящее от нагрузки двигателя, и сравнительно невысокое сопротивление слоя в генераторе свидетельствуют о возможности значительной форсировки газогенератора.

Работа по двухзонному процессу, не давая значительных преимуществ, требует тщательной регулировки подачи воздуха под колосники, что в обычных провинциальных условиях при меняющейся нагрузке двигателя и непостоянстве влажности топлива едва ли будет обеспечено.

Тщательное выполнение кладки при своевременной затирке появляющихся во время работы мелких трещин в штукатурке обеспечивает шахту от видимых подсосов воздуха.

В результате проведённой работы в испытанную конструкцию (см. рис. 11) внесены следующие конструктивные изменения принципиального характера: загрузочная коробка снижена до минимума и снабжена противовесом; над фурмами предусмотрено ещё одно шуровочное отверстие; толщина угольной подушки на колосниках снижена до 430 мм (вместо 670 мм) и сохранена не как вторая зона, а как защитный слой на случай прорезки колосников без остановки двигателя; нижний подвод воздуха оставлен для прожига нижней части шахты (дожиг угля перед остановкой, дожиг плохо обуглившихся кусков древесины и пр.) и ускорения розжига с применением принудительного дутья; в вертикальные стояки газоотвода введены перфорированные $1/2''$ трубки, через которые разбрызгивается вода; этим обеспечиваются лучшее охлаждение газа, попутная грубая очистка его и улучшаются условия эксплуатации.

С указанными изменениями конструкция газогенератора утверждена как типовая и принята Наркомзагом СССР для массового строительства.

Двигатель 18 л. с. был заменён впоследствии двигателем завода «Красный прогресс» 22 л. с. Как показали испытания (21 июля), газогенератор обеспечивал устойчивую работу этого двигателя на газе с нагрузкой 20,5 л. с.

Впоследствии были проведены испытания газогенераторов и на двух других пунктах Наркомзага. В 1943 г. в Ржаксе, Тамбовской области, проведено испытание газогенератора с очистной аппаратурой Промзернопроекта (из Ючек) при работе на вентилятор Сирокко № 3, так как двигатель РД-40 мощностью 40 л. с., для которого он предназначался, к тому времени не был готов.

Газогенератор отличается от вышеописанного только следующими размерами:

Размер шахты в месте сужения	350 × 350 мм
Высота зоны от фурм до верхней крышки	— 1530 »
Высота зоны газификации от фурм до газоотборных окон	— 850 »
Высота угольной подушки от колосников до газоотборных окон	— 750 »

Небрежное выполнение кладки — с большими неровностями внутри шахты, с толщиной швов до 15—20 мм, на плохом растворе — привело к образованию трещин и большим подсосам воздуха.

После частичного устранения подсосов воздуха было проведено испытание, результаты которого приводим в табл. 12.

Таблица 12

Данные испытаний опытного газогенератора В/К Промзернопроект
18 октября 1943 г. в Ржаксе
(по обращённому процессу)

Наименование величины	Единицы измерения	Величина
Продолжительность опыта (рабочий ход)	часы	4,0
Род топлива	дубовые чурки	
Размер чурок	длина 130—180 мм, сечение 70 × 70 мм	
Влажность дров	%	38,5
Низшая теплотворная способность дров	ккал/кг	2480
Состав сухого газа (по объёму):		
CO ₂	%	12,4
O ₂	%	1,0
CO	%	14,4
H ₂	%	11,8
CH ₄	%	2,1
N ₂	%	58,3
Низшая теплотворная способность сухого газа	ккал/нм ³	920
Выход сухого газа	нм ³ /кг	1,95
Напряжение поперечного сечения шахты в плоскости фурм на рабочее топливо	кг/м ² час	210
Температура газа по выходе из шахты	°C	530
Сопротивление слоя топлива в шахте	мм вод. ст.	7
Температура газа после фильтра	°C	17
Температура поступающей воды	°C	10
К. п. д. газогенератора по низшему пределу	%	72,3

В сентябре 1943 г. были проведены испытания такого же газогенератора в Обловке Тамбовской области. Газогенератор обслуживает двухтактный нефтяной двигатель 20 л. с., 310 об/мин. Новороссийского завода «Красный двигатель» с зажиганием от калоризатора.

Конструкция газогенератора такая же, как и описанная выше, со следующими отклонениями в размерах:

Размер шахты в месте сужения	340 × 340 мм
Высота зоны от фурм до верхней крышки	— 1350 »
Высота зоны газификации от фурм до газоотборных окон	— 1050 »
Высота угольной подушки от колосников до газоотборных окон	— 680 »
Живое сечение колосниковой решётки	— 10%

Газогенератор также не имел металлического кожуха, однако кладка была выполнена менее удовлетворительно, что привело к подсосу воздуха в шахту и повлияло на работу генератора. Кро-

ме того, следует отметить малое напряжение шахты (двигатель был загружен всего на 14—17 л. с.), преувеличенный размер шахты в месте сужения и разномерность разделки чурок. Тем не менее и в данном случае (табл. 13) отмечены высокий к. п. д. и устойчивый ход газификации. Двигатель работал вполне нормально.

Таблица 13

данные испытаний опытного газогенератора В/К Промзернопроект
в Обловке Тамбовской области

(по обращённому процессу)

Наименование величины	Единица измерения	Величины при подаче воздуха	
		через фурмы	через загрузочный люк
Дата испытания	—	4/IX 1943 г.	5/IX 1943 г.
Продолжительность опыта (рабочий ход)	час. мин.	5.45	3.55
Расход дров за рабочий ход	кг/час	33	36
Род топлива	Дубовые чурки		
Размер чурок	длина от 80 до 130 мм, сечение 60×60 мм		
Влажность дров	%	28,3	28,3
Низшая теплотворная способность дров	ккал/кг	2990	2990
Напряжение поперечного сечения шахты на рабочее топливо	кг·м ² час	127	138
Напряжение шахты в суженном сечении	»	286	312
Состав сухого газа по объёму:			
CO ₂	%	12,2	16,3
O ₂	%	0,9	0,9
CO	%	14,0	12,7
H ₂	%	12,2	13,3
CH ₄	%	1,9	2,6
N ₂	%	58,8	54,2
Насшая теплотворная способность сухого газа	ккал/нм ³	905	950
Выход сухого газа	нм ³ /кг	2,3	2,1
К. п. д. газогенератора по холодному газу	%	70	67
Температура газа по выходе из шахты	°C	345	390
Сопротивление слоя топлива в шахте	мм вод. ст.	14,5	16,3

Данные этих испытаний и эксплуатации ряда уже освоенных установок подтверждают вполне удовлетворительную оценку газогенератора.

В приложенных чертежах дана типовая конструкция газогенератора в её окончательном виде.

IX. МОНТАЖ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Удовлетворительная работа газогенератора может быть обеспечена только при условии точного и тщательного выполнения работы по кладке его шахты и монтажу металлических деталей. При этом особое значение имеют качество употребляемых матери-

алов, процесс производства кладки шахты, последовательность монтажа металлических частей, порядок сушки и отделки газогенератора.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КЛАДКИ ШАХТЫ ГЕНЕРАТОРА

Кладка из красного кирпича ведётся на глино-песчаном растворе из 60—80% обыкновенной глины и 10—20% песка. Раствор должен быть густой, количество воды на 1 м³ смеси 300 л.

Для кладки из шамотного кирпича применяется шамотный раствор из 60—70% шамотного порошка и 40—30% огнеупорной глины.

Точная пропорция глины и песка зависит от жирности глины (при растирании между пальцами должен ощущаться ровный шероховатый слой песчинок). Глина должна быть чистой, без примеси ила, известняка, камней и пр. Для раствора лучше всего употреблять песок горный, кварцевый, предварительно просеянный через сито с ячейками 1 мм. Песок не должен содержать пыли.

Шамотный порошок — обожжённая огнеупорная глина или мелкомолотый шамотный лом — перед употреблением просеивается. Он должен состоять из зёрен крупностью 0,5—1 мм без примеси пыли.

Глиняный раствор готовится не менее чем за сутки до начала работ. Приготовление раствора производится на деревянном щите или в ящике.

Отмеренные порции глины и песка перемешивают лопатой с постепенным прибавлением воды до получения однородной, равномерно пропитанной водой массы, не прилипающей к железу лопаты. Приготовленный раствор следует пропустить через проволочную сетку с ячейками 4—5 мм. Взятая для работы порция раствора перед употреблением должна быть тщательно перемешана.

Кладка выполняется из красного кирпича ГОСТ 350-41 нормального обжига или «железняк» с правильными плоскостями и кромками, без трещин. Огнеупорная футеровка выполняется из шамотного кирпича класса Б ГОСТ 389-41. Можно допустить применение также и недожжённого шамотного кирпича. Шахта запроектирована на размерность кирпича: красного 250×120×65 мм и шамотного 250×123×65 мм. Ввиду дефицитности кирпича можно допустить использование целого кирпича от разборки старых печей при условии его тщательной очистки от остатков раствора. Для верхней части шахты (выше фурм) допускается частичное применение половняка. Перед укладкой красный кирпич тщательно вымачивается в воде, а огнеупорный кирпич опускается в воду только на короткое время, чтобы смыть пыль.

В зимнее время кирпич и раствор можно употреблять только подогретыми до температуры не ниже +5°.

Фундамент шахты можно выполнять из кирпича или бута на цементном или сложном растворе.

КЛАДКА ШАХТЫ ГЕНЕРАТОРА

Кладку шахты можно начинать только при наличии всего комплекта металлических частей генератора и после установки каркаса, концы стоек которого заделываются в фундамент шахты. Для обеспечения герметичности швы кладки делаются не толще 3 мм. Более толстые швы, но не более 5 мм, можно допустить только в верхней (выше фурм) части шахты при условии тщательного заполнения швов раствором. Кладка выполняется с перевязкой швов в пределах $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ кирпича. Рекомендуется предварительно до кладки на растворе выкладывать каждый ряд насухо с тщательной пригонкой кирпичей друг к другу.

Наращивание кладки ведётся равномерно по всей площади. Не следует создавать вертикальных сопряжений путём оставления штрабы для соединения с запоздавшим участком работы из-за отсутствия какой-либо металлической части и т. п.

В случае применения половняка для забутовки средней части стенок шахты необходимо обеспечить обязательную перевязку швов и чередование половинок и целых кирпичей.

Обтёсанные концы кирпича следует, по возможности, укладывать внутрь кладки.

Необходимо тщательно соблюдать ровность поверхности стенок, особенно с внутренней стороны шахты, не допуская выступов более 2—3 мм.

По ходу работы через каждые 4—5 рядов поверхность стенок со стороны топливника гладко затирается мокрой тряпкой для удаления выдавленного из швов раствора. Внутреннюю поверхность стенок обмазывать глиняным раствором не следует. Наружная поверхность стенок не затирается, швы остаются с небольшой пустошёнкой.

В местах установки гарнитуры кладка шахты не должна опираться на последнюю, для этого проём в кладке перекладывается кирпичом в замок.

Руководитель работ должен обеспечить полное соблюдение заданных размеров и конфигурации шахты, объясняя печнику конструкцию раскладкой кирпича в натуре, давая высоты отметками на рейках и т. п. Контроль кладки производится через каждые 3—4 ряда по уровню, отвесу, рейке и угольнику. Толщина швов проверяется с помощью иглы соответствующего диаметра.

Во избежание подмачивания фундамента шахты деревянные стенки резервуара гидравлического затвора со стороны фундамента изолируются прокладкой толя, покрытием смолой, забивкой жирной глиной и т. д.

В зимнее время до постановки генератора на просушку и разогрев температура в помещении должна поддерживаться не ниже $+5^{\circ}$.

Монтаж гарнитуры и металлических частей газогенератора производится по ходу кладки в определённой последовательности.

МОНТАЖ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

(Вариант без металлического кожуха)

При выкладке фундамента шахты в последний заделываются стойки каркаса (дет. 92, 93, 95, 96, 97 и 103 в сборе) на глубину 200 мм. После этого к ним крепится верхняя обвязочная рама (дет. 94 и 54 в сборе) и ставятся болты на горизонтальных связях каркаса (дет. 93).

Кладку шахты можно начинать по свежесложенному фундаменту, как только верхний слой получит достаточную прочность (отсутствие вмятин при лёгких пробных ударах кирпича). После укладки первого ряда кирпича устанавливается рамка топочного фронта (дет. 101, 102, и 104 в сборе). Последняя не приваривается к стойкам, а прижимается ими к кладке. Фронтальная плита (дет. 1, 2 и 11 в сборе) ставится на шпильки (дет. 104) и горловины топочных дверец обвёртываются два раза асбестовым шнуром. Уложив следующие 4 ряда кирпича, устанавливают опорную раму колосников (дет. 18) и продолжают укладку кирпича до уровня газоотводных коробок — 805 мм от пола.

После установки газоотводных труб (дет. 20, 20а, 22, 23, 24, 25, 30 и 33 в сборе) кладка выводится до уровня тройника дымоотвода (дет. 51), причём попутно в кладку заделываются на заданной высоте шуровочные затворы (дет. 41, 42, 43 и 46 в сборе), и фурмы (дет. 71 и 72 в сборе).

Затем устанавливают тройник растопочной трубы (дет. 51, 52, 53, 63, 68 и 70 в сборе), закрепляют болтами его опорный фланец (дет. 53) на угольниках (дет. 54) и заканчивают кладку шахты.

Верх газогенератора перекрывается плитой загрузочного люка (дет. 84, 85, 79, 80, 89 и 74 в сборе), причём уплотнительное ребро (дет. 85) погружается в гнездо, заполненное мастикой из глины с асбестом. Рычаг противовеса располагается со стороны обслуживаемой площадки. Особое внимание должно быть обращено на уплотнение зазоров между кладкой и металлическими деталями асбестовой набивкой в местах заделки газоотвода, фурм и дымоотвода. С установкой лестницы и площадки и сборкой остальной части деталей кончается собственно монтаж газогенератора.

СУШКА И ШТУКАТУРКА ШАХТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

По окончании указанной работы ставят шахту на сушку и прогрев. Предварительно необходимо хорошо затянуть болты на поперечной обвязке каркаса.

Сначала ведут сушку током воздуха при открытых крышке, растопочной трубе и топочных дверцах во избежание появления трещин и деформации кладки. Затем начинают лёгкий прогрев кладки, не раскаляя её, с целью испарения воды. Для этого два-три раза в сутки делают 1½—2-часовую протопку шахты сухими дровами на колосниковой решётке. —

Когда внешние стенки кладки перестанут отпотевать, закрывают топочные дверцы и верхний люк и постепенно усиливают огонь. Большого подъёма температуры внутри шахты допускать не следует до тех пор, пока кладка снаружи не сделается тепловатой наощупь.

Непосредственно по окончании сушки производят разогрев шахты с доведением её до рабочего состояния. Продолжительность сушки и разогрева примерно 3—5 суток.

После окончательной просушки и прогрева кладки по горячей поверхности её наносят уплотнительный слой штукатурки общей толщиной 15 мм. Примерный состав штукатурки (по объёму): 1 часть алебастра + 2 части негашёной извести + 1 часть песка + 0,2 части трёпаного асбеста; или 1 часть глины + 1 часть извести + 2 части песка + 0,1 части трёпаного асбеста.

Штукатурку наносят в два слоя: для первого слоя применяют более жидкий раствор, для второго слоя — более густой с затиркой.

Х. УХОД ЗА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

ПОДГОТОВКА К ПУСКУ

Прежде чем приступить к растопке газогенератора и пуску установки, производят тщательный осмотр газогенератора. При этом необходимо удостовериться в отсутствии трещин в кладке генератора, особенно в местах заделки гаечной гарнитуры. Проверяют затяжку болтов на каркасе, исправность клапанов и измерительных приборов.

При пуске установки после монтажа, ремонта или длительного перерывов в работе, а также периодически в процессе эксплуатации следует производить и внутренний осмотр газогенератора. Необходимо проверить — цела ли кладка внутри генератора, убедиться в исправности и чистоте колосников, зольника, газопроводных коробок и растопочной трубы с конденсатом генератора, в чистоте и надлежащей плотности насадок в скруббере и фильтре, чистоте поддона, чаши барботера и отверстий оросителя в скруббере и ванных гидравлических затворов, отсутствии конденсата в фильтре и газопроводах.

Кроме того, необходимо также проверить наличие запаса воды в водонапорном баке, приготовить необходимое количество сухих дров для розжига и пуска генератора и залить водой ванны гидравлических затворов до уровня переливных труб.

При пуске установки после монтажа и ремонта необходимо, как правило, произвести холодное опробование генератора, аппаратуры и соединений газопровода на плотность. Для этого продувают аппараты воздухом (лучше дымом от небольшого костра на колосниках) с помощью вентилятора через открытую продувочную трубу (свечу) у двигателя.

Исправив замеченные дефекты, можно приступить к розжигу генератора.

РОЗЖИГ ГЕНЕРАТОРА

В начале розжига кран на продувочной трубе у двигателя, фурмы и смотровые отверстия генератора должны быть закрыты, а топочная и зольниковая дверцы и задвижка на свече генератора открыты.

На колосники накладывают слой сухих древесных стружек и щепок и через загрузочный люк добавляют сухих чурок до уровня газовых окон.

Стружки можно зажечь через топочную дверцу. По истечении нескольких минут, убедившись, что топливо хорошо горит, дверцу закрывают и под колосники дают дутьё от ручного вентилятора. При этом следует предварительно закрыть крышку загрузочного люка и зольниковую дверцу.

Затем открывают кран на свече у двигателя, закрывают задвижку на свече генератора и продолжают дутьё в течение 5—10 минут до полного вытеснения всего воздуха из аппаратуры и газопроводов. Попутно следует проверить на плотность газогенератор, аппаратуру и все соединения газопровода. В случае неплотности в проверяемых местах при обмазке их мыльным раствором появляются мыльные пузыри.

После продувки аппаратов выход дыма снова переключают на свечу генератора; через загрузочный люк добавляют сухих чурок до уровня нижних смотровых (шуровочных) отверстий и для ускорения розжига продолжают дутьё под колосники или ведут растопку на самотяге.

По истечении некоторого времени, убедившись через нижние смотровые отверстия, что дрова хорошо обуглились, плотно закрывают вентили воздуховода, прекращают дутьё, закладывают кирпичом без перевязки проем топочной дверки, добавляют сухих чурок до уровня верхних смотровых отверстий, плотно закрывают зольниковую дверку (если до того работа велась на самотяге) и открывают фурмы.

В дальнейшем опускают через загрузочный люк до колосников итангу диаметром 18—20 мм и шуровкой уплотняют слой.

С появлением слоя раскалённого угля на высоте 10 см над фурмами можно догрузить шахту сухими дровами доверху, прошуровать слой итангой и, пустив воду в стояки газоотвода и в скруббер, приступить к пробе газа. Предварительно следует в течение 10 минут продуть аппараты через свечу у двигателя, не пробуя при этом газа. Дутьё в этом случае следует давать не под колосники, а только в верхнюю часть шахты генератора; фурмы, загрузочный люк и задвижка на свече генератора должны быть закрыты, а кран на свече у двигателя открыт.

В дальнейшем открывают краник на газопроводе перед двигателем и зажигают струю газа. Если газ горит неустойчиво, гаснущим факелом, необходимо генератор снова перевести на естественную тягу, прошуровать слой, добавить немного дров и через некоторое время повторить пробу газа. Если же газ горит непре-

равно полным пламенем фиолетового цвета без копоти, то газогенератор готов к пуску.

Если двигатель еще не готов к пуску на газе, необходимо перевести генератор на свечу с частично прикрытой на ней задвижкой. Фурмы остаются закрытыми. Воду можно закрыть.

ПУСК УСТАНОВКИ

При готовности двигателя к пуску на газе, пускают воду в аппаратуру и повторяют пробу газа. При удовлетворительном газе закрывают пробный краник и, не останавливая вентилятора, открывают газовый кран перед двигателем и переключают его с нефти на газ.

Тотчас же после пуска двигателя постепенно закрывают кран на продувочной трубе, плотно закрывают вентиль воздуховода и останавливают вентилятор, снова открывают фурмы генератора и частично (в зависимости от влажности топлива) задвижку свечи генератора.

ОБСЛУЖИВАНИЕ И КОНТРОЛЬ УСТАНОВКИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Для газификации можно применять дрова смешанных пород влажностью до 35%, разделанные на чурки одинакового размера, длиной 100—120 мм, сечением 80×80 мм, не загрязнённые песком или землёй.

Чурки добавляют в шахту периодически мелкими порциями с таким расчётом, чтобы уровень дров в шахте генератора не опускался ниже чем на 0,4 м от крышки загрузочного люка. Не следует допускать застревания топлива в шахте. Равномерное сжигание слоя обеспечивается периодической, но не слишком частой шуровкой. Некоторые газовщики успешно практикуют шурование слоя топлива лёгким шевелением штанги, постоянно погруженной через верхний люк до уровня газовых окон, при загрузке очередной порции дров.

Подвод воздуха в шахту осуществляется различно в зависимости от влажности топлива, смотровые отверстия, как правило, держат закрытыми.

Во время работы генератора надо все время регулировать приток воды к оросителям скруббера и стоякам газоотвода, следить за сохранением уровня воды в гидравлических затворах и возобновлением запаса воды в водонапорном баке.

Не реже одного раза в день производят чистку колосников и зольника при отключённом двигателе. Кратковременная (5—10 минут) чистка зольника может производиться на ходу. Вынутые золу и шлаки заливают водой и тут же удаляют из помещения.

Примерно раз в неделю необходимо прочищать конденсатопровод генератора, вычищать и смазывать смесью сала с графитом арматуру газопровода и вытяжных труб, прочищать отверстия распылителей воды, вычищать грязь из гидравлических затворов.

Периодически в плановом порядке следует проверять целостность газовых каналов и кладки внутри генератора, менять по мере надобности насадку в скруббере и фильтре и производить внутреннюю очистку аппаратуры и газопроводов от смолы и грязи.

Правильная эксплуатация газогенераторной установки может быть обеспечена при условии непрерывного контроля её работы с помощью измерительных приборов. Контроль осуществляется по следующим показателям:

Разрежение замеряется U-образными водяными манометрами в следующих точках газового тракта: по выходе из генератора, после скруббера, после фильтра и перед двигателем. Сравнение полученных величин с «нормальным» разрежением в соответствующих точках, установленным опытным путём в период наладки или эксплуатации, позволяет судить о возможных причинах нарушения процесса: при повышенном разрежении — о засорении фурм, газовых окон, газоотвода генератора, насадки в скруббере или фильтре, газопровода или водостока из скруббера; о чрезмерном уплотнении насадки, неправильной (глубокой) установке колена барботера; при пониженном разрежении — о чрезмерном уменьшении высоты слоя топлива, наличии прогаров, неплотности насадки в скруббере или фильтре, неплотности соединений аппаратов или газопровода, неправильной установке колена барботера.

Температура газа замеряется в тех же точках газового тракта ртутными термометрами в металлических гильзах. При отсутствии термометра со шкалой до 550° за газогенератором надо ставить термопару с гальванометром.

Повышенная температура газа указывает на уменьшение высоты слоя, слишком сухое топливо, наличие прогаров, подсос воздуха в нижней части шахты и горение газа, на неисправную работу скруббера (засорение насадки и оросителей), на неисправную установку колена барботера, недостаток количества или напора охлаждающей воды, высокую температуру последней.

Пониженная температура газа указывает на большую недогрузку генератора, чрезмерно влажное топливо при недостаточном отводе влаги из верхней части шахты, засорение газоотвода (плохой отсос газа) или засорение фурм (недостаток воздуха).

Качество газа. Кроме оценки по цвету пламени (см. стр. 62), качество газа определяется также с помощью газоанализатора (Орса или Норзе) по содержанию в нём углекислоты и окиси углерода, а также кислорода.

Повышенное содержание углекислоты, совпадающее с повышенной температурой газа, указывает на уменьшение высоты слоя, прогары или подсос воздуха и горение газа в генераторе.

Повышенное содержание углекислоты при одновременном понижении температуры указывает на значительную влажность топлива при плохом отводе паров, длительную недогрузку двигателя, сползание зоны горения при чрезмерной шуровке.

Повышенное содержание кислорода свидетельствует о плохом

уплотнения слоя, присосах воздуха в аппаратуре или газопроводах.

Контроль зон, как и контроль равномерности горения, по высоте шахты определяется степенью нагрева по длине штанги, опущенной через верхний люк до колосников на 8—10 минут.

Состав (выгреба, содержание в нём несгоревшего углерода, определяется в лаборатории.

Качество топлива, в частности его влажность, определяется в лаборатории.

Производительность генератора определяется по расходу топлива, взвешиваемого на десятичных весах.

Расход воды на охлаждение газа можно определять мерными бачками. Одновременно ртутными термометрами замеряют температуры входящей и стекающей воды.

ОСТАНОВКА ГЕНЕРАТОРА

За 5 минут до остановки двигателя наполняют генератор дровами до верхней крышки и закрывают её.

Затем в последовательном порядке открывают задвижку на свече генератора, закрывают газовый кран перед двигателем и открывают кран на свече у двигателя. Плотно закрывают все фурмы и шуровочные отверстия, проверяют, достаточно ли плотно закрыты воздушные вентили у вентилятора и крышка загрузочного люка. Прекращают подачу воды на оросители и спускают конденсат и воду из скруббера, фильтра и газопровода, а в зимнее время также из гидравлических затворов и водопровода; наконец, закрывают кран на свече у двигателя.

XI. СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

I. СВОДНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ АППАРАТУРЫ

ПО ЧЕРТ. 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 и 15

Наименование материалов	ОСТ	Единица измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Кирпич красный	ГОСТ 350-41	шт.	1600	—	5170
Кирпич огнеупорный	389-41	»	400	—	1600
Глина огнеупорная	—	кг	—	—	210
Порошок шамотный	—	»	—	—	40
Сталь прокатная тонко-листовая:					
толщина листа 1 мм	ОСТ 10020-39	кг	—	—	1,04
» » 2 »	10020-39	»	—	—	14,95
» » 3 »	10020-39	»	—	—	301,65
Сталь прокатная толстолистовая:					
толщина листа 4 мм	10019-39	кг	—	—	4,38
» » 5 »	10019-39	»	—	—	28,51
» » 8 »	10019-39	»	—	—	55,84
» » 12 »	10019-39	»	—	—	1,06
» » 18 »	10019-39	»	—	—	10,92
Сталь прокатная угловая равнобокая:					
30×30×4 мм	10014-39	кг	—	—	1,92
35×35×4 »	10014-39	»	—	—	15,64
50×50×5 »	10014-39	»	—	—	17,82
75×75×6 »	10014-39	»	—	—	129,51
Сталь прокатная полосовая размером:					
12×6 мм	ОСТ НКТП 2398	кг	—	—	1,68
20×6 »	2398	»	—	—	1,46
35×4 »	2398	»	—	—	7,68
35×10 »	2398	»	—	—	1,31
40×4 »	2398	»	—	—	4,92
40×6 »	2398	»	—	—	16,30
50×8 »	2398	»	—	—	0,70
60×6 »	2398	»	—	—	2,52
Сталь прокатная круглая:					
диаметром 9,5 мм	ОСТ 10008-39	кг	—	—	0,25
» 12 »	10008-39	»	—	—	0,27
» 18 »	10008-39	»	—	—	0,12
» 24 »	10008-39	»	—	—	3,30
Сталь круглая пружинная марки ПКУ диаметром 4,5 мм	—	»	—	—	0,05
Проволока железная диаметром 8 мм	ОСТ НКТП 2577	»	—	—	0,63
Чугунное литье для колосников и колосниковой рамы	—	»	—	—	44,5

Наименование материалов	ОСТ	Единицы измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Трубы водогазопроводные (газовые) обыкновенные:					
диаметром 1 1/2"	ОСТ 18828-39	пог. м	0,4	—	1,12
» 3/4"	18828-39	»	0,135	—	0,22
» 1"	18828-39	»	1,6	—	2,17
» 1 1/2"	18828-39	»	0,84	—	1,7
» 2"	18828-39	»	3,0	—	14,72
Трубы стальные сварные разного назначения:					
диаметром 89×3,25 мм	18865-39	»	0,1	—	0,83
» 114×3,75 »	18865-39	»	2,62	—	26,68
» 133×4,0 »	18865-39	»	3,9	—	49,5
» 159×4,5 »	18865-39	»	0,78	—	13,5
Задвижка газовая Лудло, усл. проход диаметром 125 мм	Главармалит 30-Ч-2	шт.	1	—	54,0
Тройник прямой диаметром 1"	ОСТ 3361	»	3	—	0,75
Контргайки » 2"	3366	»	1	—	0,2
Муфта соединительная прямая железная:					
диаметром 1 1/2"	3363	шт.	1	—	0,45
» 2"	3363	»	1	—	0,63
Колпак из ковкого чугуна диаметром 2"	775	»	1	—	0,45
Пробки:					
диаметром 1"	776	»	3	—	0,45
» 1 1/2"	776	»	1	—	0,30
Фланцы стальные приварные:					
диаметром 80×12 мм	ГОСТ 1255-41	шт.	2	—	1,06
» 190×18 »	1255-41	»	1	—	2,6
» 130×14 »	1255-41	»	1	—	1,26
» 140×14 »	1255-41	»	1	—	1,38
» 210×18 »	1255-41	»	2	—	6,92
» 240×18 »	1255-41	»	6	—	27,85
Болты чёрные с шестигранной головкой:					
М 8×25 мм, тип 9	ОСТ 20035-38	кг	—	—	0,74
М12×35 »	20035-38	»	—	—	0,41
М12×60 »	20035-38	»	—	—	4,7
М16×50 »	20035-38	»	—	—	2,1
М16×60 »	20035-38	»	—	—	2,61
Гайки чёрные шестигранные:					
Ш-М 8	ОСТ НКТП 3310	кг	—	—	0,66
Ш-М10	3310	»	—	—	0,16
Ш-М12	3310	»	—	—	2,21
Ш-М16	3310	»	—	—	1,8

Наименование материалов	ОСТ	Единица измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Шпильки чистые:					
M10×40 A1	ОСТ 20001-38	кг	—	—	0,176
M10×145 A1	20001-38	»	—	—	0,36
M12×25 A1	20001-38	»	—	—	0,13
M12×35 A1	20001-38	»	—	—	0,54
Шпильки разводные проволоочные:					
диаметром 3×25 мм	150	»	—	—	0,014
» 4×35 »	150	»	—	—	0,01
Шайбы чистые:					
диаметром 3 мм	ОСТ НКТП 3233	шт.	—	—	0,01
» 8 »	3233	»	—	—	0,02
» 12 »	3233	»	—	—	0,12
» 24 »	3233	»	—	—	0,03
Заклёпки железные:					
диаметром 3×10 мм	ОСТ 184	кг	—	—	0,012
» 4×8 »	184	»	—	—	0,015
Кран спускной диаметром 3/4"	Главармалит	шт.	1	—	0,15
Асбест листовой 2-мм	—	кг	—	—	19,0
Кожа толщиной 3—4 мм	—	»	—	—	0,3
Доски сосновые:					
150×30 мм	—	пог. м	4,5	—	—
200×30 »	—	»	5,0	—	—

*Дополнительные материалы для изготовления газогенератора
с металлическим кожухом (см. черт. 2 и 4)*

Сталь прокатная тонколистовая, толщина листа:					
2 мм	ОСТ 10020-39	кг	—	—	124,2
3 »	10020-39	»	—	—	2,16
Сталь прокатная угловая равнобокая 50×50×5 мм					
	10014-39	»	—	—	14,2
Сталь прокатная полосовая 40×6 мм					
	ОСТ 2398	»	—	—	8,2
Болты с шестигранной головкой M12×55 T9					
	ОСТ 20035-38	»	—	—	0,34
Шпильки M12×35 A1					
	20001-38	»	—	—	0,6
Гайки шестигранные M12-Ш					
	3310	»	—	—	0,72

II. СВОДНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ АППАРАТУРЫ ПО ЧЕРТ. 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 и 16

Кирпич красный	ГОСТ 350-41	шт.	1600	—	5170
Кирпич огнеупорный	389-41	»	400	—	1600
Глина огнеупорная	—	м³	0,117	—	210
Порошок шамотный	—	»	0,335	—	40

Наименование материалов	ОСТ	Единица измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Сталь прокатная тонколистовая, толщина листа:					
1 мм	ОСТ 10020-39	кг	—	—	0,6
2 »	10020-39	»	—	—	20
3 »	10020-39	»	—	—	79
Сталь прокатная толстолистовая, толщина листа:					
5 мм	10019-39	»	—	—	28
8 »	10019-39	»	—	—	60
12 »	10019-39	»	—	—	2
18 »	10019-39	»	—	—	11
6 »	10019-39	»	—	—	3
4 »	10019-39	»	—	—	2
Сталь прокатная угловая равнобокая:					
35×35×4 мм	10014-39	кг	—	—	19
50×50×5 »	10014-39	»	—	—	18
75×75×5 »	10014-39	»	—	—	130
30×30×4 »	10014-39	»	—	—	2
Сталь прокатная полосовая:					
12×6 мм	ОСТ НКТП 2398	кг	—	—	2
20×6 »	2398	»	—	—	1,5
35×4 »	2398	»	—	—	6
35×10 »	2398	»	—	—	3
40×4 »	2398	»	—	—	6,5
40×6 »	2398	»	—	—	29
60×6 »	2398	»	—	—	3,5
50×8 »	2398	»	—	—	1
60×4 »	2398	»	—	—	16
Сталь прокатная круглая:					
диаметром 9,5 мм	ОСТ 10008-39	кг	—	—	0,25
» 14 »	10008-39	»	—	—	9
» 12 »	10008-39	»	—	—	0,27
» 18 »	10008-39	»	—	—	0,125
» 24 »	10008-39	»	—	—	3,3
Сталь круглая пружинная марки ПКУ диаметром 2,5 мм	—	»	—	—	0,130
Проволока железная катаная диаметром 5 мм	ОСТ НКТП 2577	»	—	—	2
Чугунное литьё для колосников и колосниковой рамы	—	»	—	—	50

Наименование материалов	ОСТ	Единицы измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Труба водогазопроводная (газовая) обыкновенная:					
диаметром $1\frac{1}{2}$	ОСТ 18828-39	пог. м	1	—	1,15
» 1"	18828-39	»	1,7	—	4,5
» 2"	18828-39	»	3	—	14,1
Трубы стальные сварные разного назначения:					
диаметром 89×3,25 мм	18865-39	пог. м.	0,10	—	2,65
» 114×3,75 »	18865-39	»	2,78	—	28,5
» 133×4 »	18865-39	»	5	—	62
Фланцы стальные, приварные:					
диаметром 80×12	ГОСТ 1255-41	шт.	2	—	1,1
» 190×18	1255-41	»	2	—	5,2
» 210×18	1255-41	»	2	—	6,9
» 240×18	1255-41	»	6	—	28
Задвижка газовая Лудло, усл. проход диаметром 125 мм	Главармалит	»	1	—	54
Тройник » 1"	ОСТ 3361	»	3	—	1,2
Контргайка:					
диаметром 2"	3366	»	2	—	0,4
» 1"	3366	»	1	—	0,06
Муфта соединительная прямая железная:					
диаметром 2"	3366	шт.	1	—	0,630
» 1"	3366	»	2	—	0,400
Колпак из ковкого чугуна диаметром 2"	775	»	2	—	1,260
Пробка:					
диаметром 1"	776	»	3	—	0,450
» $1\frac{1}{2}$ "	776	»	1	—	0,3
Болты чёрные с шестигранной головкой:					
M8×30, тип 9	20035-38	кг	—	—	0,74
M12×35 »	20035-38	»	—	—	0,41
M12×60 »	20035-38	»	—	—	4,7
M16×50 »	20035-38	»	—	—	2,1
M16×60 »	20035-38	»	—	—	2,61
M8×25 »	20035-38	»	—	—	—

Наименование материалов	ОСТ	Единица измерения	Количество	Вес единицы в кг	Общий вес в кг
1	2	3	4	5	6
Шпильки чистые:					
M10×40 A1	ОСТ 20001-38	кг	—	—	0,2
M10×110 A1	20001-38	»	—	—	0,3
M12×25 A1	20001-38	»	—	—	0,120
M12×35 A1	20001-38	»	—	—	0,55
Гайки чёрные шестигранные:					
Ш-M8	ОСТ НКТП 3310	кг	—	—	0,3
Ш-M10	3310	»	—	—	0,160
Ш-M12	3310	»	—	—	2,21
Ш-M16	3310	»	—	—	1,8
Шплинт разводной проволоочный;					
диаметром 3×25 мм . . .	ОСТ 150	шт.	7	—	0,015
» 4×35 »	150	»	2	—	0,006
Шайбы чистые к болту:					
диаметром 4 мм	ОСТ НКТП 3233	кг	—	—	0,008
» 8 »	3233	»	—	—	0,020
» 12 »	3233	»	—	—	0,120
» 24 »	3233	»	—	—	0,03
Шайбы чёрные M-10 мм	3100	»	—	—	0,030
Заклёпки:					
диаметром 3×10 мм . . .	ОСТ 184	»	—	—	0,012
» 4×8 »	184	»	—	—	0,015
Кран спускной диаметром 3/4" . .	Главармалит	шт.	1	—	0,150
Асбест листовой 2-мм	—	кг	—	—	11
Пробка железная	ОСТ 776	шт.	2	—	0,6

*Дополнительные материалы для изготовления газогенератора
с металлическим кожухом (см. черт. 2 и 4)*

Сталь прокатная тонколистовая, толщина листа:					
2 мм	ОСТ 10020-39	кг	—	—	125
3 »	10020-39	»	—	—	2,2
Сталь прокатная угловая равно- бокая 50×50×5 мм	10012-39	»	—	—	14,5
Сталь прокатная полосовая 40×6 мм	ОСТ НКТП 2398	»	—	—	8,2
Болт с шестигранной головкой M12×55, тип 9	ОСТ 20035-38	»	—	—	0,35
Шпильки M12×25 A1	20001-38	»	—	—	0,6
Гайки шестигранные Ш-M12 . .	ОСТ НКТП 3310	»	—	—	0,75

42631

БИБЛИОТЕКА
ИЗДАТЕЛЬСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Дрова как топливо	5
II. Газификация древесины	8
III. Конструкция основных аппаратов стационарных газогенераторных установок	20
IV. Типовой газогенератор В/К Промзернопроект	28
V. Очистная аппаратура газогенераторной установки В/К Промзернопроект	32
VI. Схема газогенераторной установки	34
VII. Расчёт газогенераторной установки	38
Расчёт газогенератора	44
Расчёт скруббера	48
Расчёт фильтра	53
VIII. Данные испытаний газогенератора В/К Промзернопроект	53
IX. Монтаж газогенератора	59
Материалы для кладки шахты генератора	60
Кладка шахты генератора	61
Монтаж металлических частей газогенератора	62
Сушка и штукатурка шахты газогенератора	62
X. Уход за газогенераторной установкой	63
Подготовка к пуску	63
Розжиг генератора	64
Пуск установки	65
Обслуживание и контроль установки во время работы	65
Остановка генератора	67
XI. Спецификация материалов	68
Приложение: 18 чертежей	75

Редактор Г. П. Ожгова

Техред А. М. Жданова

Сдан в набор 18/XI 1944 г. Подписано к печати 20/VII 1945 г. Изд. № 181. Объем 4,5 печ. л.
+ 6 печ. л. вкл. вкл., всего 10,5 печ. л. Учетно-изд. 14,1 л. Бумага 60x92¹/₂ л. д. л. 54,000 зн.
в 1 печ. л. Л 101677. Заказ № 677. Тираж 3,000

Набрано в типографии «Красный пролетарий» треста «Полиграфкнига» ОГИЗ
при ЦК ВКП(б), Москва, Краснопролетарская, 16, отпечатано в тип. Заготиздата
Москва, Селиверстов 1/26 Зак. 28