

Л. Л. ОСИПОВ

С $\frac{224}{121}$

ГАЗИФИКАЦИЯ
ТЕПЛОСИЛОВОГО
ХОЗЯЙСТВА
РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Областная библиотека

РЕЧИЗДАТ
МОСКВА · 1952

Т. Л. ОСИПОВ

С $\frac{224}{121}$

ГАЗИФИКАЦИЯ
ТЕПЛОСИЛОВОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА



ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА РЕЧНОГО ФЛОТА СССР
МОСКВА — 1952

Государственная
БИБЛИОТЕКА
СССР
им. В. И. Ленина

СА 1991/5

ИЗМ

ОТ АВТОРА

Сокращение потребления жидкого топлива в различных отраслях народного хозяйства путем замены его местными видами твердых топлив является одной из задач рационального построения топливного баланса нашей страны.

Успешному проведению в жизнь указанного мероприятия в значительной мере должен способствовать перевод промышленных и судовых теплосиловых установок с жидкого топлива на твердое.

Предлагаемая книга является первой попыткой систематизировать и объединить материалы по переводу промышленных и судовых теплосиловых установок с жидкого на газообразное топливо.

В книге разобраны виды твердых топлив, применяемых для газификации, рабочие процессы агрегатов, даны принципы расчетов главных размеров их и приведен ряд конструкций газогенераторов, газовых двигателей и промышленных печей, работающих на генераторном газе.

Естественно, что данной книге присущи, как и всякому новому делу, самые разнообразные недостатки. Поэтому различные указания и исправления со стороны читателей будут приняты автором с благодарностью.

Автор считает своим долгом выразить глубокую признательность рецензенту к. т. н. Фуфрянскому Н. А. и инж. Лаврентьеву В. И., давшему ряд ценных указаний, а также редактору настоящей книги инж. В. В. Иванову.

Осипов Л. Л.

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССАХ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

1. СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Теплосиловое хозяйство промышленных предприятий и машинных отделений судов речного флота чрезвычайно разнообразно.

Из различных видов топлив, применяющихся в теплосиловых установках, наибольшее распространение получило твердое топливо.

Тепло твердого топлива используется обычно путем непосредственного его сжигания или же газификации в аппаратах, называемых газогенераторами.

Газификация твердого топлива представляет собой физико-химический процесс превращения твердого топлива в газообразное, путем подвода для этого воздуха в необходимом количестве. Газификация топлива в газогенераторах производится различными способами, в соответствии с которыми применяется паровое, паровоздушное или воздушное дутье.

При попеременном подведении в шахту газогенератора пара и воздуха получают так называемый водяной газ. Получение водяного газа происходит при продувании пара через слой топлива, вследствие чего пар, соприкасаясь с раскаленным углеродом топлива, образует свободный водород и окись углерода.

Так как при данном способе газификации охлаждается слой топлива, через каждые 4—7 минут прекращают подачу пара и производят пропуск воздуха до получения надлежащей температуры топлива, после чего выключают воздушное дутье, подают пар, и цикл повторяется.

Теплотворная способность водяного генераторного газа составляет 2500—2800 кал/н.м³.

Если для газификации топлива в газогенератор подводится смесь воздуха и пара, или частично используется влага топлива, то при данном способе ведения процесса получают генераторный газ с теплотворной способностью 1100—1600 кал/н.м³.

При подведении для газификации антрацита или кокса только одного воздуха получают воздушный газ с теплотворной способностью ~ 1000 кал/н. м³.

2. ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССОВ ГАЗИФИКАЦИИ

Процессы газификации твердого топлива подразделяются на следующие виды: а) прямой, б) обращенный и в) горизонтальный.

Схематически процесс газификации может быть представлен делением участвующего в газификации слоя топлива на ряд зон.

На рис. 1 представлена схема прямого процесса газификации с применением паро-воздушного дутья. Воздух и пар в виде смеси $O_2 + N_2 + H_2O$ поступают под колосниковую решетку, на которой углерод топлива в присутствии воздуха сгорает в углекислоту. Эта часть топлива носит название зоны горения или окисления.

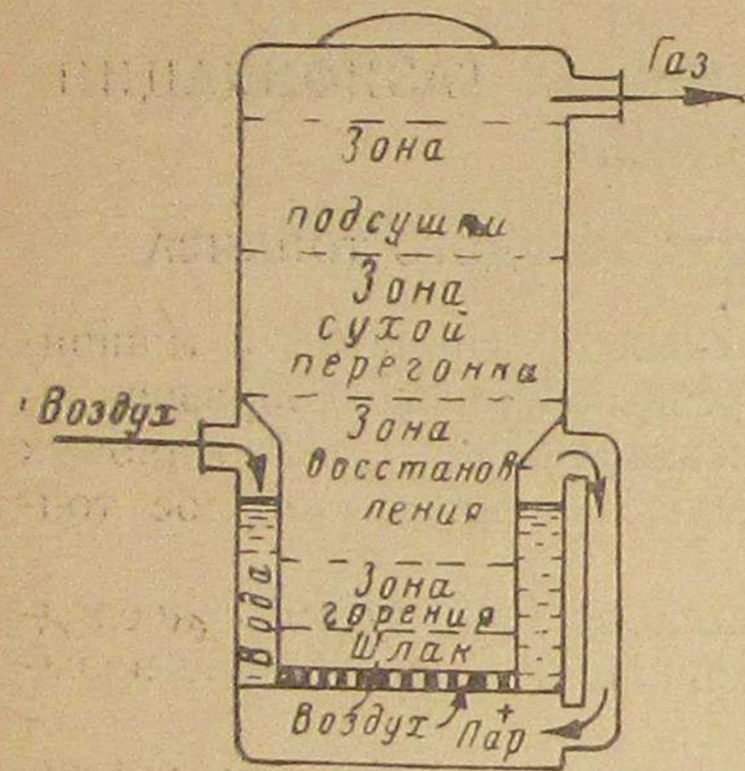


Рис. 1. Схема прямого процесса газификации

Образовавшийся при горении топлива газ состоит в основном из углекислоты и перегретого пара. В результате значительного выделения тепла в зоне горения, находящийся над ней слой топлива нагревается до температуры $900-1100^{\circ}C$. Поднимаясь вверх, продукты сгорания топлива поступают в так называемую восстановительную зону, в которой углекислота, соприкасаясь с раскаленным углеродом топлива, в значительной степени восстанавливается в окись углерода.

Зоны горения и восстановления составляют вместе активную зону процесса газификации.

Полученные в активной зоне продукты газификации нагревают выше расположенный слой топлива до $400-600^{\circ}C$, вследствие чего происходит выделение из него метана, смол и различных кислот. Эта часть слоя топлива носит название зоны сухой перегонки. Выше находится зона подсушки, проходя которую горячие газы механически смешиваются с влагой топлива, в результате чего оно подсушивается.

При газификации топлива по прямому процессу получается газ, состоящий из продуктов газификации, сухой перегонки и паров влаги топлива.

Хотя продукты сухой перегонки повышают теплотворную способность генераторного газа, наличие в них смолистых веществ не позволяет применять в двигателях внутреннего сгорания газ, полученный из топлива с большим содержанием летучих без предварительного их улавливания в специальных аппаратах — смолоотделителях.

В генераторах прямого процесса, предназначенных для питания газом двигателей внутреннего сгорания, обычно применяют бессмольные топлива (антрацит, кокс, древесный уголь и т. п.).

В газогенераторах, вырабатывающих газ для двигателей внутреннего сгорания из топлив с большим содержанием смол (дрова,

торф и бурые угли), применяется обращенный процесс газификации, принципиальная схема которого приведена на рис. 2. Воздух через фурмы, расположенные по периметру камеры газификации, поступает во внутреннюю ее полость, а газ отсасывается снизу. В плоскости подвода воздуха углерод топлива сгорает, образуя зону горения.

Так как в этой зоне горения реакции протекают с большим выделением тепла (аналогично прямому процессу), непосредственно расположенный над этой зоной слой топлива нагревается и происходит процесс сухой перегонки топлива.

Выше зоны сухой перегонки расположена зона подсушки.

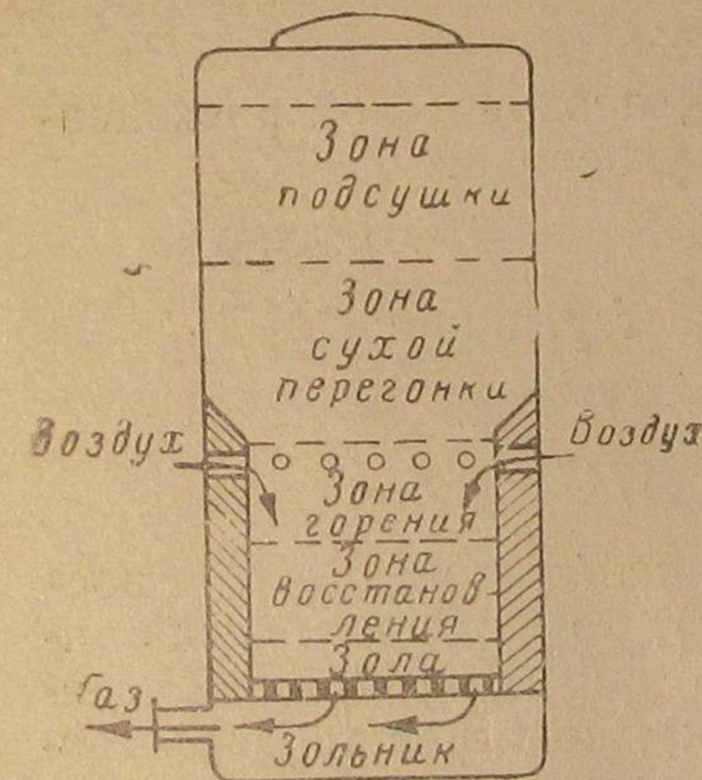


Рис. 2. Схема обращенного процесса газификации



Рис. 3. Схема горизонтального процесса газификации

Образовавшиеся в зонах подсушки и сухой перегонки водяной пар, летучие вещества и газы, опускаясь вниз, проходят зону горения, где частично сгорают и вместе с продуктами горения поступают в нижний слой топлива — зону восстановления. В этой зоне, вследствие высоких температур, углекислый газ, проходя через слой раскаленного углерода, в значительной части восстанавливается в окись углерода, а не сгоревшая в зоне горения часть продуктов сухой перегонки разлагается на простые соединения, в результате чего получается газ, свободный от смолистых веществ.

В транспортных газогенераторах небольшой мощности получил также распространение горизонтальный процесс газификации (рис. 3). В отличие от обращенного процесса зоны горения и восстановления при горизонтальном процессе располагаются вертикальными слоями, а топливо перемещается сверху вниз, в результате чего происходит пересечение направления потока газа и топлива.

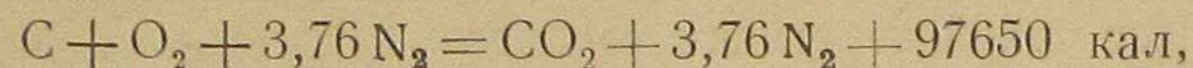
При горизонтальном процессе активная зона вытянута вдоль плоскости подвода воздуха в шахту газогенератора, а зоны сухой перегонки и подсушки расположены над нею.

3. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВА

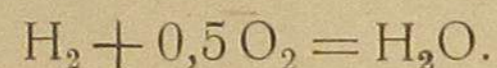
Прямой процесс газификации топлива с применением паровоздушного дутья приближенно может быть представлен в следующем виде:

Вводится под колосниковую решетку $O_2 + N_2 + H_2O$.

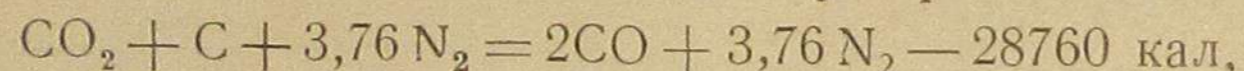
В зоне горения происходит сгорание углерода в углекислоту по реакции:



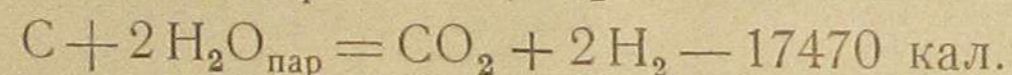
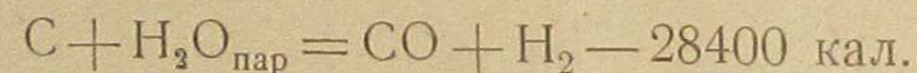
а водород топлива:



В восстановительной зоне углекислота, проходя слой раскаленного топлива, восстанавливается в окись углерода:

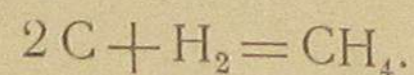
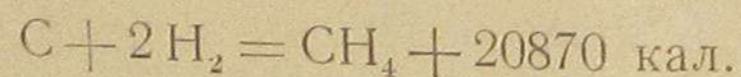


а углерод в соединении с парами воды дает реакции:



Выделяемое при горении тепло (97650 кал/кг-мол) идет на восстановление CO_2 в CO (38790 кал/кг-мол), разложение влаги топлива или воды, вводимой в газогенератор при газификации каменных углей и антрацита (28380 кал/кг-мол), подогрев топлива в зонах сухой перегонки и подсушки и вводимого в генератор воздуха, подогревание продуктов газификации и на излучение в окружающую среду.

В зоне сухой перегонки образование метана идет по реакции



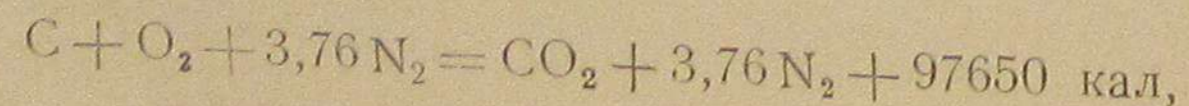
Кроме этих реакций происходит выделение из топлива продуктов сухой перегонки (смолы, кислоты и т. д.).

В зоне подсушки из загруженного в шахту генератора топлива выделяются пары воды.

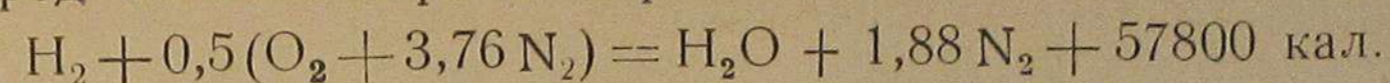
Таким образом генераторный газ, полученный по прямому процессу с применением паровоздушного дутья, состоит из окиси углерода + углекислота + кислород + водород + метан + азот + водяные пары + продукты сухой перегонки (смолы, кислоты и т. п.) + механические примеси.

Обращенный процесс газификации с подводом в зону горения воздушного дутья примерно следующий.

В зоне горения, на уровне подвода воздуха протекает реакция сгорания углерода по уравнению:



а водород топлива сгорает по реакции:

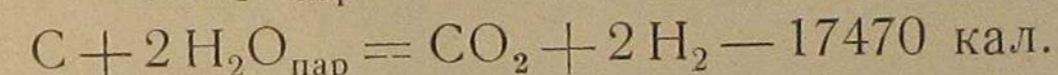
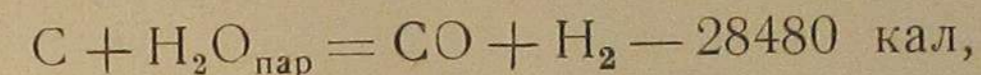


В этой же зоне происходит сгорание продуктов, выделившихся в зоне сухой перегонки (смолы и т. п.), а также перегрев водяных паров, полученных при сгорании и подсушке топлива.

Углекислый газ, проходя через слой раскаленного топлива в восстановительной зоне, восстанавливается в окись углерода по реакции:



Воздействие водяного пара на раскаленный углерод дает реакции:



Генераторный газ при газификации топлива по обращенному процессу не содержит смолистых веществ и состоит из окиси углерода + углекислота + кислород + метан + азот + водяные пары + механические примеси.

Благодаря отсутствию в газе смолистых веществ и простоте конструкции газогенератора обращенный процесс широко применяется в силовых установках небольшой мощности для газификации древесины, торфа, бурых углей и других твердых топлив с большим содержанием летучих.

4. ТОПЛИВО ДЛЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Основная классификация топлив, применяемых в газогенераторных установках, может быть представлена в следующем виде.

1) Топливо, не содержащее летучих веществ: кокс и древесный уголь.

2) Топливо, содержащее небольшое количество летучих веществ: антрациты, полукокс и каменные угли с выходом летучих не более 9%.

3) Топливо с большим содержанием летучих веществ: каменные угли с выходом летучих веществ более 9%, бурые угли, торф и дрова.

Особенное значение для процесса газификации имеют:

а) однородность размеров топлива и его способность сохранять свою форму при нагревании;

б) содержание золы в топливе и температура ее плавления;

в) влажность топлива.

Содержание влаги в топливе учитывается как в относительных, так и в абсолютных величинах.

Относительной влажностью называется влажность топлива в процентах, определяющая отношение веса воды в топливе к его весу до подсушки и подсчитывается по формуле

$$W_0 = \frac{U_b - U_c}{U_b} 100,$$

где:
 U_a — вес топлива до подсушки;
 U_c — сухой вес топлива.
 Абсолютная влажность топлива в процентах учитывает отношение веса воды в топливе к сухому весу топлива и определяется по формуле:

$$W_a = \frac{U_a - U_c}{U_c} 100.$$

Ниже приводятся технические условия на твердые топлива для стационарных и транспортных газогенераторов.

Антрациты

В зависимости от величины кусков антрациты, применяемые для газификации, подразделяются на следующие классы: 100—50 мм, 50—25 мм, 25—13 мм, 13—6 мм.

По содержанию золы в абсолютно сухом топливе, общей серы и по механической прочности антрациты делятся на два сорта и должны удовлетворять техническим условиям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

ГОСТ 3846—47 (для стационарных газогенераторов)			ГОСТ 4578—49 (для транспортных газогенераторов)		
Наименование показателей	1-й сорт	2-й сорт	Наименование показателей	1-й сорт	2-й сорт
Содержание золы в %	менее 12	от 12 до 20	Содержание золы не более в %	7,0	10,0
Содержание серы в %	" 2	" 2 " 4	Содержание серы не более в %	1,0	1,5
Механическая прочность	выше 70	" 65 " 70	Механическая прочность выше	60	60
Температура плавления золы в °С выше	1250	1250	Температура плавления золы в °С выше	1250	1250

Поскольку наличие мелочи в антрацитах, предназначенных для газификации, снижает производительность газогенераторов, увеличивает унос, ухудшает качество газа и затрудняет ведение процесса, то согласно техническим условиям на поставку антрацитов для газогенераторных установок содержание в них мелочи не должно превышать количеств, обусловленных в табл. 2.

Каменные угли

В стационарных газогенераторах успешно газифицируются не спекающиеся или слабо спекающиеся каменные угли с высокой механической прочностью и термической стойкостью.

Таблица 2

ГОСТ 3846—47 (для стационарных газогенераторов)		ГОСТ 4578—49 (для транспортных газогенераторов)	
Класс в мм	Содержание мелочи в %	Класс в мм	Содержание мелочи в %
100—50	не более 8	25—13	не более 5
50—25	" " 8	13—6	" " 8
25—13	" " 10	—	—
13—6	" " 13	—	—

В зависимости от выхода летучих и термической стойкости каменные угли Донецкого бассейна, применяемые для газификации, делятся на две группы:

- 1-я — с выходом летучих менее 9%;
- 2-я — с выходом летучих более 31%.

Согласно ГОСТ 3846—47, донецкие угли для газификации по содержанию золы, общей серы и по механической прочности подразделяются на два сорта и должны удовлетворять качественным показателям, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Наименование показателей	1-й сорт	2-й сорт
Содержание золы (A_c) в %	менее 12	от 12 до 20
Содержание серы в %	" 2	от 2 до 4
Механическая прочность, индекс разбивания	выше 70	от 70 до 65
Температура плавления золы в °С не ниже	1250	1250

По размеру кусков угли для газификации делятся на классы: 100—50 мм, 50—25 мм, 25—13 мм и 13—6 мм.

Содержание мелочи в каждом классе не должно превышать величины, указанные в табл. 4.

Каменные угли восточных районов, применяемые в стационарных газогенераторах, в зависимости от свойств и целевого назначения по ГОСТ 4104—48 подразделяются на две группы:

- 1-я — угли каменные марки Д, размерами кусков 13—25, 25—50, 50—100 мм;

Таблица 4

Класс	Содержание мелочи в %
100—50	Не более 8
50—25	" " 8
25—13	" " 10
13—6	" " 13

2-я — угли каменные марки Г, СС, ПС, размерами кусков 13—25, 25—50, 50—100 мм.

Качественные показатели указанных выше марок углей должны соответствовать данным, приведенным в табл. 5.

Таблица 5

Наименование показателей	1-й сорт	2-й сорт
Содержание серы ($S_{общ}^c$) не более в % . . .	1,2	1,2
Содержание золы (A_c) в %	менее 10	от 10 до 20
Температура плавления золы не менее в °С	1200	1200
Толщина пластического слоя в мм не более	10	10

Содержание мелочи и видимой породы не должно превышать величин, предусмотренных в табл. 5 а.

Таблица 5а

Наименование показателей	Размер кусков в мм		
	13—25	25—50	50—100
Содержание мелочи в %	10	10	10
Содержание видимой породы в %	—	2,5	2,0

Каменноугольный кокс

Для газогенераторов в качестве топлива иногда применяются отходы сортировки доменного кокса, так называемый коксик, крупностью кусков от 10—25 мм, а более крупные куски служат для заполнения внутреннего объема скрубберов.

Кокс каменноугольный из углей Донецкого бассейна согласно ГОСТ 513—41 делится на марки и сорта, приведенные в табл. 6.

Содержание летучих веществ (V^2) для всех марок и сортов не должно быть более 1,5%.

Содержание влаги (W^p) в коксе для всех марок и сортов не должно быть более 4,0%.

Размер кусков кокса не менее 25 мм.

Кокс из углей восточных районов по ГОСТ 2014—51 подразделяется на марки КД-I, КД-II, КД-III, КД-IV, КД-V, КДМ-I, КДМ-II и должен удовлетворять нормам, приведенным в табл. 7.

Таблица 6

Название марок	Показатели				
	Фосфор, %	Сера, %		Зола, %	
		предельн.	средн.	предельн.	средн.
Кокс доменный малофосфористый несортированный (КДМ)	0,01	менее 0,9		0,8	9,5
Кокс доменный „бессемеровский“ несортированный (КДП)	0,015	1,4	1,55	9,0	10,5
Кокс доменный 1-й сорт несортированный (КДЧ)	—	1,55	1,75	9,5	11,5
Кокс доменный 2-й сорт несортированный (КДП)	—	1,75	2,0	9,5	11,5

Таблица 7

№ п/п	Наименование показателей	Нормы						
		КД-I	КД-II	КД-III	КД-IV	КД-V	КДМ-I	КДМ-II
		Размер кусков в мм						
		25—40	25—40	25—40	25—40	25—40	более 25	более 25
1	Содержание влаги (W^p) в % среднее	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	3,0	3,0
2	Содержание золы (A^c) в % среднее	11,0	12,1	10,8	11,6	10,8	10,5	11,5
3	Содержание серы ($S_{об}^c$) в % среднее	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4	Выход летучих веществ (V^2) в % предельный	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Полукок

Являясь продуктом сухой перегонки углей, полукок в послевоенное время получил широкое распространение как топливо для газогенераторных установок. Обладая теплотворной способностью, приближающейся к теплотворной способности антрацитов, полу-

кокс является наиболее рентабельным топливом для восточных бассейнов.

Предназначенный для газификации в генераторах каменноугольный полукокс согласно ГОСТ 4597—49 должен удовлетворять техническим условиям, приведенным в табл. 8.

Таблица 8

Наименование показателей	Норма
Содержание влаги (W^p) в % не более	9,0
Содержание золы (A^c) в % не более	8,0
Содержание серы ($S_{об.}^c$) в % не более	1,0
Выход летучих веществ (V^2) в % не более	9,0
Размер кусков в мм	10—40
Содержание мелочи (куски размером менее 10 мм) в %	5,0
Температура плавления золы (t_3) в °С не ниже	1100

Содержание видимой породы в полукоксе для газогенераторов не должно превышать 1%.

Наличие недопала в полукоксе не допускается.

Бурые угли

Бурые угли представляют собой топливо невысокого качества, вследствие значительного содержания в них влаги (от 15 до 60%), золы (от 5 до 50%) и серы (от 1 до 7%).

Теплотворная способность их в зависимости от балласта колеблется в пределах 2300—4800 ккал/кг.

Способность бурых углей выветриваться и превращаться в мелочь делает их непригодными к дальним перевозкам, в результате чего их используют как местное топливо вблизи от месторождения.

Бурые угли восточных районов, применяемые в стационарных газогенераторах промышленного типа, согласно ГОСТ 4104—48 имеют размеры кусков 25—50, 50—100 мм.

По содержанию золы в абсолютно сухом топливе, а также мелочи и видимой породы бурые угли восточных районов должны удовлетворять качественным показателям, приведенным в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Наименование показателей	1-й сорт	2-й сорт
Содержание золы в %	менее 20	от 20 до 25
Содержание серы ($S_{общ.}^c$) в % не более	1,2	1,2
Температура плавления золы в °С не менее	1200	1200

Таблица 10

Наименование показателей	Размер кусков в мм	
	25—50	50—100
Содержание мелочи в %	15	12
Содержание видимой породы в %	2,5	2,0

Торф

Торф является наиболее молодым ископаемым топливом, применяемым для газификации как в стационарных, так и в транспортных газогенераторах. Средний состав органической массы торфа в процентах по данным научно-исследовательского института торфа следующий:

Углерод	51,73—62,26
Водород	4,5—6,14
Сера	0,2—0,3
Теплотворная способность органической массы	5200—5300 ккал/кг

Содержание влаги в торфе:

а) в сыром торфе	60—90
б) в воздушно-сухом торфе	20—30

Зольность торфа в зависимости от глубины залегания и месторождения составляет от 2 до 10%.

В результате проведенных исследований НАТИ нашел возможным рекомендовать для газификации в транспортных газогенераторах торф с нижеследующими показателями.

Зольность на сухую массу, не более	12%
Температура плавления золы, не ниже	1300°С
Влажность, не более	25%

Древесное топливо

В силовых газогенераторах небольшой мощности широко применяется в качестве топлива древесина, разделанная на чурки различных размеров.

Различают два вида пород древесины: лиственные (дуб, береза, бук, граб, липа, осина, ольха и проч.) и хвойные (сосна, ель, пихта и др.).

Химический состав органической массы различных древесных пород приведен в табл. 11.

Влажность древесины колеблется от 15 до 50% и выше.

Древесина, используемая как топливо для газогенераторов, согласно ГОСТ 2720—44 подразделяется на три группы:

Таблица 11*

Название древесной породы	Состав органической массы в %				Теплотворная способность органической массы в кал/кг
	углерод	водород	кислород	азот	
Дуб	50,35	6,05	42,34	1,29	4390
Бук	49,5	6,1	43,49	0,91	4500
Лиственница	50,1	6,3	43,6		4465
Береза	49,3	6,1	43,15	1,15	4460
Ясень	49,2	6,27	43,83	0,7	4410
Ольха	49,0	6,25	44,0	0,75	4140
Сосна	50,2	6,0	43,4	0,4	4560
Ель	49,95	6,4	43,65		4510

* М. Д. Артамонов, Автотракторные газогенераторы, Сельхозгиз, Москва, 1937.

1-я группа — береза, бук, граб, ясень, клен, вяз, ильм, лиственница;

2-я группа — сосна;

3-я группа — осина, ольха, липа, ель, кедр и пихта.

Деление древесины на указанные три группы вызвано механическими свойствами древесного угля, получающегося при газификации. Недостаточная механическая прочность угля резко ухудшает процесс газификации.

Размерность разделанной на чурки древесины для легких транспортных газогенераторов по ГОСТ 2720—44 составляет: длина 40—70 мм; толщина и ширина от 30—60 мм. Влажность чурок не должна превышать 22% абс.

В некоторых конструкциях силовых газогенераторов применяется древесина с влажностью до 50% размерами 80 × 80 × 200 мм и 50 × 50 × 500 мм.

Древесный уголь

Древесный уголь в качестве топлива для газогенераторных установок применяется главным образом в газогенераторах горизонтального процесса. При газификации древесного угля получается газ, свободный от серы и с высокой теплотворной способностью. Химический состав и теплотворная способность древесного угля, полученного из различных пород древесины, приведены в табл. 12.

Древесный уголь применяется только в газогенераторах горизонтального процесса, так как его небольшой насыпной вес (127—184 кг/м³), низкая механическая прочность (9—25 кг/м²), а также значительное содержание пыли и высокая стоимость делают нерентабельным его применение в газогенераторных установках других типов.

Таблица 12*

Порода древесины	Химический состав в %				Теплотворная способность в кал/кг
	С	Н	О + N	Ас	
Береза	84,8	2,9	8,0	1,2	7700
Сосна	88,1	2,5	8,1	1,2	7650
Ель	89,7	2,3	6,5	1,4	7750

* И. И. Грибанов, Газогенераторное топливо, Сельхозгиз, Свердловск, 1942.

ГЛАВА II

КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ РАСЧЕТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

В зависимости от заданного процесса газификации и применяемого топлива газогенераторы можно подразделить на нижеследующие типы:

1. По процессу газификации:

газогенераторы прямого, обращенного и горизонтального процесса.

2. По применяемому топливу:

газогенераторы для газификации древесного топлива, древесного угля, антрацита и каменного угля, бурого угля, торфа, кокса и т. п.

Кроме того газогенераторы в зависимости от давления в шахте подразделяются на всасывающие (работающие под разрежением) и на газогенераторы с положительным давлением.

В установках, предназначенных для получения промышленного газа (отопление различного рода нагревательных печей, котлов и т. п.), применяются газогенераторы прямого процесса, работающие под давлением. Топливом для этих газогенераторов служит антрацит, каменные угли и торф. Древесное топливо и кокс в данного типа газогенераторах применяется значительно реже.

Всасывающие газогенераторы прямого, обращенного и горизонтального процессов газификации предназначаются главным образом для питания газом двигателей внутреннего сгорания.

2. РАСЧЕТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Расчет газогенераторов прямого, обращенного или горизонтального процесса газификации складывается из составления материального и теплового балансов и конструктивного расчета.

Материальный баланс учитывает выход газа на 1 кг топлива, количество воздуха и пара, расходуемых на газификацию. Материальный баланс обычно составляет на 100 кг-мол газа или на 1 кг топлива, по заданному составу топлива.

Тепловой баланс учитывает количество и характер тепловых потерь, определяет коэффициент полезного действия газогенератора и составляется на 1 кг топлива.

Ниже приводится общая методика составления материального и теплового балансов и конструктивных расчетов газогенераторов прямого обращенного и горизонтального процессов газификации.

Материальный баланс на 100 кг-мол. газа

Приходные статьи

Задано:

рабочая масса топлива (антрацит АМ)

$$\begin{aligned} C_p &= 78,4\% \\ H_p &= 1,58\% \\ O_p &= 1,58\% \\ N_p &= 0,84\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_p &= 1,6\% \\ A_p &= 10,9\% \\ W_p &= 5,1\% \\ Q_p^H &= 6710 \text{ кал/кг топлива;} \end{aligned}$$

Состав сухого генераторного газа:

$$\begin{aligned} CO_2 &= 6,0\% \\ O_2 &= 0,2\% \\ CO &= 27,0\% \\ N_2 &= 52,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= 14,0\% \\ CH_4 &= 0,6\% \\ Q_c^H &= 1235 \text{ кал/н. м}^3 \text{ газа.} \end{aligned}$$

Содержание углерода в 100 кг-мол. газа:

$$\Sigma C = CO_2 + CO + CH_4 = 6,0 + 27,0 + 0,6 = 33,6 \text{ кг-мол.}$$

Содержание водорода в 100 кг-мол. газа:

$$\Sigma H_2 = H_2 + 2CH_4 = 14,0 + 2 \times 0,6 = 15,2 \text{ кг-мол.}$$

Содержание кислорода в 100 кг-мол. газа:

$$\Sigma O_2 = CO_2 + 0,5CO + O_2 = 6,0 + 0,5 \times 27,0 + 0,2 = 19,7 \text{ кг-мол}$$

Содержание азота в 100 кг-мол. газа:

$$\Sigma N_2 = N_2 = 52,0 \text{ кг-мол.}$$

Состав топлива с учетом образовавшейся при газификации воды (воды Дюлонга) будет равен:

$$\text{углерод} - C_m = C_p = 78,4\%;$$

$$\text{водорода} - H_m = H_p - \frac{2}{16} O_p = 1,58 - \frac{2}{16} 1,58 = 1,39\%;$$

$$\text{азот} - N_m = N_p = 0,84\%;$$

$$\text{влаги} - W_m = W_p + \frac{18}{16} O_p = 5,1 + \frac{18}{16} 1,58 = 6,87\%;$$

$$\text{зола} - A_m = A_p = 10,9\%;$$

$$\text{сера} - S_m = S_p = 1,6\%.$$

Выход газа из 1 кг антрацита определится по формуле

$$V_2^c = \frac{22,4(C_p - C_n)}{12 \Sigma C} = \frac{22,4(78,4 - 3,0)}{12 \times 33,6} = 4,16 \frac{\text{н. м}^3}{\text{кг антрацита}},$$

где C_n — содержание углерода в шлаке, провале и уносе, принятое = 3,0%.

Количество топлива, вводимое в газогенератор для получения 100 кг-мол. газа, составляет:

$$G_m = \frac{12 \Sigma C}{C_p - C_n} 100 = \frac{12 \times 33,6 \times 100}{78,4 - 3,0} \cong 535 \text{ кг-мол.}$$

Количество азота, вводимое в генератор с топливом, для получения 100 кг-молей газа будет равно:

$$\frac{G_m \times N_2^m}{28 \times 100} = \frac{535 \times 0,84}{28 \times 100} = 0,165 \text{ кг-мол.}$$

Количество азота, вводимое в генератор из воздуха, на 100 кг-мол. газа:

$$N_2 = \Sigma N_2 \frac{G_m \times N_p}{28 \times 100} = 52,0 - 0,165 = 51,84 \text{ кг-мол.}$$

Количество водорода, вводимое с топливом, для получения 100 кг-мол. газа составляет:

$$H_2^m = \frac{H_2^m \times G_m}{2 \times 100} = \frac{1,39 \times 535}{2 \times 100} = 3,72 \text{ кг-мол.}$$

Количество водорода, образовавшееся от влаги топлива (воды Дюлонга) и присадки пара, будет равно:

$$H_{2,H_2O} = \Sigma H_2 - \frac{H_m \times G_m}{2 \times 100} = 15,2 - 3,72 = 11,48 \text{ кг-мол.}$$

Количество влаги, вводимое в генератор с топливом, составляет:

$$W = \frac{G_m \times W_m}{100} = \frac{535 \times 6,87}{100} = 36,76 \text{ кг.}$$

Необходимое количество влаги, вводимое в газогенератор для получения газа заданного состава, определяем по формуле:

$$W_{нар} = W - 18(H_{2,H_2O}) = 36,76 - 18 \times 11,48 \cong -170 \text{ кг.}$$

Отрицательное значение $W_{нар}$ указывает на необходимость подвода пара в генератор в количестве 170 кг.

Материальный баланс

Приходные статьи (на 100 кг-мол. газа)

Углерод — внесено с топливом:

$$\frac{G_m \times C_p}{100} = \frac{535 \times 78,4}{100} = 419,44 \text{ кг.}$$

Водород — внесено с топливом:

$$\frac{G_m \times H_2^p}{100} = \frac{535 \times 1,58}{100} = 8,45 \text{ кг.}$$

Внесено с влагой топлива:

$$\frac{2G_m \times W_p}{18 \times 100} = \frac{2 \times 535 \times 5,1}{18 \times 100} = 3,03 \text{ кг.}$$

Кислород — внесено с топливом:

$$\frac{G_m \times O_2^p}{100} = \frac{535 \times 1,58}{100} = 8,4 \text{ кг.}$$

Внесено с влагой топлива:

$$\frac{16 \times G_m \times W_p}{18 \times 100} = \frac{16 \times 535 \times 5,1}{18 \times 100} = 24,25 \text{ кг.}$$

Внесено с воздухом:

$$28 \frac{23,4}{76,6} N_2^g = 28 \frac{23,4}{76,6} 52,0 = 444 \text{ кг.}$$

Азот — внесено с топливом:

$$\frac{G_m \times N_2^p}{100} = \frac{535 \times 0,84}{100} = 4,49 \text{ кг.}$$

Внесено с воздухом:

$$28 \times N_2^g = 28 \times 52 = 1456 \text{ кг.}$$

Содержание золы в топливе:

$$\frac{C_m \times A_p}{100} = \frac{535 \times 10,9}{100} = 57,92 \text{ кг.}$$

Расходные статьи (на 100 кг-мол. газа)

Углерод в газе:

$$12 \times \Sigma C = 12 \times 33,6 = 403,6 \text{ кг.}$$

Углерод в уносе, провале и шлаке:

$$\frac{C_m \times C_n}{100} = \frac{535 \times 3}{100} = 16,05 \text{ кг.}$$

Водород в газе:

$$2 \Sigma H_2 = 2 \times 15,2 = 30,4 \text{ кг.}$$

Водород во влаге газа:

$$\frac{2 \times W_{нар}}{18} = \frac{2(-170)}{18} = -18,8 \text{ кг.}$$

Кислород в газе:

$$32 \times \Sigma O_2 = 32 \times 19,7 = 630,4 \text{ кг.}$$

Кислород во влаге газа:

$$\frac{16 W_{нар}}{18} = \frac{16(-170)}{18} = -151,1 \text{ кг.}$$

Азот в газе:

$$28 \times \Sigma N_2 = 28 \times 52,0 = 1456 \text{ кг.}$$

Зола в топливе:

$$\frac{G_m \times A_p}{100} = \frac{535 \times 10,9}{100} = 57,92 \text{ кг.}$$

Приходные и расходные статьи материального баланса иллюстрируются сводной табл. 13.

Таблица 13

Приходные и расходные статьи	Элементы в кг					сумма
	углерод	водород	кислород	азот	зола	
Приходные статьи						
Рабочее топливо:						
а) топливо . . .	419,44	8,45	8,45	4,49	57,92	498,75
б) влага топлива . . .	—	3,00	24,25	—	—	27,25
Воздух	—	—	444,00	1456,0	—	1900,00
Всего поступило в газогенератор . . .	419,44	11,45	476,7	1460,49	57,92	2426,00
Расходные статьи						
Генераторный газ	403,6	30,4	630,4	1456,0	—	2520,4
Влага газа	—	-18,8	-151,1	—	—	-169,9
Потери с уносом, провалом и шлаком	16,05	—	—	—	57,92	73,97
Всего израсходовано в газогенераторе	419,65	11,6	479,3	1456,0	57,92	2424,47

Из сводной таблицы видно, что полученное расхождение по отдельным элементам не превышает 1%, т. е. лежит в пределах точности расчета.

Материальный баланс на 1 кг древесины

Приходные статьи

Состав поступающего в газогенератор топлива на рабочую массу принимаем нижеследующий (в процентах):

$$\begin{aligned} C_p &= 40,7 & N_p &= 0,47 \\ H_p &= 4,73 & A_p &= 1,3 \\ O_p &= 32,9 & W_p &= 20,0 \end{aligned}$$

Влага топлива содержит:
водорода $200 : 9 = 22,2$ гр. и кислорода $200 - 22,2 = 177,8$ гр.

Состав сухого генераторного газа в % по объему:

$$\begin{aligned} CO_2 &= 11,5 & H_2 &= 18,0 \\ CO &= 20,0 & CH_4 &= 3,5 \\ O_2 &= 0,2 & N_2 &= 51,8 \end{aligned}$$

Выход газа из 1 кг древесины:

$$\begin{aligned} V_2^c &= \frac{C_p - (C_y + C_n + C_{ш})}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} = \frac{0,407 - 0,03}{0,536 (0,115 + 0,20 + 0,035)} = \\ &= 2,0 \frac{\text{м}^3 \text{ газа}}{\text{кг древесины}} \end{aligned}$$

где C_y , C_n и $C_{ш}$ — содержание углерода в уносе, провале и шлаке.
Принимаем $C_y + C_n + C_{ш} = 3\%$ на 1 кг газифицируемой древесины.

Потребное количество воздуха для газификации 1 кг древесины:

$$V_a = \frac{N_2^c \cdot V_2^c - \frac{N_p^m}{1,251}}{N_2^a} = \frac{0,528 \times 2,0 - \frac{0,0047}{1,251}}{0,79} = 1,3 \frac{\text{м}^3}{\text{кг древесины}}$$

где: N_2^m , N_p^m , N_2^a — содержание азота в газе, газифицируемом топливе и воздухе;

1,251 — вес 1 м³ азота при 0° и 760 мм рт. ст.

В весовом выражении расход воздуха составит:

$$G_a = V_a \gamma_a = 1,3 \times 1,293 = 1,68 \frac{\text{кг воздуха}}{\text{кг древесины}}$$

где $\gamma_a = 1,293$ — вес 1 м³ воздуха при 0° С и 760 мм рт. ст.

При газификации 1 кг древесины будут внесены: кислорода $1,68 \times 0,232 = 0,390$ г и азота $1680 - 390 = 1290$ г,

где 0,232 — весовое содержание кислорода в 1 м³ воздуха при нормальных условиях.

Распределение приходных составных частей топлива и воздуха по химическим элементам иллюстрируется табл. 14.

Наименование химических элементов	Общее количество граммов			Всего
	в сухом топливе	во влаге топлива	в воздухе	
Углерод C_p	407,0	—	—	407,0
Водород H_p	47,3	22,2	—	69,5
Кислород O_p	329,0	177,8	390,0	896,8
Азот N_p	4,7	—	1290,0	1294,7
Зола A_p	13,0	—	—	13,0
	801,0	200,0	1680,0	2681,0

Расходные статьи

Весовое содержание углерода:

$$\begin{aligned} C_2 &= 536 (CO_2 + CO + CH_4) V_2^c = 536 (0,115 + 0,2 + \\ &= 0,035) 2,0 = 377,0 \text{ г.} \end{aligned}$$

Весовое содержание водорода:

$$H_2 = 89,5 (H_2 + 2 \times CH_4) \times V_2^c = 89,5 (0,13 + 9 \times 0,035) 2,0 = 36 \text{ г}$$

Весовое содержание кислорода:

$$\begin{aligned} O_2 &= 1,429 (CO_2 + O_2 + 0,5 CO) \times V_2^c = 1,429 (0,115 + \\ &+ 0,002 + 0,5 \times 0,20) 2,0 = 620,2 \text{ г.} \end{aligned}$$

Весовое содержание азота:

$$N_2 = 1,251 \times N_2 \times V_2^c = 1251 \times 0,518 \times 2,0 = 1295 \text{ г.}$$

Вес сухого газа на 1 кг газифицируемой древесины:

$$G_2 = 377 + 36 + 620,2 + 1295 = 2328,2 \text{ г.}$$

Весовое содержание влаги:

$$\begin{aligned} W_2 &= 9 \times H_p + W_p - V_2^c \times 806 (H_2 + 2CH_4) = \\ &= 9 \times 47,3 + 200 - 2,0 \times 806 (0,13 + 2 \times 0,035) = 303,0 \text{ г.} \end{aligned}$$

Содержание водорода во влаге газа:

$$303,0 : 9 = 33,0 \text{ г.}$$

Содержание кислорода во влаге газа:

$$303,0 - 33,0 = 270 \text{ г.}$$

Вес влажного газа, получаемого при газификации 1 кг древесины:

$$G_2^{в.л} = G_2 + W_2 = 2328,2 + 303 = 2631,2 \text{ гр.}$$

Распределение расходных составных частей газа по химическим элементам иллюстрируется табл. 15.

Таблица 15

Наименование химических элементов	Общее количество граммов				Всего
	в сухом газе	во влаге газа	унос и провал	зола	
Углерод C_2	377,0	—	30,0	—	407,0
Водород H_2	36,0	33,0	—	—	69,0
Кислород O_2	620,2	270,0	—	—	890,2
Азот N_2	1295,0	—	—	—	1295,0
Зола A_c	—	—	—	13,0	13,0
	2328,2	303,0	30,0	13,0	2674,2

Итоговые величины приходных и расходных статей совпадают с погрешностью менее 1%, что лежит в пределах точности вычислений.

Тепловой баланс

(на 1 кг древесины)

Приходные статьи

Теплотворная способность топлива (см. материальный баланс на 1 кг древесины):

$$Q_p^H = 8137 \times C_p + 24600 \times H_p - 2600 \times O_p - 600 \times W_p =$$

$$= 8137 \times 0,406 + 2460 \times 0,047 - 2600 \times 0,329 - 600 \times 0,2 =$$

$$= 3334,5 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

Тепло, вносимое в газогенератор топливом:

$$Q_m = G_m \times C_m \times t_m = 1,0 \times 0,6 \times 20 = 12,0 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

где:

$G_m = 1,0$ кг — вес древесины;

$C_m = 0,6 \frac{\text{кал}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$ — теплоемкость древесины;

$t_m = 20^\circ\text{C}$ — температура поступающей в газогенератор древесины.

Теплосодержание подводимого в газогенератор воздуха:

$$Q_g = G_g \times C_g \times t_g = 1,68 \times 0,24 \times 50 = 20,0 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

где:

$G_g = 1,68 \frac{\text{кг}}{\text{кг древесины}}$ — весовое количество воздуха, необходимое для газификации 1 кг древесины;

$C_g = 0,24 \frac{\text{кал}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$ — теплоемкость воздуха;

$t_g = 50^\circ\text{C}$ — температура воздуха, поступающего в газогенератор.

Общий приход тепла:

$$\Sigma Q = Q_p^H + Q_m + Q_g = 3334,5 + 12 + 20,0 = 3366,5 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

Расходные статьи

Химическая теплота газа:

$$Q_z^x = (3045 \times CO + 2580 \times H_2 + 8590 \times CH_4) V_z^c =$$

$$= (3045 \times 0,20 + 2580 \times 0,13 + 8590 \times 0,035) 2,0 =$$

$$= 2304,0 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

Физическая теплота газа:

$$Q_z^{\phi} = C_z \times V_z^c \times t_z + W_z \times C_w \times t_z =$$

$$= 0,33 \times 2,0 \times 600 + 0,3 \times 0,4 \times 600 = 468 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

где:

C_z — средняя теплоемкость газа, равная $0,33 \text{ кал/кг}^\circ\text{C}$;

$V_z^c = 2,0 \frac{\text{н. м}^3}{\text{кг древесины}}$ — выход газа на 1 кг топлива;

$t_z = 600^\circ\text{C}$ — температура газа на выходе из генератора;

C_w — теплоемкость влаги, равная $0,4 \text{ кал/кг}^\circ\text{C}$.

Химическая теплота уноса:

$$Q_y^x = 8137 \times 0,03 = 244,0 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

где 0,03 — содержание углерода в уносе, провале и шлаке.

Физическая теплота уноса:

$$Q_y^{\phi} = 0,03 \times 0,2 \times 600 = 36,0 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

где $C = 0,2 \text{ кал/кг}^\circ\text{C}$ — теплоемкость уноса при 600° .

Потери тепла в окружающую среду:

$$Q_o = \Sigma Q - (Q_z^x + Q_z^{\phi} + Q_y^x + Q_y^{\phi}) =$$

$$= 3366,5 - (2304 + 468 + 244 + 36) = 314,5 \frac{\text{кал}}{\text{кг древесины}}$$

Тепловой баланс

Приходные статьи

Теплотворная способность топлива	3334,5	кал/кг	древесины
Тепло, вносимое в газогенератор топливом	12,0	"	"
Теплосодержание подводимого в генератор воздуха	20,0	"	"
Итого	3366,5	кал/кг	древесины

Химическая теплота газа	2304,0 кал/кг	древесины
Физическая теплота газа	468,0	" "
Химическая теплота уноса	244,0	" "
Физическая теплота уноса	36,0	" "
Потери тепла в окружающую среду	314,5	" "

Итого 3366,5 кал/кг древесины

Химический к. п. д. газогенератора:

$$\eta_x = \frac{Q_2^c \times V_2^c}{Q_p^x} = \frac{Q_2^x}{\Sigma Q} \times 100 = \frac{2304,0}{3366,5} = 68\%$$

Материальный и тепловой балансы для газогенератора горизонтального процесса газификации могут быть составлены по приведенной методике.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАСЧЕТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Конструктивными расчетами определяются основные размеры газогенераторов, как-то: поперечное сечение шахты, высота активной зоны, объем бункера и т. п.

Ниже приводится общая методика конструктивных расчетов газогенераторов прямого, обращенного и горизонтального процессов газификации, иллюстрируемая примерами.

Конструктивный расчет газогенератора прямого процесса газификации

Требуется определить основные размеры газогенератора для нагревательной печи, потребляющей $600 \frac{\text{н. м}^3}{\text{газа час}}$.

Задано:

Топливо для газогенератора — антрацит „АМ“. Генератор с вращающейся колосниковой решеткой и питателем цилиндрического типа.

Производительность газогенератора по топливу:

$$G_m = \frac{L_2}{V_2^c} = \frac{600}{4,16} = 144 \frac{\text{кг антрацита}}{\text{час}}$$

где $V_2^c = 4,16 \frac{\text{н. м}^3}{\text{час}}$ — выход газа на 1 кг антрацита (см. материальный баланс на 100 кг-мол. газа).

Диаметр шахты газогенератора выбирается в зависимости от заданного топлива и принятой интенсивности газификации кг/м²час.

По данным проф. Гинзбург Д. Б. средние интенсивности газификации для различных топлив характеризуются в табл. 16.

Топливо	Интенсивность газификации (q) кг/м ² час	Примечание
Торф	50—75	Генератор с неподвижной решеткой, ручной шуровкой, дутье естественное
Бурый уголь	50—100	
Каменный уголь	35—70	
Торф	100—300	Генератор с неподвижной решеткой, дутье принудительное
Бурый уголь	75—150	
Каменный уголь	60—120	
Антрацит	60—120	
Кокс	60—120	
Торф	200—600	Генератор с вращающейся решеткой
Бурый уголь	150—275	
Каменный уголь	80—200	
Антрацит	80—200	
Кокс	80—200	

Учитывая, что более высокие величины показателей относятся к сортированным и малозольным топливам с высокой температурой плавления золы, практически обычно пользуются средними величинами.

Так как для данного примера принят газогенератор с вращающейся колосниковой решеткой, то средняя интенсивность газификации по табл. 16 для антрацита может быть принята $q = 140 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$.

При известной производительности газогенератора по топливу и интенсивности газификации диаметр шахты газогенератора определяется по формуле:

$$D_{ш} = \sqrt{\frac{4 \times G_m}{\pi q}} = \sqrt{\frac{4 \times 144}{3,14 \times 140}} = 1,15 \text{ м}$$

или

$$D_{ш} = 1150 \text{ мм.}$$

Высота активной зоны в зависимости от принятого для газификации топлива и его крупности может быть выбрана по табл. 17.

В генераторах диаметром до 1500 мм и оборудованных автоматическими питателями газифицируют топливо с размерами кусков не более 40 мм.

Согласно принятому сорту топлива (антрацит АМ) по таблице 17 высота активной зоны (H_a) для антрацита с размерами кусков 25—13 мм может быть принята равной 1000 мм; меньшие показате-

Таблица 17

Топливо	Размеры топлива мм	Слой золы мм (H _з)	Раскаленный слой топлива мм (H _а)	Темный слой топлива мм	Весь слой топлива мм (H ₁)
Антрацит	25—13	200—300	400—1000	200—400	800—1500
"	50—25	200—300	400—1000	200—400	800—1700
Каменный уголь	25—13	200—300	400—800	200—400	800—1500
"	50—25	200—300	400—1000	200—400	800—1700
Каменноугольный кокс	25—10	200—300	100—600	300—1700	600—2000
Каменноугольный полукокс	40—10	250—300	300—500	300—600	850—1400

тели величин, приведенных в таблице 17, относятся к минимально допустимым для нормальной эксплуатации генератора.

В генераторах прямого процесса диаметр бункера принимают равным диаметру шахты.

Высота бункера определится следующим образом.

1. Весь слой топлива (H₁) для антрацита размерами от 25—13 мм по таблице 17 принимаем равным 1300 мм.

2. Высотой свободного пространства над слоем топлива задаемся равной 400 мм.

Общая высота бункера:

$$H = H_1 + H_2 = 1300 + 400 = 1700 \text{ мм.}$$

Обычно высота бункера принимается от 1 до 1,5 D_ш.

В нашем случае $H = \frac{1700}{1150} = 1,47 D_{ш}$, т. е. лежит в допустимых пределах.

Количество вмещаемого в бункере топлива составит:

$$G_m = 0,785 \times D_{ш}^2 \times H_1 \times \gamma = 0,785 \times 1,15 \times 1,3 \times 850 = 1130 \text{ кг}$$

где γ — насыпной вес топлива, по таблице 18 для антрацита $\gamma = 850—900 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 18

Топливо	Насыпной вес, кг/м ³
Антрацит	850—900
Каменный уголь	700—750
Бурый уголь	650—700
Кокс газовый	300—400
Торф сухой	300—350

Диаметр газоотборного патрубка может быть определен по нижеследующим уравнениям:

1. Часовой расход газа при температуре $t^\circ \text{C}$ составляет

$$V_u = \frac{273 + t_2}{273} V_1 \text{ м}^3/\text{час},$$

где V_1 — расход газа в м³/час при 0° С и 760 мм. рт. ст.

2. При диаметре газоотборного патрубка D в мм и скорости газа, равной v м/сек, часовой расход газа составит

$$V_u = 3600 \frac{\pi \times D^2}{4} v \text{ м}^3/\text{час}.$$

Решая совместно оба уравнения в отношении D_n , получаем:

$$D_n = 1,138 \sqrt{\frac{V_1}{v} (273 + t_2)} \text{ мм.}$$

Скорости газа в выходном патрубке генератора в зависимости от длины трубопроводов принимаются от 15 до 30 м/сек, причем меньшие значения берутся для длинных, а большие для коротких трубопроводов.

Температура газа на выходе из генератора (t_2) при газификации антрацита, кокса и каменных углей берется в интервале от 300 до 400° С.

Принимая скорость газа в выходном патрубке генератора $v = 20$ м/сек, $t_2 = 350^\circ \text{C}$ и при заданном расходе газа $V_1 = 600 \text{ м}^3/\text{час}$, получим диаметр патрубка:

$$D_n = 1,138 \sqrt{\frac{600}{20} (273 + 350)} = 154 \text{ мм.}$$

Производительность питателя цилиндрического типа (рис. 4) определяется по формуле:

$$Q = 0,047 \times D^2 \times l \times \psi \times \gamma \times n \text{ т/час},$$

где:

D — внутренний диаметр цилиндра, принимаемый в пределах 250—300 мм;

l — внутренняя длина цилиндра, принимаемая в пределах от 300—400 мм;

ψ — коэффициент наполнения цилиндра, принимаемый в пределах 0,75—0,8;

γ — насыпной вес топлива, принимаемый по табл. 17;

n — число оборотов вала питателя в минуту.

Конструктивный расчет газогенератора обращенного процесса газификации¹

Принимаем для расчета следующие данные:

¹ Состав топлива на рабочую массу, состав и выход газа см. материальный баланс газогенератора обращенного процесса.

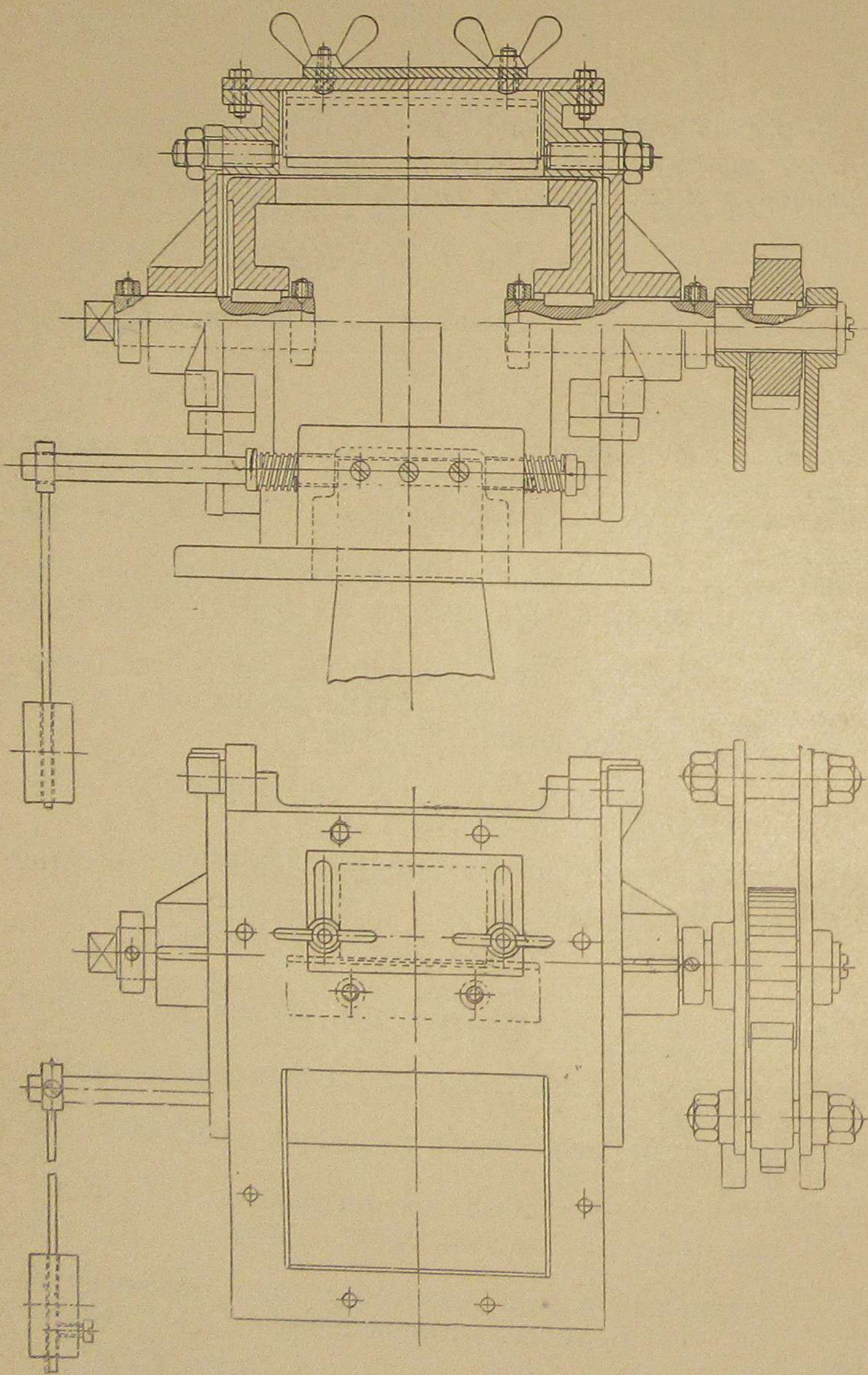


Рис. 4. Цилиндрический питатель непрерывного действия

1. Техническая характеристика двигателя:

Диаметр цилиндра	$D = 150$ мм
Ход поршня	$S = 180$ "
Число цилиндров	$i = 6$
Коэффициент наполнения	$\eta_v = 0,85$
Число оборотов в минуту	$n = 1500$
Число тактов	$4: \left(m = \frac{1}{2} \right)$

2. Топливо — дрова-чурки размером $50 \times 50 \times 50$ мм с влажностью 20%.

Количество воздуха, необходимое для сжигания 1 м^3 газа (принятого состава):

$$L_b = \alpha \frac{1}{0,21} [0,5 (\text{CO} + \text{H}_2) + 2 \text{CH}_4 - \text{O}_2] = 1,2 \frac{1}{0,21} [0,5 (0,20 + 0,13) + 2 \times 0,35 - 0,002] = 1,03 \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{1 \text{ м}^3 \text{ газа}},$$

где α — коэффициент избытка воздуха, равный 1,2.

Объемное количество газовой смеси, поступающей в цилиндры двигателя при 0°C и 760 мм рт. ст.

$$L_{см} = 0,785 \times D^2 \times S \times i \times \eta_v \times n \times 60 \times m = \\ = \frac{0,785 \times 0,15^2 \times 0,18 \times 7 \times 0,85 \times 1500 \times 60}{2} = 675 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Количество газа, потребляемое двигателем в 1 час при 0°C и 760 мм рт. ст.

$$V_1 = \frac{L_{см}}{1 + L_b} = \frac{675}{2,03} \approx 333,0 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Весовое количество древесины, газифицируемое в течение часа

$$G_m = \frac{V_1}{V_2^c} = \frac{333,0}{2,0} = 166,5 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Объем топливного бункера:

$$V_b = \frac{G_m \times \tau}{\gamma_m} = \frac{166,5 \times 1,15}{320} = 0,6 \text{ м}^3,$$

где:

τ — запас топлива в бункере в часах, равный 1,15;

γ_m — насыпной вес древесной чурки, принимаемый по табл. 19.

Таблица 19

Наименование древесной породы	Вес 1 насыпного м^3 чурки в кг (по ГОСТ 2720)
Граб, ясень	360
Клен, бук, лиственница, береза	320
Сосна	250
Ольха, осина, липа, пихта, кедр, ель	220

Принимаем $d_b = 650$ мм; $H_b = 1200$ м.

Диаметр шахты (топливника) на уровне фурменного пояса:

$$D_{ш} = 1,13 \sqrt{\frac{G_m}{q}} = 1,13 \sqrt{\frac{166,5}{620}} = 0,588 \text{ м} \cong 600 \text{ мм},$$

где q — интенсивность газификации, принимаемая в пределах от 400 — 900 кг/м³ час, причем более высокие показатели интенсивности газификации (600 — 900 кг/м² час) относятся к установкам, работающим на переменных режимах отбора газа. Для данного примера q принято равным 620 кг/м³ час.

Количество воздуха, поступающего в газогенератор:

$$V_s^2 = V_s \times G_m = 1,3 \times 166,5 = 216 \text{ м}^3/\text{час},$$

где V_s — количество воздуха, необходимого для газификации 1 кг топлива, равное согласно материальному балансу 1,3 м³/кг древесины.

Диаметр воздушной фурмы:

$$D_{\phi} = 1,138 \sqrt{\frac{V_s^2}{vn} (273 + t_s)} = 1,138 \sqrt{\frac{216}{20 \times 32} 323} = 11,9 \text{ мм} \cong 12 \text{ мм},$$

где: t_s — температура воздуха, поступающего в фурму, равная согласно тепловому балансу на 1 кг древесины 50° С. В газогенераторах, работающих без подогрева воздуха, значение t_s принимается равным средней температуре воздуха, окружающего газогенератор;

n — число фурм берется в каждом ряду от 8 — 16, причем для генераторов, работающих на чурках длиной до 120 мм, обычно принимается один ряд фурм, а выше — от 2 до 4 в зависимости от принятых размеров топливника. Для данного примера принимаем 2 ряда фурм, по 16 шт. в каждом ряду;

v — скорость воздуха в фурме, принимаемая в пределах от 20 до 50 м/сек.

Объем зольниковой коробки:

$$V_z = \frac{A \times t \times \alpha \times G_m}{100 \times \gamma_n \times (1 - k)} = \frac{1,3 \times 24 \times 1,5 \times 166,5}{100 \times 900 (1 - 0,3)} = 0,1 \text{ м}^3,$$

где: A — содержание золы в топливе в %;
 t — количество часов работы газогенератора в сутки;
 k — коэффициент содержащегося в золе углерода;
 γ_n — насыпной вес провала, равный 800 — 900 кг/м³;
 α — коэффициент запаса объема зольника, принимаемый в пределах от 1,5 — 1,7.

Обычно диаметр зольника принимается равным диаметру бункера, т. е. $D_z = D_b$.

При известном диаметре зольника высота его может быть определена по формуле:

$$H_z = 1,274 \frac{V_z}{D_b} = 1,274 \frac{0,1}{0,65^2} = 0,3 \text{ м} = 300 \text{ мм},$$

где D_b — диаметр бункера, равный 650 мм.

Диаметр газоотборного патрубка:

$$D_n = 1,138 \sqrt{\frac{V_1}{v} (273 + t_2)} = 1,138 \sqrt{\frac{333 (273 + 500)}{15}} = 148 \text{ мм},$$

где:

V_1 — количество газа, потребляемое двигателем в течение часа при 0° и 760 мм рт. ст., равное 333 м³/час;
 v — скорость газа в патрубке, равная 15 м/сек;
 t_2 — температура газа на выходе из генератора, принимаемая в пределах 500 — 600° С.

Конструктивный расчет газогенератора горизонтального процесса газификации (рис. 5)

Принимаем для расчета следующие данные:

1. Техническая характеристика двигателя (ЗИС-21)

Диаметр цилиндра	$D = 101,6 \text{ мм}$
Ход поршня	$S = 114,3 \text{ мм}$
Число цилиндров	$i = 6$
Коэффициент наполнения	$\eta_v = 0,7$
Число оборотов (эксплуатационное)	$n = 1600 \text{ об/мин}$
Степень сжатия	$\epsilon = 7$
Литраж двигателя	$V_h = 5,5 \text{ лит.}$
Эффективное давление	$P_e = 3,6 \text{ кг/см}^2$

2. Топливо — древесный уголь, с химическим составом на рабочую массу $C_p = 79,40\%$, $H_p = 1,60\%$, $O + N = 3,02\%$ и размерами кусков от 15 до 25 мм.

3. Состав сухого генераторного газа из 1 кг древесного угля в процентах по объему:

$CO_2 = 10,4$	$H_2 = 5,6$
$CO = 29,4$	$CH_4 = 1,4$
$O_2 = 0,2$	$N_2 = 53,0$

Выход газа из 1 кг древесного угля:

$$V_z^c = \frac{C_p - (C_y + C_n + C_{ш})}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} = \frac{0,784 - 0,03}{0,536 (0,104 + 0,294 + 0,014)} = 3,6 \text{ м}^3/\text{кг} \text{ древесного угля, где } C_y + C_n + C_{ш} \text{ принимаем равным } 3\%.$$

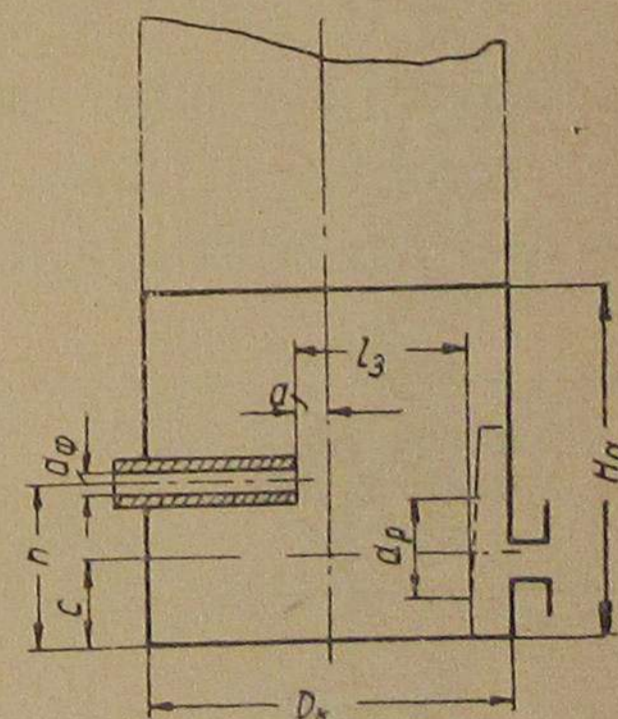


Рис. 5. Схема газогенератора горизонтального процесса

Теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м³ генераторного газа:

$$L_o = \frac{4,76}{100} [0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + 2 \times \text{CH}_4 - \text{O}_2] = \\ = \frac{4,76}{100} [0,5(29,4 + 5,6) + 2 \times 1,4 - 0,2] = 0,993 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Теоретический расход генераторного газа в течение 1 часа:

$$L_z = \frac{0,03 \times V_h \times n \times \eta_v}{1 + \alpha \times L_o} = \frac{0,03 \times 5,5 \times 1600 \times 0,7}{1 + 1,1 \times 0,993} = 92 \text{ м}^3/\text{час},$$

где α — коэффициент избытка воздуха, принимаемый от 1 до 1,1. Действительный расход газа в час:

$$V'_z = 0,92 \times L_z = 0,92 \times 92 = 85 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Расход топлива в час:

$$G_m = \frac{L_z}{V'_z} = \frac{92}{3,6} = 25,6 \text{ кг/час}.$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = \frac{P_e \times V_h \times n}{900} = \frac{3,6 \times 5,5 \times 1600}{900} = 35,2 \text{ л. с.}$$

Удельный расход топлива:

$$g_m = \frac{G_m}{N_e} = \frac{25,6}{35,2} = 0,73 \text{ кг/л. с. час}.$$

Диаметр камеры газификации

$$D_k = (1,75 - 2,0) l_3 \text{ мм},$$

где l_3 — длина активного слоя топлива, принимаемая из табл. 20

Таблица 20*

Производительность газогенератора, н. м ³ /час	Длина (l_3) активного слоя топлива, мм	Расстояние a от торца фурмы до оси камеры, мм
40—50	200—210	40—50
60—70	220—230	50—60
90—120	270—290	90—120
150—180	300—320	120—180

* Справочник, Газогенераторные тракторы и автомобили, Сельхозгиз, 1943, Москва.

Принимая D_k равным $2l_3$ и подставляя числовое значение l_3 , которое при V'_z , равном 85 м³/час, составляет 250 мм, получим:

$$D_k = 2 \times 250 = 500 \text{ мм}.$$

Высота камеры газификации:

$$H_a = (0,8 - 1,0) D_k \text{ мм},$$

принимая H_a равной $1,0D_k$, т. е. $H_a = 500$ мм.

Площадь колосниковой решетки:

$$F_p = \frac{G_m}{q} \text{ м}^2,$$

где q — интенсивность газификации (для генератора горизонтального процесса принимают от 300—900 кг/м²/час) 750 кг/м²/час

$$F_p = \frac{23,6}{750} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Живое сечение колосниковой решетки:

$$F_{жс} = \frac{V'_z}{0,36 \times v_p} = \frac{85}{0,36 \times 2} = 118 \text{ см}^2,$$

где v_p — скорость прохождения холодного газа через решетку, принимаемая от 1 до 3 м/сек.

Расстояние от днища газогенератора до оси фурмы:

$$h_p = (0,4 - 0,5) H_a \text{ мм}.$$

Принимая h_p равным $0,5H_a$ и подставляя числовое значение, получим

$$h_p = 0,5 \times H_a = 0,5 \times 500 = 250 \text{ мм}.$$

Расстояние от днища газогенератора до центра решетки:

$$c = 0,5 \times h_p + (20 - 60) \text{ мм}.$$

Принимаем

$$c = 0,5 h_p + 60 \text{ мм}.$$

Откуда

$$c = 0,5 \times 250 + 60 = 185 \text{ мм}.$$

Диаметр фурмы:

$$d_{\phi} = 1,88 \sqrt{\frac{V'_z}{v_b}} \text{ см},$$

где:

V'_z — расход воздуха, равный $V_s \times G_m = 2,76 \times 23,6 = 65 \text{ м}^3/\text{час}$;

v_b — скорость воздуха в фурме, принимаемая от 20 до 50 м/сек. $v_b = 30 \text{ м/сек}$.

Подставляя числовые значения V'_z — v_b , получаем

$$d_{\phi} = 1,88 \sqrt{\frac{65}{30}} = 2,77 \text{ см}.$$

Расстояние (a) от внутреннего торца фурмы до оси камеры принимаем по табл. 20 равным 90 мм.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

1. ВИДЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Газификация теплосилового хозяйства позволяет в широких масштабах провести переоборудование различного рода тепловых агрегатов (двигатели, термические печи и т. п.) с жидкого на твердое топливо. Однако вопрос перевода какого-либо теплового агрегата на газообразное топливо в каждом случае следует решать, исходя из экономической и технической целесообразности данного мероприятия. Как показывает практика переоборудования двигателей и термических печей с жидкого топлива на генераторный газ, затраты на переоборудование сравнительно невелики и окупаются в течение нескольких лет.

Применение генераторного газа в тепловых агрегатах перестало носить случайный характер. За последнее время генераторный газ применяют в тепловых агрегатах все чаще и чаще благодаря следующим его преимуществам:

1. Возможность использования для газификации любого местного твердого топлива.
2. Несложность регулирования горения генераторного газа позволяет поддерживать в термических печах с достаточной точностью заданный режим температуры.
3. Гигиеничность помещений, в которых установлены потребители генераторного газа (термические печи, паровые котлы и т. п.), так как применение газового топлива не вызывает выделения пыли, копоти и грязи.

Использование местных видов твердого топлива имеет народнохозяйственное значение, так как оно позволяет экономить жидкое топливо и значительно разгружает транспорт от его перевозок.

Газификация теплосилового хозяйства любого производственного предприятия может быть осуществлена путем централизованного или группового газоснабжения или установки индивидуальных газогенераторов. Централизованное газоснабжение применяется для питания газом большого количества мелких потребителей, расположенных в различных цехах предприятия. Групповое газоснабжение целесообразно применять в том случае, когда группа мелких потребителей одного цеха переводится на питание генераторным газом, а другая группа потребителей работает непосредственно на твердом топливе.

Индивидуальные газогенераторы устанавливаются для газоснабжения единичных установок, в частности термических печей, потребляющих в год от 100 до 500 тонн мазута. Кузнечные печи также могут быть переведены на газовое отопление от индивидуальных газогенераторов, хотя в них и не исключена возможность непосредственного сжигания в топках твердого топлива.

Особенно широкое применение индивидуальные газогенераторы имеют в транспортных установках на автомобилях, тракторах, тепловозах и судах речного флота.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

В зависимости от целей, для которых предназначается газ, его можно использовать в том виде, в каком он выходит из генератора, или подвергнуть охлаждению и очистке.

В термических и кузнечных печах с небольшой протяженностью газопроводов обычно используется горячий газ. В этом случае для сохранения физического тепла газа, трубопроводы, подводящие его к печам, тщательно изолируются.

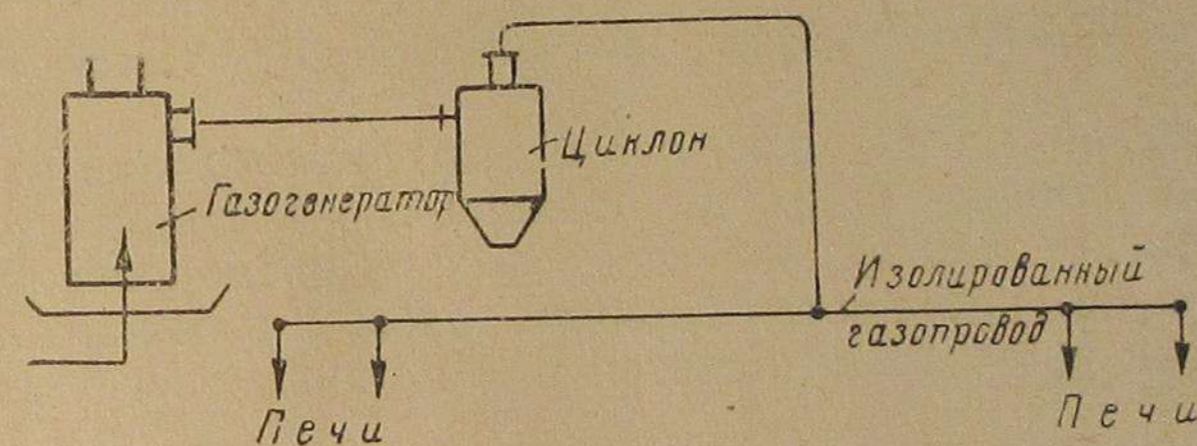


Рис. 6. Технологическая схема газогенераторной установки с подачей горячего газа

На рис. 6 представлена технологическая схема газогенераторной установки с подачей горячего газа к печам. Эта схема является наиболее простой и экономически целесообразной, так как в ней предусмотрено использование физического тепла газа.

Газогенераторная установка по данной схеме применима в тех случаях, когда:

1. Печи удалены от газогенератора не более чем на 20—30 м и давление газа в генераторе достаточно (100—150 мм вод. ст.) для преодоления сопротивления газопроводов.
2. В генераторном газе содержится незначительное количество смол, так как последние при их конденсации засоряют газопроводы, клапаны, горелки, нарушая нормальную эксплуатацию печей.

Наиболее приемлемым топливом при схеме горячего газа является антрацит, так как полученный из него газ не содержит смолистых веществ.

Газификация каменных углей с большим содержанием летучих также может быть применима по схеме горячего газа, но газификацию ведут при высоких температурах для разложения первичной смолы в газообразное состояние.

При наличии хорошей изоляции газопроводов выделения конденсата смол не происходит, и последние вместе с газом сгорают в печах.

Для получения горячего бессмольного газа из топлив с большим содержанием первичных смол, как-то: торф, дрова, бурые и молодые каменные угли, применяют газогенераторы с двухзонным

процессом газификации, в которых первичные смолы разлагаются, проходя через раскаленный слой топлива.

При необходимости транспортировать газ на значительное расстояние, во избежание засмоления трубопроводов, а также засорения их сажей и пылью, газ подвергают охлаждению и очистке.

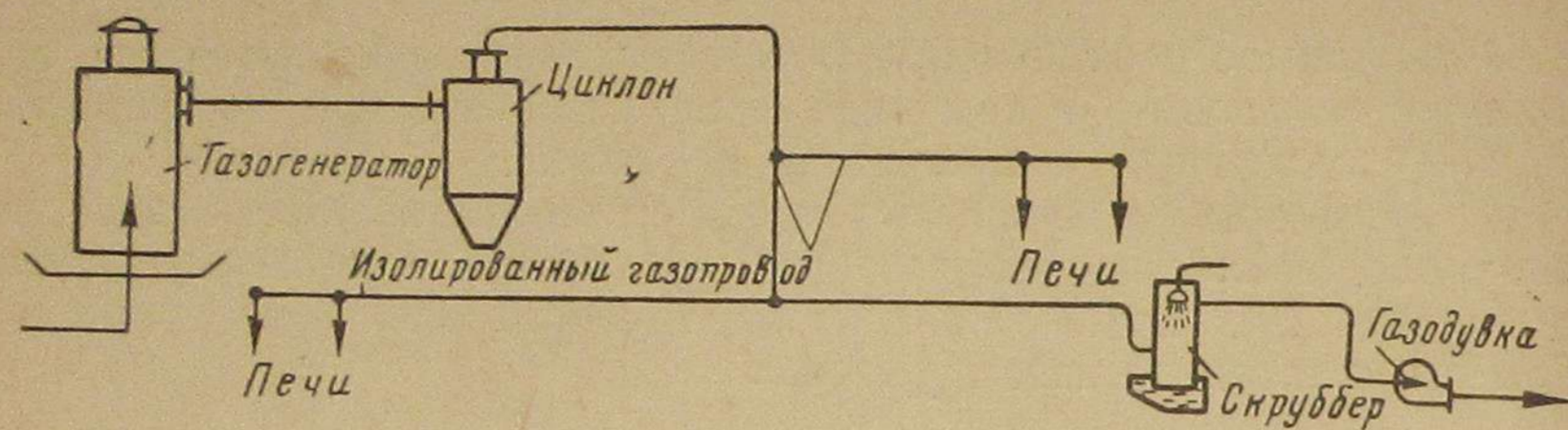


Рис. 7. Технологическая схема смешанного газоснабжения

В том случае, когда часть печей находится близко от газогенератора, целесообразно применить технологическую схему, представленную на рис. 7. По данной схеме близко расположенные к газогенератору печи снабжаются горячим газом, а к отдаленным печам газ в охлажденном виде подается при помощи эксгаустера.

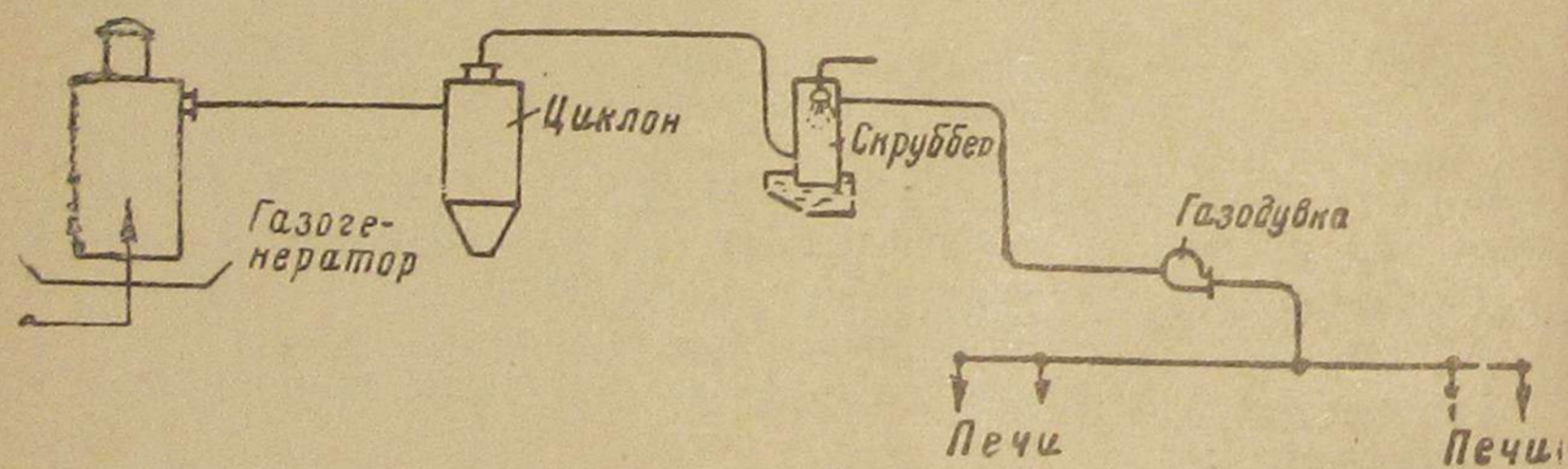


Рис. 8. Технологическая схема холодного газоснабжения

При расположении всех печей на значительном расстоянии от газогенератора применяется технологическая схема, изображенная на рис. 8. По этой схеме весь газ подвергается очистке и охлаждению и транспортируется к печам при помощи газодувки.

Максимальная производительность современных газогенераторов не превышает 4—6 тонн антрацита в час. Поэтому при наличии тепловых агрегатов с большим потреблением газа устанавливают несколько газогенераторов, соединенных общим трубопроводом — коллектором. В данном случае вырабатываемый каждым генератором газ поступает в коллектор, из которого он далее отводится к потребителям.

В силовых газогенераторных установках, снабжающих газом двигатели внутреннего сгорания, охлаждение и очистка газа являются обязательными, ввиду того, что высокая температура газа снижает коэффициент наполнения двигателя, а различные примеси, находящиеся в газе, вызывают его преждевременный износ.

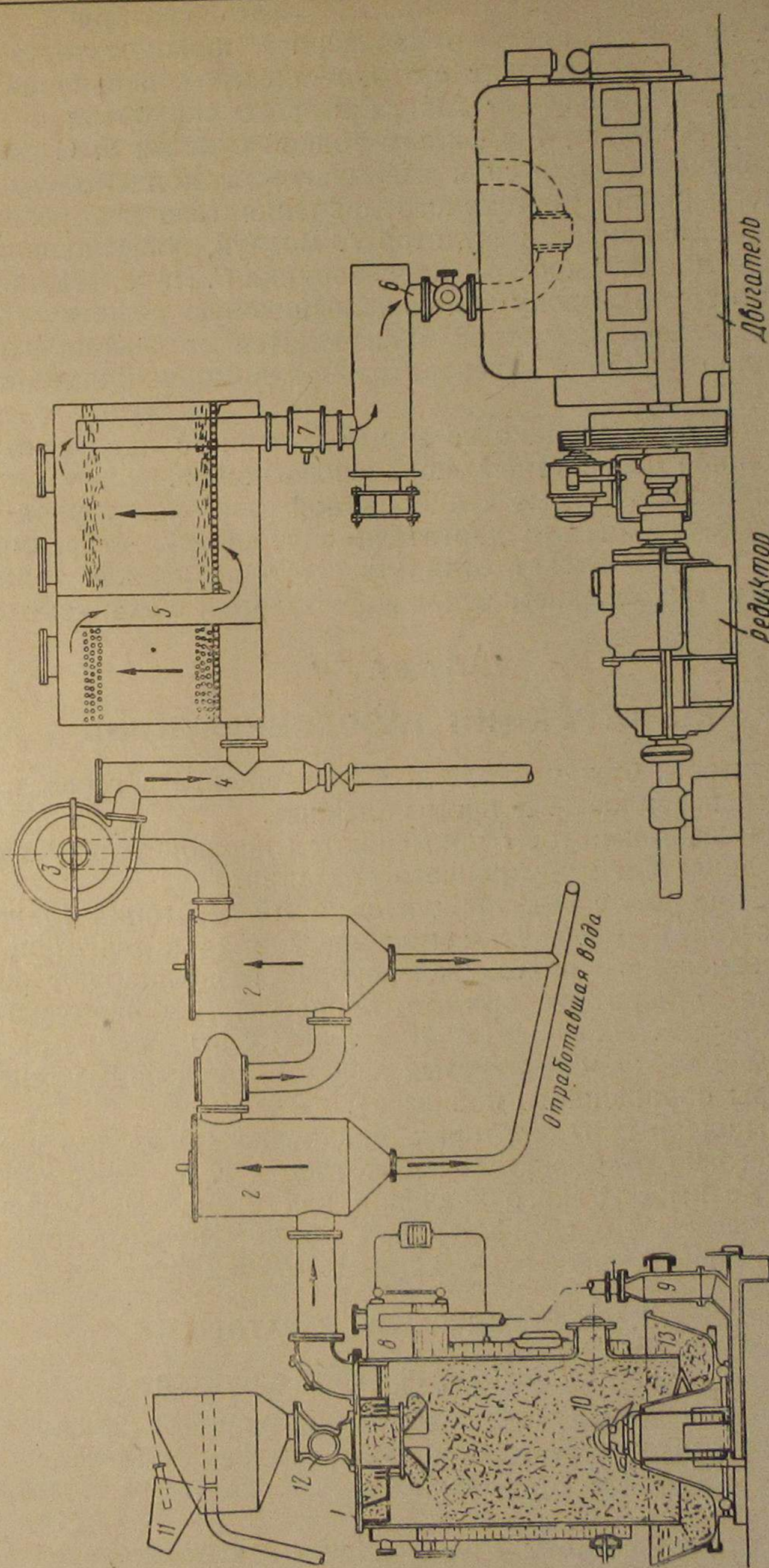


Рис. 9. Принципиальная схема силовой газогенераторной установки

Принципиальная схема силовой газогенераторной установки приведена на рис. 9. Газ из генератора 1 проходит через скрубберы 2, в которых происходит его охлаждение и первичная очистка.

Газодувка 3 отсасывает газ из второго скруббера и нагнетает его через трубопровод 4 в фильтр тонкой очистки 5. Отсюда газ по трубопроводу 6 подводится к всасывающему коллектору двигателя. Для поддержания постоянного давления газа в трубопроводе 6 установлен мембранный регулятор 7. Воздух, поступающий в генератор, увлажняется паром из паросборника 8. Паровоздушная смесь подается по трубопроводу 9 под колосниковую решетку 10.

Питание генератора водой производится от центробежного насоса. Топливо подается в генератор при помощи подъемника 11 и питателя 12.

Удаление золы и шлака из зольной чаши 13 предусмотрено механизированное посредством «шлакового ножа».

Принципиальная схема стационарной газогенераторной установки, предназначенная для двигателя внутреннего сгорания, однотипна с судовой и может отличаться от последней только конструктивным выполнением отдельных узлов и механизмов.

ГЛАВА IV

КОНСТРУКЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

В зависимости от характера использования газа, генераторы подразделяются на силовые и промышленные.

Силовые газогенераторы применяются исключительно для питания газом двигателей внутреннего сгорания.

Так как наличие в газе продуктов сухой перегонки (даже в малых количествах) вызывает засмоление клапанов двигателя и остановку последнего, в силовых генераторах газифицируют бессмольные топлива (генераторы прямого процесса) или пропускают продукты сухой перегонки через слой топлива с высокой температурой (генераторы с отбором смолистых веществ, двухзонные генераторы и генераторы обращенного процесса).

В промышленных генераторах, предназначенных для получения газа, идущего на отопление печей, котлов и т. п., содержание смолы в газе не имеет такого значения как в силовых генераторах, вследствие чего в них газифицируют как бессмольные топлива, так и топлива с повышенным содержанием летучих веществ.

1. СИЛОВЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

Газогенераторы прямого процесса

Представленный на рис. 10 стационарный газогенератор ТМ20—2М2 Саратовского механического завода работает на антраците марки «АМ» и предназначен для двигателей мощностью 30 л. с.

Газогенератор состоит из следующих основных частей: бункера 1 с ручным загрузочным устройством и направляющим

конусом 2, испарителя (газовой камеры) 3, топливника 4, футерованного стандартным шамотным кирпичом, зольниковой коробки 5, оборудованной колосниковой решеткой 6 встряхивающего типа и приводом 7 подвижных колосников.

Необходимый для горения топлива воздух подается через патрубок 8 в испаритель и далее по трубопроводу 9 направляется под колосниковую решетку. Отбирается газ через патрубок 10.

Газ выпускается в атмосферу при остановке двигателя или при розжиге газогенератора путем открытия крышки 11 загрузочного бункера и обратного конуса 12.

Топливо загружают в газогенератор следующим образом: открывают крышку бункера (предварительно проверив плотность прилегания обратного конуса к кольцу 13), засыпают топливо, закрывают крышку бункера и затем опускают обратный конус, поднимая рычаг 14 вверх. Вода в испаритель подается от магистрали или насосом.

Уровень воды в испарителе поддерживается поплавковым регулятором 15.

Шлак удаляют из зольниковой коробки через люк 16. На крышке 17 люка топливника для дополнительной подачи пара под колосники находится змеевик 18.

Стационарный газогенератор для двигателя мощностью 200 л. с. показан на рис. 11. Газогенератор предназначен для газификации торфа с отбором продуктов сухой перегонки.

Шахта 1 газогенератора имеет прямоугольную форму и футерована огнеупорным кирпичом. Верхняя часть шахты и внешняя футеровка нижней его части выполнены из красного стандартного кирпича. Топливо загружается в генератор через патрубок 2, закрываемый крышкой 3. В средней части шахты расположен ряд газоотборных каналов 4, соединенных с кольцом 5, по которому газ поступает в патрубок 6. Под крышкой газогенератора находятся каналы 7, кольцо 8 и патрубок 9, соединенные трубами 10 с инжекторами 11.

Воздух, подаваемый вентилятором высокого давления по трубам 12 под колосниковые решетки 13 и 14, проходя инжекторы 11,

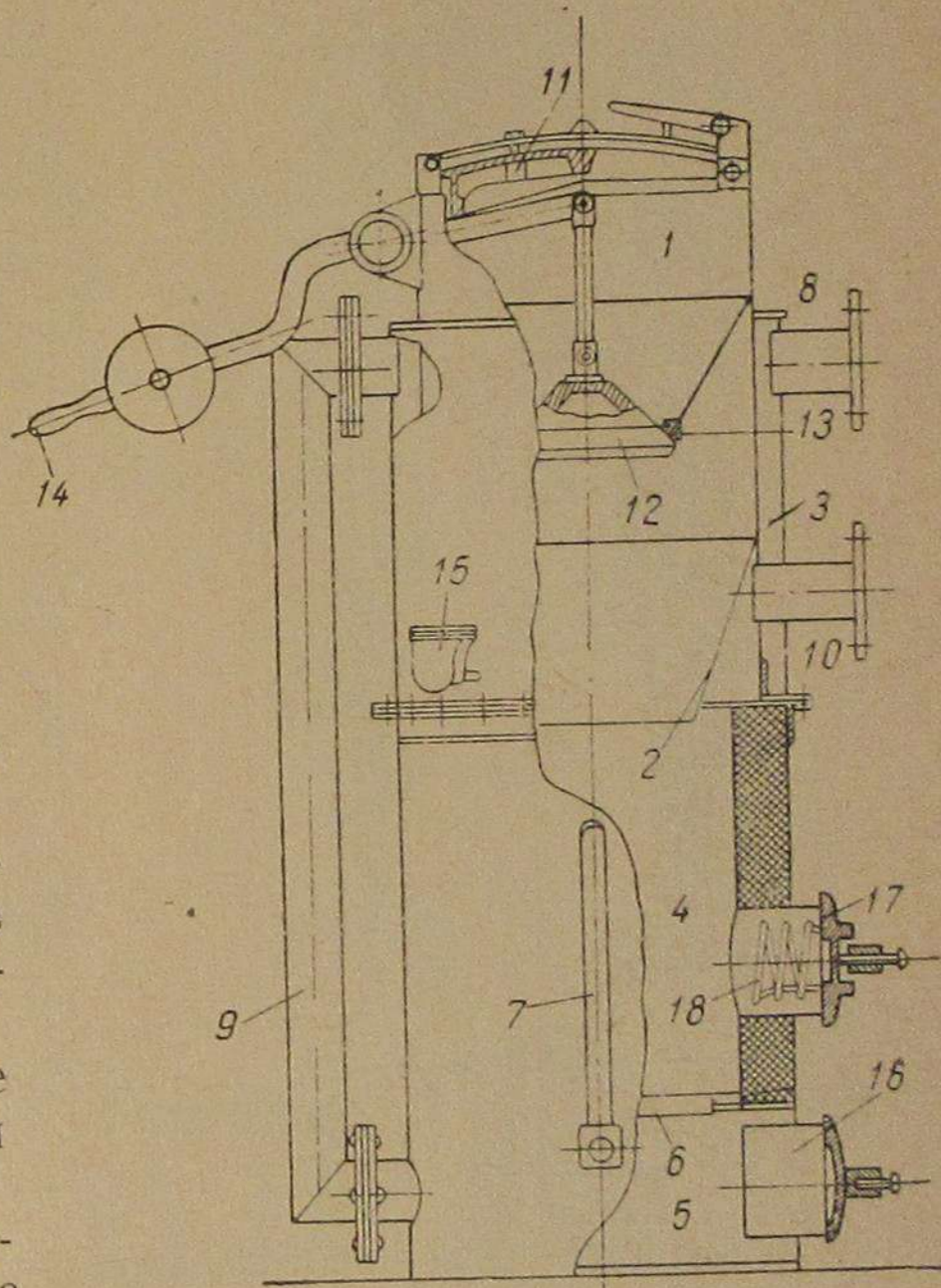


Рис. 10. Стационарный газогенератор Саратовского механического завода

засасывает из верхней части шахты продукты сухой перегонки и, в смеси с ними, поступает в зону горения.

Золу и очаговые остатки удаляют через люки 15 и 16.

На рис. 12 представлен силовой газогенератор, предназначенный для питания двух двигателей мощностью по 150 л. с. каждый.

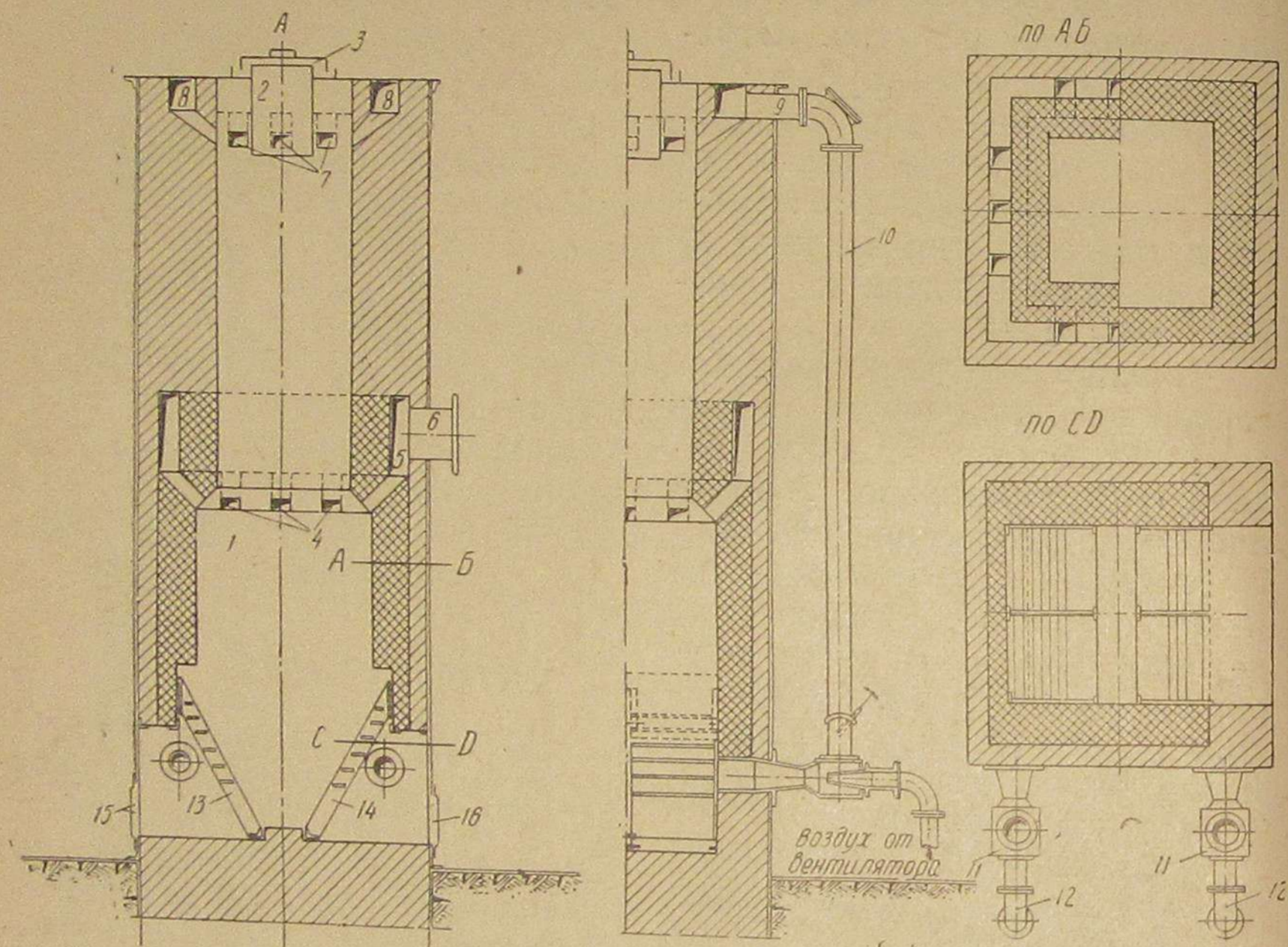


Рис. 11. Стационарный газогенератор со швельшахтой для двигателя мощностью 200 л. с.

Шахта 1 газогенератора цилиндрической формы окружена охлаждающим кожухом 2. Охлаждающая вода подается по трубопроводу в охлаждающий кожух через поплавковый автомат 3, а уровень воды контролируется по водомерному стеклу 4.

На боковой поверхности генератора расположены люк 5 для очистки кожуха от накипи и люк 6 для розжига топлива.

Топливо загружают на шахту генератора через питатель 7, приводимый в действие тягой от электродвигателя 8.

Кроме питателя на крышке газогенератора находятся патрубок 9 отбора газа и шуровочные отверстия 10. Постоянный уровень топлива в шахте газогенератора поддерживается при помощи металлического листа 11. Для равномерного распределения топлива по всему сечению шахты к нижнему основанию загрузочного устройства подвешен направляющий конус 12. Патрубок 13 служит для подачи воздуха в генератор при его розжиге. Во время работы генератора воздух засасывается через патрубок 14 и увлажняется в смесителе 15 паром, проходящим по трубопроводу 16 из паро-

сборника 17. Избыток пара по патрубку 13 отводится в трубчатый холодильник, а конденсат возвращается обратно в охлаждающий кожух.

Колосниковая решетка 18 и зольная чаша 19 приводятся во вращение посредством червячной передачи 20 и системы тяг 21 от электродвигателя 8. Зольная чаша вращается на шаровой опоре 22 и 23.

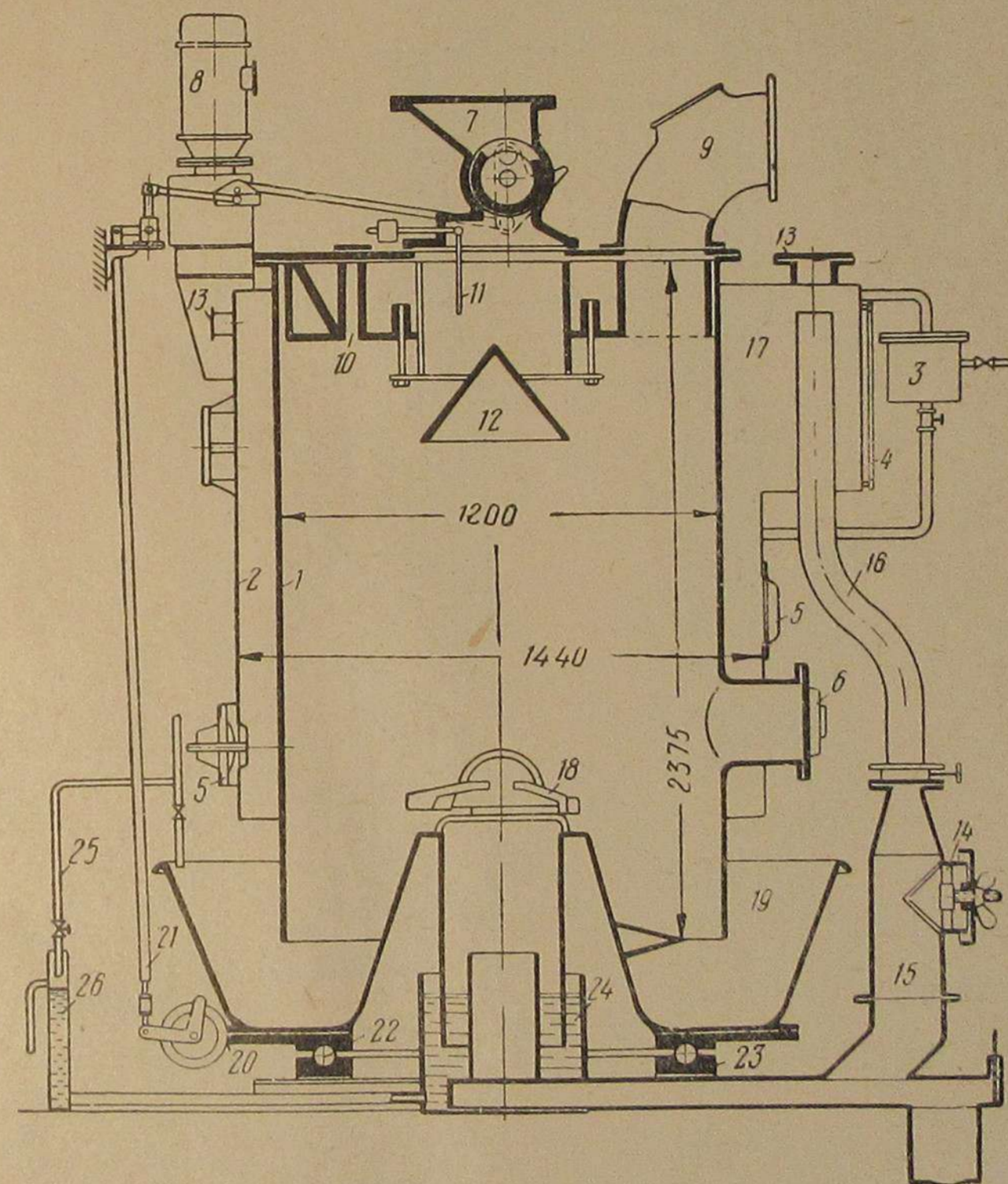


Рис. 12. Силовой газогенератор для двух двигателей мощностью по 150 л. с.

К корпусу газогенератора приварен металлический лист, на который при вращении чаши набегает зола и шлак и с которого они сбрасываются в зольный ящик.

Для регулирования количества удаляемых очаговых остатков металлический лист имеет подъемное приспособление.

Колосниковую решетку 18 отключают от атмосферного воздуха при помощи гидравлического затвора 24.

Гидравлический затвор наполняется водой по трубопроводу 25, а уровень воды в затворе контролируется в цилиндре 26.

Двухзонные газогенераторы

На рис. 13 представлен стационарный двухзонный газогенератор, работающий на торфе или дровах, конструкции «Оргэнерго» для двигателей мощностью 80—100 л. с.

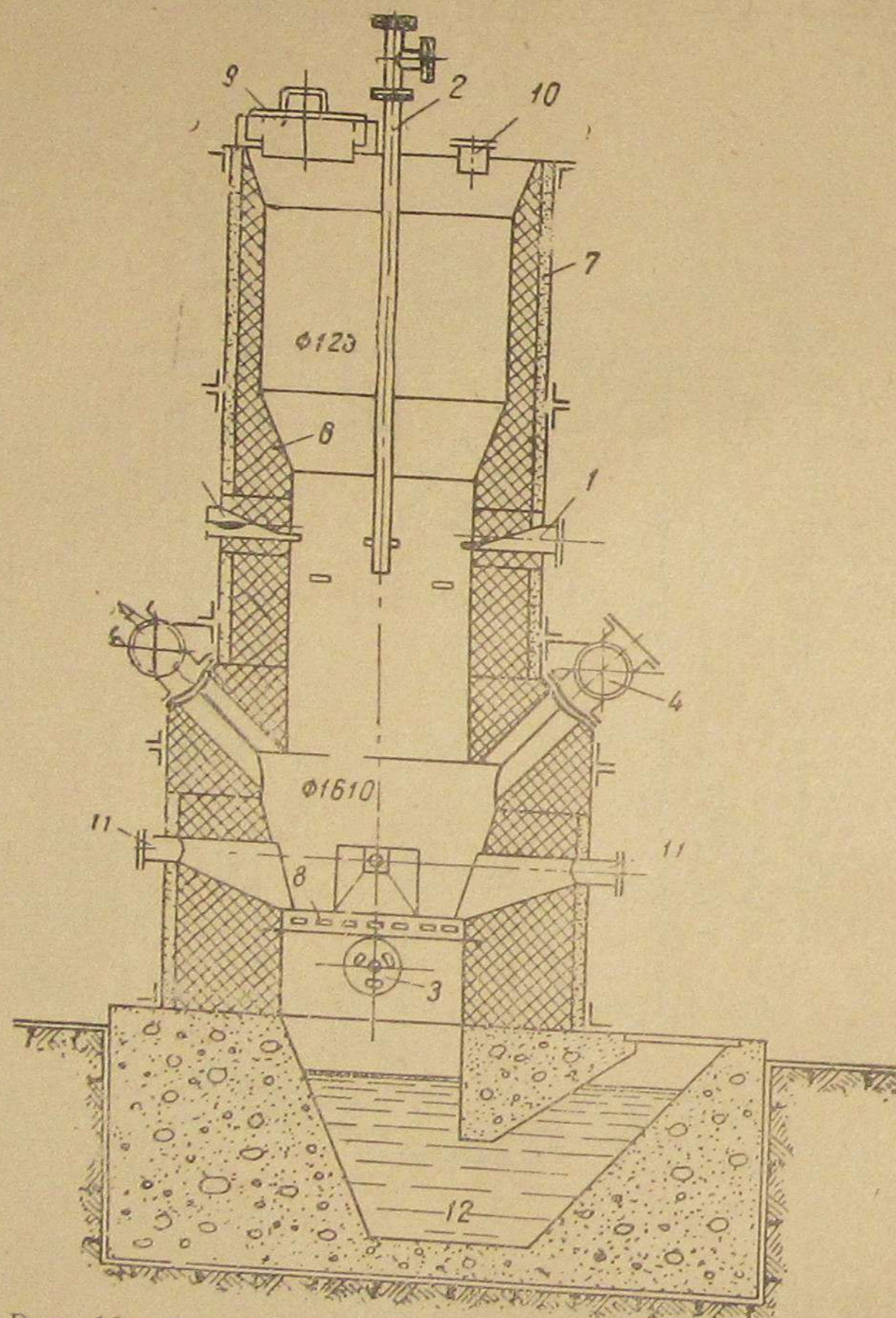


Рис. 13. Двухзонный газогенератор «Оргэнерго» для двигателей мощностью 80—100 л. с.

Поступающий на газификацию воздух подводится в шахту генератора через фурмы 1, трубу 2 и по патрубку 3 под колосниковую решетку. Следовательно, в шахте газогенератора имеется две активные зоны: в полости фурм и над колосниковой решеткой.

Генераторный газ отбирается из кольцевого пространства (образуемого углом естественного откоса топлива), между фурменным подводом воздуха и колосниковой решеткой через два диаметрально расположенных патрубка 4 и 5.

Кожух газогенератора сварной конструкции из четырех частей, собирающихся на болтах. Материалом для изготовления кожуха служит листовая сталь толщиной 3—4 мм. Футеровка шахты 6 выполнена по всей длине огнеупорным кирпичом. Пространство между кожухом генератора и футеровкой заполнено теплоизоляционным материалом 7. Неподвижная колосниковая решетка 8 состоит из ряда колосников балочного типа прямоугольного сечения.

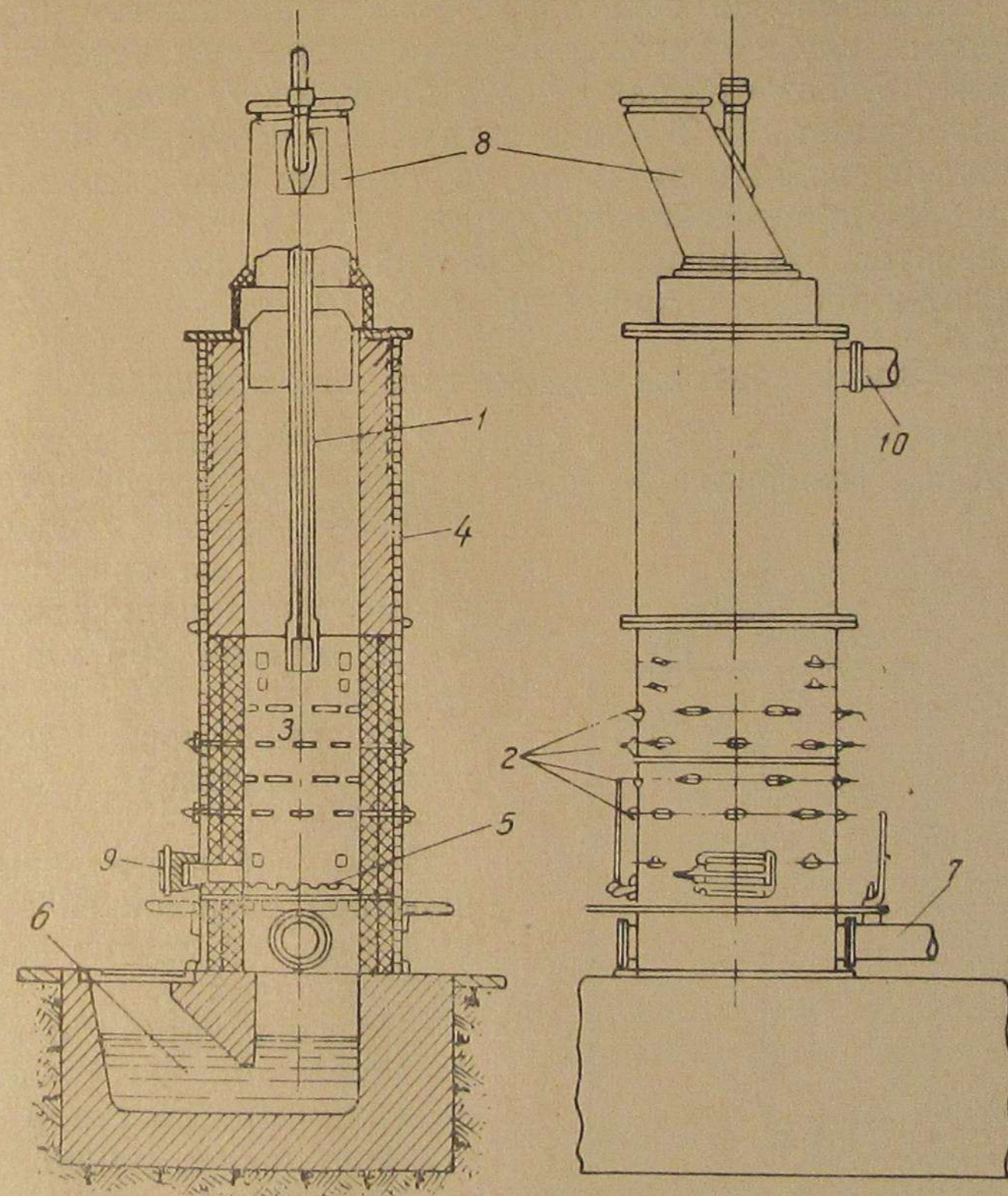


Рис. 14. Газогенератор «Г-2» для двигателей мощностью 140 л. с.

Топливо в шахту генератора загружается через находящийся на крышке люк 9. Для шуровки топлива предусмотрены лючки 10 и 11.

Золоудаление в данной конструкции генератора предусмотрено мокрое через гидравлический затвор 12.

Газогенераторы обращенного процесса

Стационарный газогенератор Г-2 конструкции завода «Двигатель революции», представленный на рис. 14, работает на чурках смешанных пород размерами 80 × 80 × 200 мм влажностью до 50% и предназначен для двигателей мощностью 140 л. с.

Воздух, необходимый для процесса газификации, поступает по трубе 1, снабженной огнестойким наконечником, и через четыре ряда фурм 2, в камеру горения 3.

Камера горения диаметром 900 мм имеет цилиндрическую форму и футерована огнеупорным кирпичом. Бункер газогенератора футерован красным кирпичом. Промежуточное пространство 4 между футеровкой и металлическими обечайками заполнено молотым шамотом. Колосниковая решетка 5 — встряхивающего типа с ручным приводом. Зола и очаговые остатки выгребают через гидравлический затвор 6. Газ отбирают через патрубок 7, находящийся под колосниковой решеткой. Топливо загружают в бункер через люк 8, оборудованный двойным затвором, вследствие чего загрузка топлива не нарушает процесса газификации.

Газогенератор разжигается самотягой через люк 9, а дымовые газы удаляют в период розжига по трубе 10.

Газогенераторы горизонтального процесса

Представленный на рис. 15 судовой газогенератор горизонтального процесса газификации конструкции Московской судостроительной верфи предназначен для работы на древесном угле и имеет цилиндрическую форму диаметром 400 мм и высотой 800 мм.

Газогенератор рассчитан для двигателей мощностью 22—25 л. с.

В верхней части корпуса генератора расположен загрузочный люк 1 с плотно закрываемой крышкой 2.

Нижняя часть корпуса генератора 3 изготовлена из 4-миллиметровой стали и представляет собой топливник. Необходимый для процесса газификации воздух через горизонтально расположенную двухстенную форму 4 проходит в генератор и поступает в зону горения.

Фурма выполнена из красной меди и имеет водяное охлаждение.

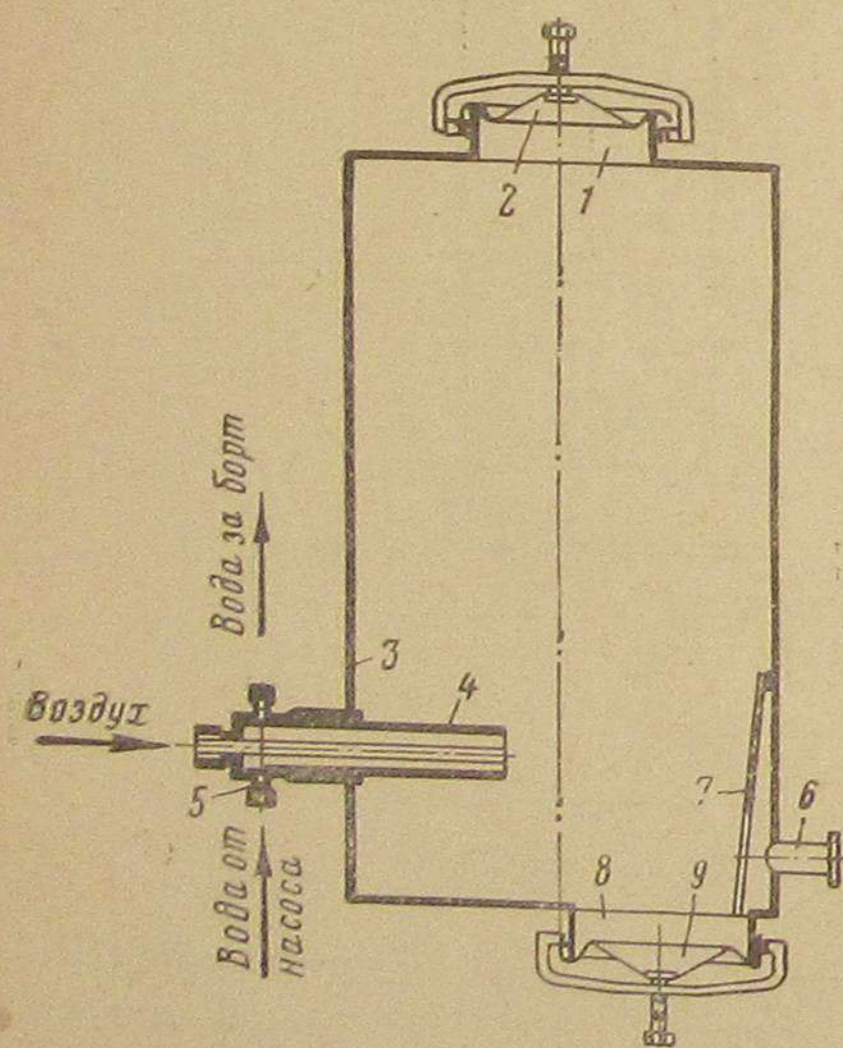


Рис. 15. Газогенератор горизонтального процесса для двигателей мощностью 22—25 л. с.

Забортная вода подается в фурму по трубопроводу 5 диафрагменным насосом, приводимым в действие от главного двигателя.

Газ отбирается со стороны, диаметрально противоположной подаче воздуха, причем ось газоотборного патрубка 6 смещена относительно оси фурмы вниз на 90 мм.

Перед газоотборным патрубком в топливнике установлена вертикальная колосниковая решетка 7, назначение которой — задерживать унос мелких частиц топлива в газопроводы и очистительную аппаратуру.

В днище газогенератора находится зольниковый люк 8 с крышкой 9, при открытии которой генератор освобождается от очаговых остатков.

Нижняя часть корпуса генератора (топливник) не имеет футеровки, так как зона высоких температур находится в центре газогенератора и расположенный вокруг нее слой топлива служит эффективной изоляцией.

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

Представленный на рис. 16 газогенератор конструкции Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта предназначен для газификации антрацита с крупностью кусков от 8—20 мм.

Шахта 1 газогенератора с внутренним диаметром 1000 мм оборудована пароводяной рубашкой 2 и установлена на металлических опорах 3.

Вода подводится в пароводяную рубашку через бачок 4, снабженный поплавковым клапаном. На боковой поверхности газогенератора расположены люки 5 для очистки от накипи внутренних поверхностей пароводяной рубашки. На крышке генератора смонтированы загрузочное устройство 6 и шуровочные люки 7.

Топливо равномерно распределяется по сечению шахты конусом 8, прикрепленным к внутренней поверхности крышки газогенератора. Колосниковой решетки в данной конструкции газогенератора нет.

Топливо лежит на слое шлака, находящегося на днище гидравлического затвора 9 и в нижней части шахты. Золоудаление — мокрое, производится путем периодической очистки гидравлического затвора.

Необходимый для газификации воздух подается в шахту генератора по трубе 10, на конце которой находится дутьевая головка 11. Увлажнение воздушного дутья производится по трубе 12 паром, поступающим из пароводяной рубашки 2. Количество воздуха и пара регулируется задвижками 13 и 14. Избыток пара отводится через предохранительный клапан 15 в атмосферу. Отбор газа производится через патрубок 16, расположенный на боковой поверхности шахты.

Производительность генератора по газу составляет $600 \frac{\text{нм}^3}{\text{час}}$.

На рис. 17 показан промышленный газогенератор для газификации дров. Конструктивной особенностью этого генератора является отсутствие металлического кожуха. Шахта генератора прямоугольного сечения по высоте активной зоны выполнена из огнеупорного кирпича, а наружная кладка выложена стандартным красным кир-

пичом. Воздух для газификации по трубе 1 подается вентилятором на два ряда фурм 2 и через последние поступает в шахту генератора.

Топливо загружают через крышку 3. Шуруют топливо и освобождают его от золы при помощи колосниковой решетки 4 встряхивают.

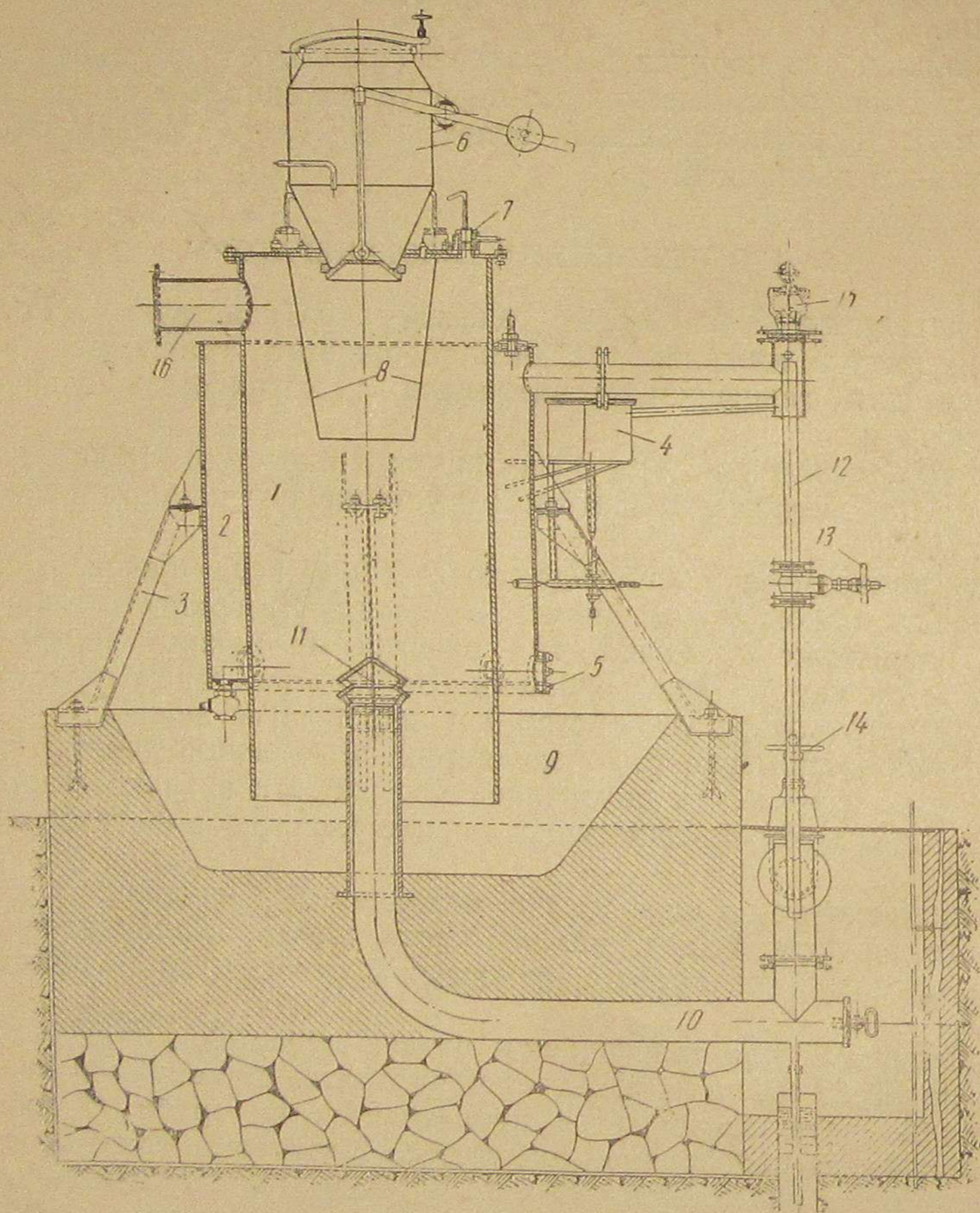


Рис. 16. Промышленный газогенератор конструкции „РИЖТ“

вающего типа. Удаление очаговых остатков — периодическое, путем выгреба их из гидравлического затвора 5. Газ отбирается через дымовых газов при розжиге генератора в верхней части шахты предусмотрена труба 7, оканчивающаяся тройником 8.

Верхняя часть тройника соединяется с трубой, отводящей дымовые газы в атмосферу, а нижняя часть — с трубопроводом 9,

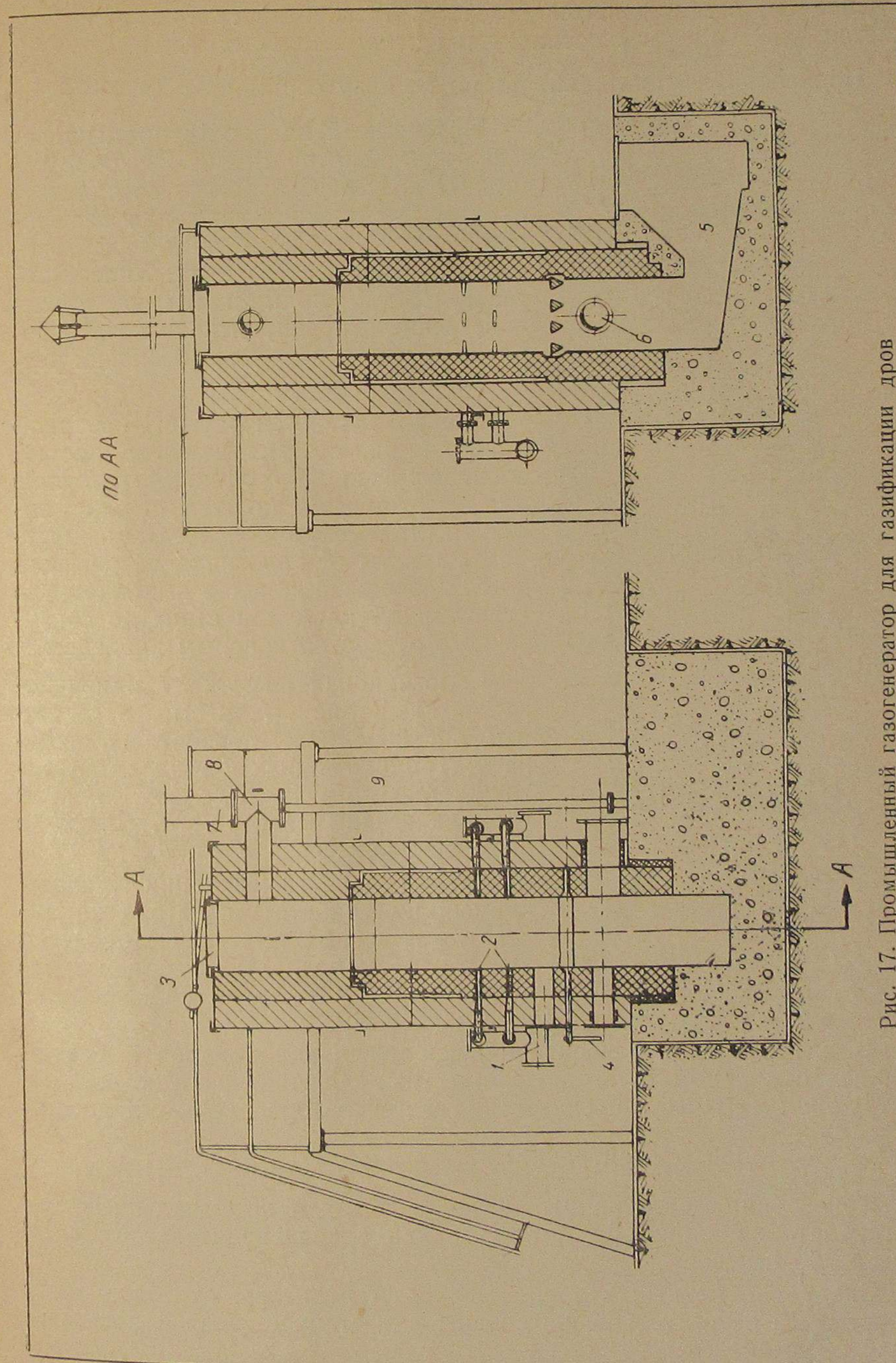


Рис. 17. Промышленный газогенератор для газификации дров

опущенным в гидравлический затвор. Указанный генератор применяется для горячего газоснабжения нагревательных печей.

Производительность генератора по газу составляет $300 \frac{\text{нм}^3}{\text{час}}$.

Показанный на рис. 18 промышленный газогенератор типа Т-22 конструкции ЦНИИ МПС работает по прямому процессу и предназначен для газификации дров, торфа, бурых углей, каменных углей и антрацита. Указанный газогенератор применяется на производственных предприятиях железнодорожного транспорта для отопления различного рода печей.

Кожух газогенератора — сварной конструкции, состоит из трех частей, собирающихся на болтах. Материалом для изготовления кожуха служит листовая сталь толщиной 3—4 мм. Футеровка шахты от колосниковой решетки до газоотводных каналов выполнена из огнеупорной кладки и выше до загрузочного отверстия красным кирпичом.

Колосниковая решетка 1 приводится в действие рычагом, насаженным на хвостовик поворотного валика 2. Топливо в шахту генератора загружается через люк 3, оборудованный гидравлическим затвором 4. Шлак и золу удаляют через люки 5.

Воздух для газификации (увлажняемый при работе генератора на антраците или каменных углях) подается вентилятором по патрубку 6 в зольниковую коробку и далее под колосниковую решетку.

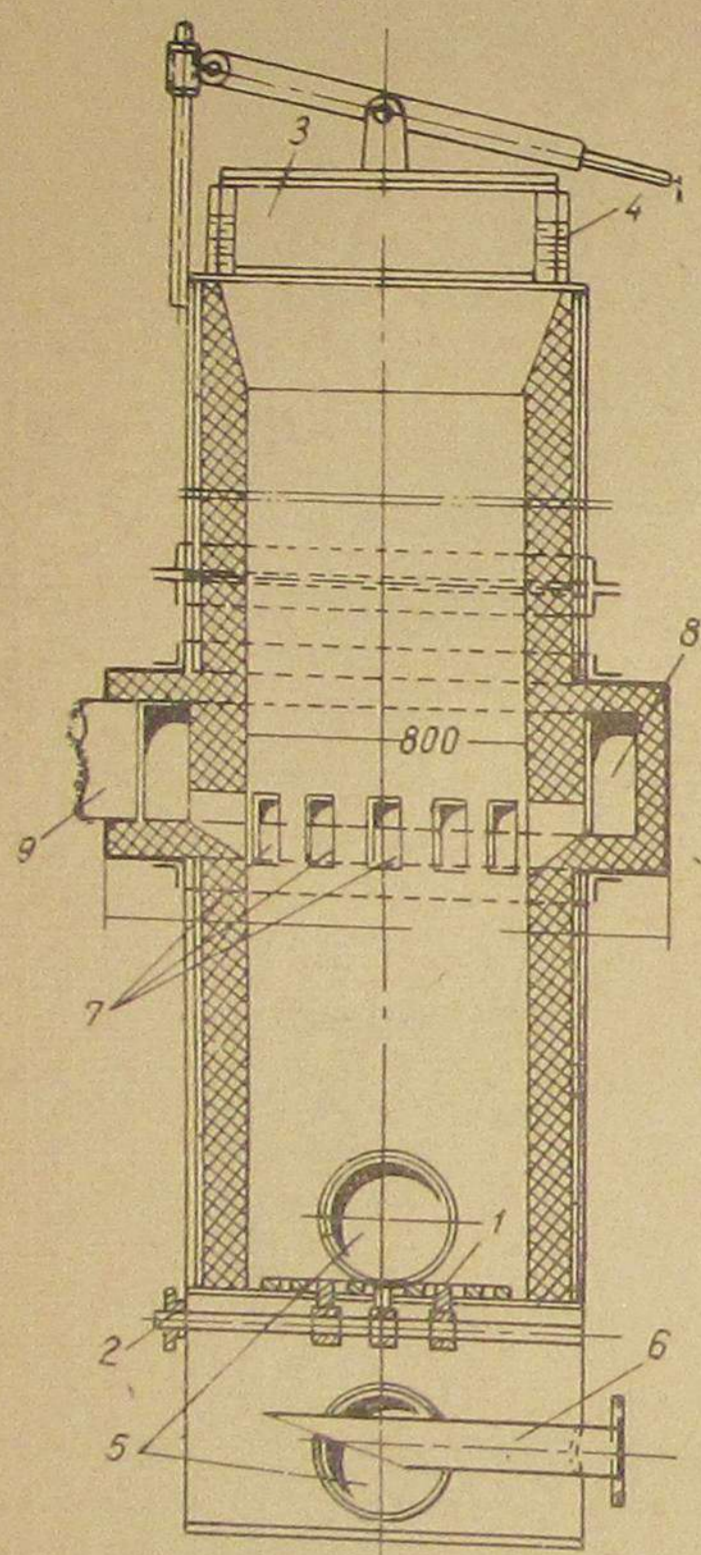


Рис. 18. Промышленный газогенератора „Т-22“, конструкции ЦНИИ-МПС

В средней части генератора расположен ряд каналов 7, соединенных с кольцом 8, по которому газ поступает в газоотборный патрубок 9. Производительность газогенератора Т-22 составляет $400 \frac{\text{нм}^3}{\text{час}}$ (топливо — антрацит).

Конструкция разобранных выше силовых и промышленных газогенераторов характеризуют установки с производительностью от 60 до 750 нм³/час.

Следует отметить, что силовые газогенераторы судового типа могут быть с успехом использованы для стационарных и промышленных установок.

ОХЛАЖДЕНИЕ И ПЕРВИЧНАЯ ОЧИСТКА ГАЗА

Выходящий из генератора газ имеет высокую температуру и несет с собой пыль, сажу, смолу и влагу. Такой газ для питания печей (при холодном газоснабжении) и двигателей внутреннего сгорания непригоден. В зависимости от целей, для которых предназначается газ, к нему предъявляются различные требования в отношении охлаждения и очистки. Особенно важное значение имеет охлаждение газа, предназначенного для эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

Практическими наблюдениями установлено, что двигатель, работающий на газе с температурой выше 20° С, начинает терять мощность из-за понижения коэффициента наполнения.

На рис. 19 изображено падение мощности двигателя в зависимости от температуры поступающего газа.

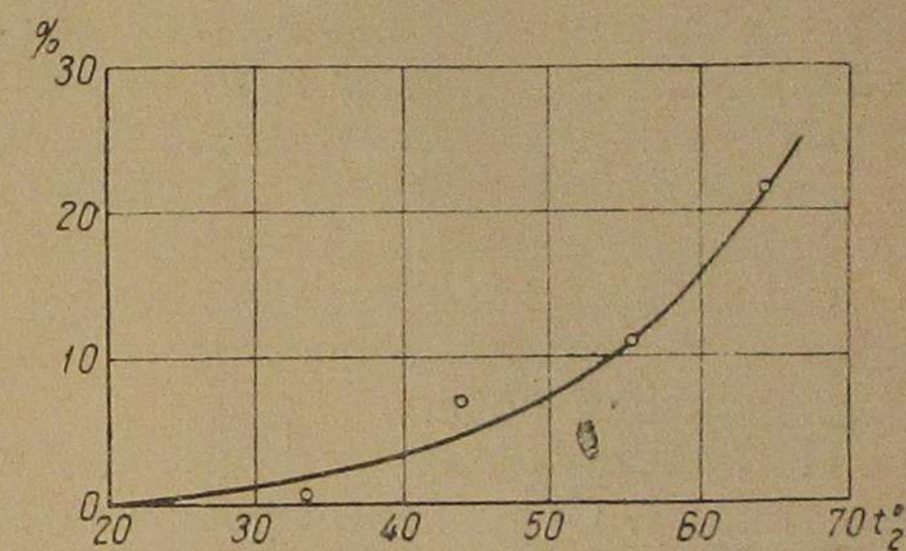


Рис. 19. График зависимости мощности двигателя от температуры поступающего газа

1. ВОЗДУШНОЕ И ВОДЯНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ГАЗА

Газ охлаждают воздухом или водой в зависимости от производственных условий. Воздушное охлаждение газа получило наибольшее распространение в автотракторных установках, в которых исключается применение водяных охладителей. В остальных случаях газ охлаждают водой. Это более эффективный способ охлаждения, позволяющий применять охладители значительно меньших размеров, чем при воздушном охлаждении.

Для водяного охлаждения газа, в зависимости от условий эксплуатации, применяют поверхностные охладители или скрубберы, в которых газ охлаждают путем прямого его контакта с водой. Охлаждение газа в скрубберах требует значительного количества воды, которая для повторного использования непригодна, ввиду ее загрязненности пылью, смолой, сажой и т. п. Очистка же отработавшей в скрубберах воды сопряжена с установкой дополнительного оборудования и затратами средств, вследствие чего отработавшую воду отводят в реку или сточные колодцы. Поэтому, в местах с недостаточным дебетом воды применяют поверхностные охладители, в которых вода циркулирует по замкнутому контуру.

В зависимости от степени засоренности газа, пропускаемого через поверхностные охладители, таковые подразделяются на водотрубные и газотрубные. В водотрубных охладителях — движение охлаждающей воды происходит по трубам, а газа в междутрубном

пространстве. В газотрубных охладителях движение воды и газа происходит в обратном порядке, т. е. по трубам пропускается газ, а в междутрубное пространство — охлаждающая вода. В охладителях обоих типов движение воды и газа противоточное.

Водотрубные охладители применяются для охлаждения газа, свободного от смол и с незначительным содержанием пыли и сажи.

При наличии в газе смолистых веществ и большого количества пыли и сажи охлаждение его производят в газотрубных охладителях, так как очистка труб от насевших примесей газа менее трудоемка, чем очистка междутрубного пространства.

Газо- и водотрубные охладители имеют крайне ограниченное применение ввиду их большой стоимости и габаритов.

Скрубберы представляют собой цилиндрические и значительно реже прямоугольные сосуды, в которых газ движется навстречу охлаждающей воде.

По конструктивному выполнению скрубберы подразделяются на два типа: 1. Скрубберы оросительные. 2. Скрубберы с насадками.

Скрубберы первого типа, несмотря на простоту монтажа и эксплуатации, не получили широкого распространения, так как расход воды на охлаждение в них газа почти в три раза больше, чем в скрубберах с насадками.

В скрубберах второго типа (скрубберы с хордовыми насадками) внутреннее пространство заполняется деревянной рейкой. Отдельные рейки (толщиной 10—13 мм, высотой 100—120 мм) собирают на прокладках толщиной 15—25 мм в решетки и стягивают болтами. Для увеличения поверхности орошения решетки укладывают таким образом, чтобы расположение реек одной решетки было перпендикулярно расположению реек другой. Насадки скрубберов из деревянной рейки имеют ограниченное применение, так как значительное количество древесины, необходимое для изготовления реек, делает их стоимость весьма высокой. Наиболее простым заполнителем объема скруббера является металлургический кокс, который загружается в скруббер кусками 50—70 мм.

Промывная поверхность кокса составляет ~ 30 м² на 1 м³ скруббера.

Отрицательным качеством кокса, как заполнителя объема скруббера, является сравнительно быстрое его засорение пылью.

Большое применение для заполнения объемов скрубберов получили металлические и керамиковые кольца. Обладая высокой промывной поверхностью, кольца не подвержены быстрому засорению пылью, вследствие чего не требуется частая очистка скруббера.

В зависимости от производительности скрубберов в последних применяются кольца, размеры которых приведены в табл. 21.

Объем стационарных скрубберов принимают равным 1% от часовой производительности генератора по газу.

Соотношение высоты скруббера к диаметру берется:

$$\frac{H_c}{D_c} = 3 \div 5.$$

Таблица 21

Кольца	Высота кольца, мм	Внешний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Промывная поверхность в м ² на 1 м ³ объема скруббера
Из железа	15	15	0,5	345
" "	25	25	0,8	220
" керамики	15	15	2,0	336
" "	25	25	2,0	220
" "	35	35	3,0	162

Объем судовых скрубберов может быть принят от 3 до 5 литров на 1 л. с.

Диаметр судового скруббера обычно принимается от 0,3 до 0,6 его высоты, т. е. $D_{охл.} = 0,3 - 0,6 H$.

2. КОНСТРУКЦИИ ОХЛАДИТЕЛЕЙ СТАЦИОНАРНОГО И СУДОВОГО ТИПОВ

Стационарные охладители

На рис. 20 представлены конструктивные схемы газо-водотрубных охладителей.

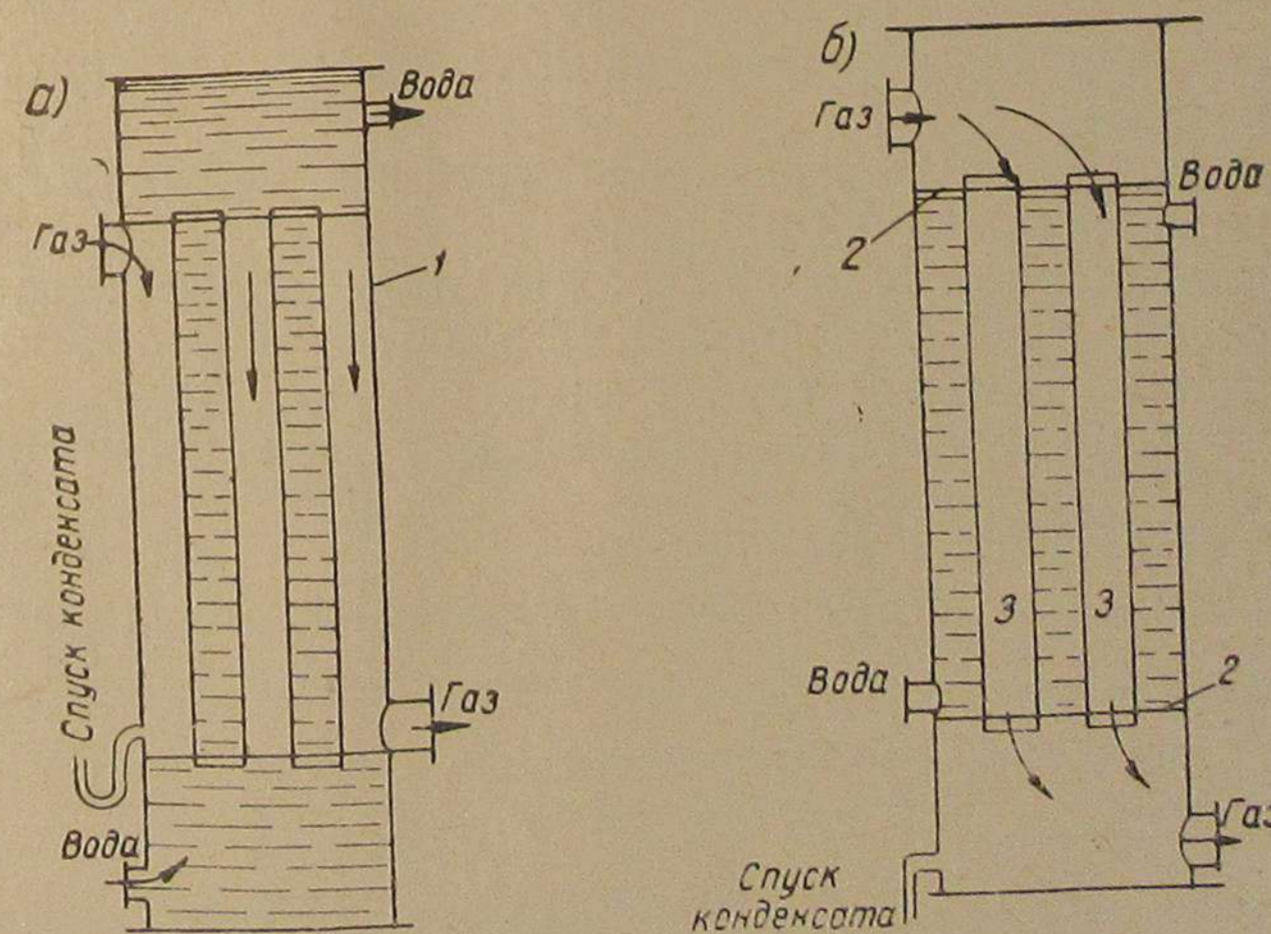


Рис. 20. Конструктивные схемы газо-водотрубных охладителей

Корпус 1 охладителя представляет собой цилиндр, разделенный трубными решетками 2, в которых развальцованы водо-газовые трубы 3. Водотрубный вариант представлен на схеме „а“, а газотрубный — на схеме „б“.

Необходимая поверхность охлаждения газо-водотрубного охладителя находится из уравнения:

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t} \text{ м}^2,$$

где:
 Q — часовое количество тепла, отнимаемое от газа в кал;
 K — суммарный коэффициент теплопередачи кал/м² час °С;
 Δt — средняя разность температур газа и охлаждающей воды °С.

Количество тепла, которое необходимо отнять от газа в течение часа для его охлаждения до температуры t °С, определится по формуле:

$$Q = V_2^c (C_{с.г.} + G_{в.п.} \cdot c_{в.п.}) (t_1 - t) \text{ кал/час},$$

где:
 V_2^c — производительность охладителя, нм³/час;
 $C_{с.г.}$ — теплоемкость сухого газа, кал/нм³ °С;
 $G_{в.п.}$ — влажность газа, г/нм³;
 $c_{в.п.}$ — теплоемкость водяных паров, кал/кг °С;
 t_1 — температура газа поступающего в охладитель, °С;
 t — температура газа, выходящего из охладителя, °С.

Суммарный коэффициент теплопередачи может быть определен из выражения:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sigma_2}{\lambda_2} + \frac{\sigma}{\lambda} + \frac{\sigma_6}{\lambda_6} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где:
 α_1 — коэффициент теплопередачи от газа к стенке трубы, ккал/м² час °С;
 σ_2 — толщина слоя загрязнения трубы со стороны газа, принимаемая равной 0,001 м;
 λ_2 — коэффициент теплопроводности летучей пыли, осевшей на стенку трубы, принимаемый равным 0,1 кал/м час °С;
 σ — толщина стенки трубы, м;
 λ — коэффициент теплопроводности материала трубы, кал/м час °С;
 σ_6 — толщина слоя накипи, мм;
 λ_6 — коэффициент теплопроводности накипи, принимаемый равным $1 \frac{\text{кал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{°С}}$;
 α_2 — коэффициент теплопередачи от стенки трубы к воде, $\frac{\text{кал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°С}}$.

Средняя логарифмическая разность температур находится по формуле:

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_2) - (t - t_3)}{2,303 \lg \frac{t_1 - t_2}{t - t_3}} \text{ °С},$$

где:
 t_2 — температура воды, выходящей из охладителя, °С;
 t_3 — температура воды, поступающей в охладитель, °С.

Часовой расход охлаждающей воды определяется из уравнения:

$$W_u = \frac{Q}{(t_2 - t_3) \eta_{ox}} \text{ кг/час},$$

где η_{ox} — тепловой к. п. д охладителя, равный 0,95.

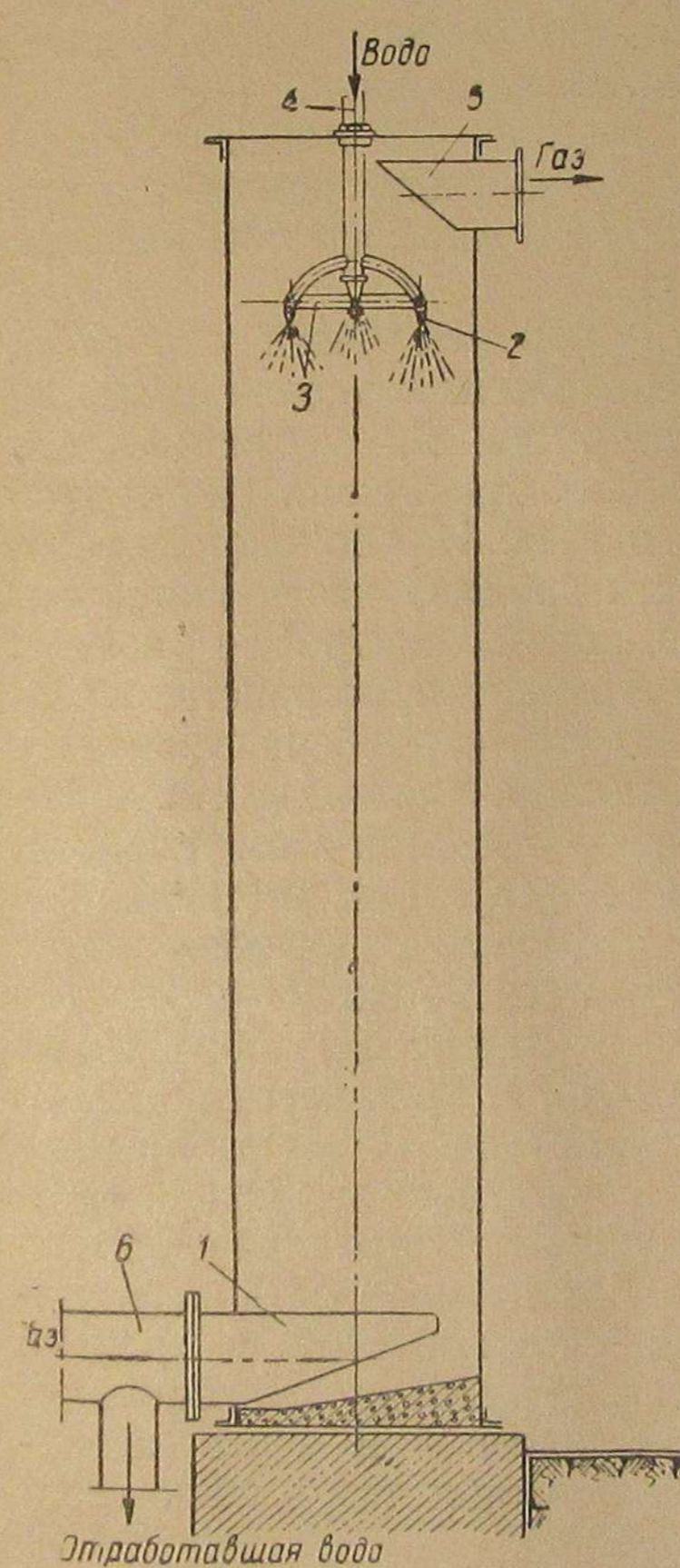


Рис. 21. Оросительный скруббер

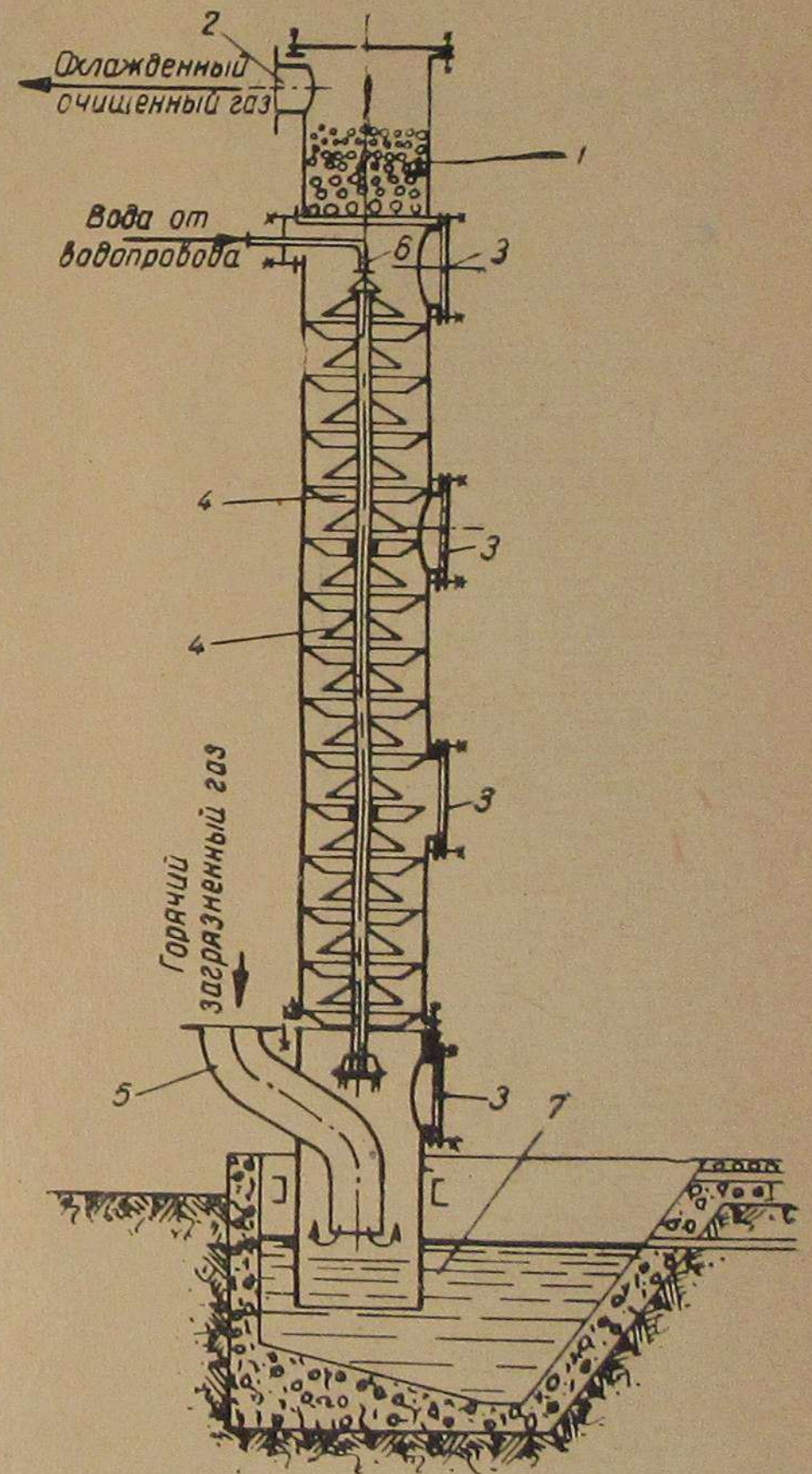


Рис. 22. Каскадный скруббер

Длина труб при заданной поверхности охладителя находится из формулы:

$$l = \frac{F}{\pi d} \text{ м.}$$

Диаметр труб d для водо-газотрубных охладителей принимают от 50 до 75 мм.

Конструктивное выполнение оросительного скруббера показано на рис. 21. Горячий газ по патрубку 1 подается в нижнюю часть скруббера и, поднимаясь вверх, орошается водой из распылителей 2, смонтированных на кольце 3. Вода подается в кольцо 3 от насоса или из водопровода по трубе 4.

Для отбора охлажденного и прошедшего грубую очистку газа служит патрубок 5, находящийся под крышкой скруббера. Отрабатываемая вода и выделившиеся из газа примеси по патрубку 1 поступают в тройник 6 и через нижний конец его отводятся в шламоотстойник.

На рис. 22 показан общий вид каскадного скруббера производительностью 500 м^3 газа в час.

В верхней части скруббера расположена коксовая насадка 1 и патрубок 2, служащий для отвода охлажденного и очищенного газа. На боковой поверхности средней части скруббера размещены смотровые люки 3. Внутреннее пространство средней части скруббера заполнено насадками, состоящими из металлических дисков 4 конусообразной формы. Газ, подведенный по трубе 5 в нижнюю часть скруббера, проходит через щелевые отверстия, образуемые дисками, и орошается водой из распылителя 6. Отрабатываемая вода поступает из нижней части скруббера в гидравлический затвор 7 и далее в сеть канализации. Охлажденный в средней части скруббера газ проходит слой кокса 1 и через патрубок 2 отводится в сеть газопровода.

Очищенный в каскадном скруббере газ содержит в себе 0,013—0,015 г/ м^3 пыли, что дает возможность применять данный тип скруббера и для установок с двигателями внутреннего сгорания.

На рис. 23 представлена одна из конструкций скрубберов с заполнением объема деревянной рейкой.

Газ по патрубку 1 и барбатеру 2 поступает в нижнюю часть скруббера. Поднимаясь вверх, газ проходит ряд решеток 3, рас-

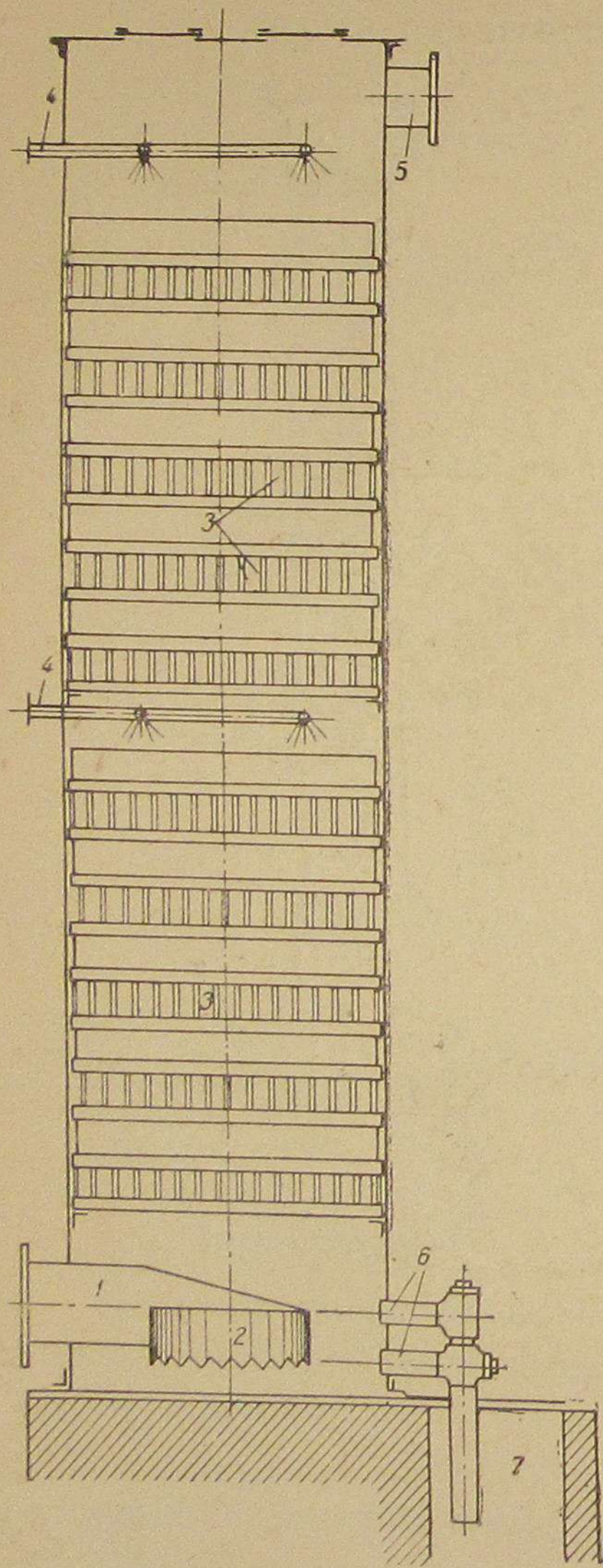


Рис. 23. Скруббер с насадкой из деревянной рейки

положенных по хордам поперечного сечения скруббера деревянных реек, и одновременно охлаждается водой из кольца 4. Охлажденный и прошедший грубую очистку газ отбирается через патрубок 5. Отрабатываемая в скруббере вода стекает по патрубку 6 в шламоотстойник 7.

Простейшая конструкция скруббера с коксовой насадкой представлена на рис. 24.

Корпус скруббера 1 выполнен в виде цилиндра, на боковой поверхности которого расположены патрубки 2 и 3 для подвода и отбора газа. Насадка кокса лежит на решетке 4. Охлаждающая вода подается по трубе 5 в воронку 6, из которой она в распыленном виде орошает насадку кокса. Отрабатываемую в скруббере воду через газоподводящий патрубок 2, тройник 7 и трубу 8 удаляют в шламоотстойник 9 и далее в сточный колодец или реку.

Скрубберы с насадкой из металлических колец имеют конструктивное выполнение, аналогичное скрубберам с заполнением объема кусками кокса, и отличаются от последних при равной производительности лишь несколько меньшими габаритами.

На рис. 25 представлен скруббер с насадкой из металлических колец. Корпус 1 скруббера представляет собой цилиндр, на боковой поверхности которого расположены патрубок 2 для горячего и неочищенного газа, люк 3 для выгрузки металлических колец и патрубок 4 для охлажденного газа.

На крышке 5 скруббера установлены пружинный предохранительный клапан 6 и труба 7, подводящая охлаждающую газ воду. Металлические кольца высотой слоя 1500 мм покоятся на решетке 8, которая лежит на кольце 9 из угловой стали.

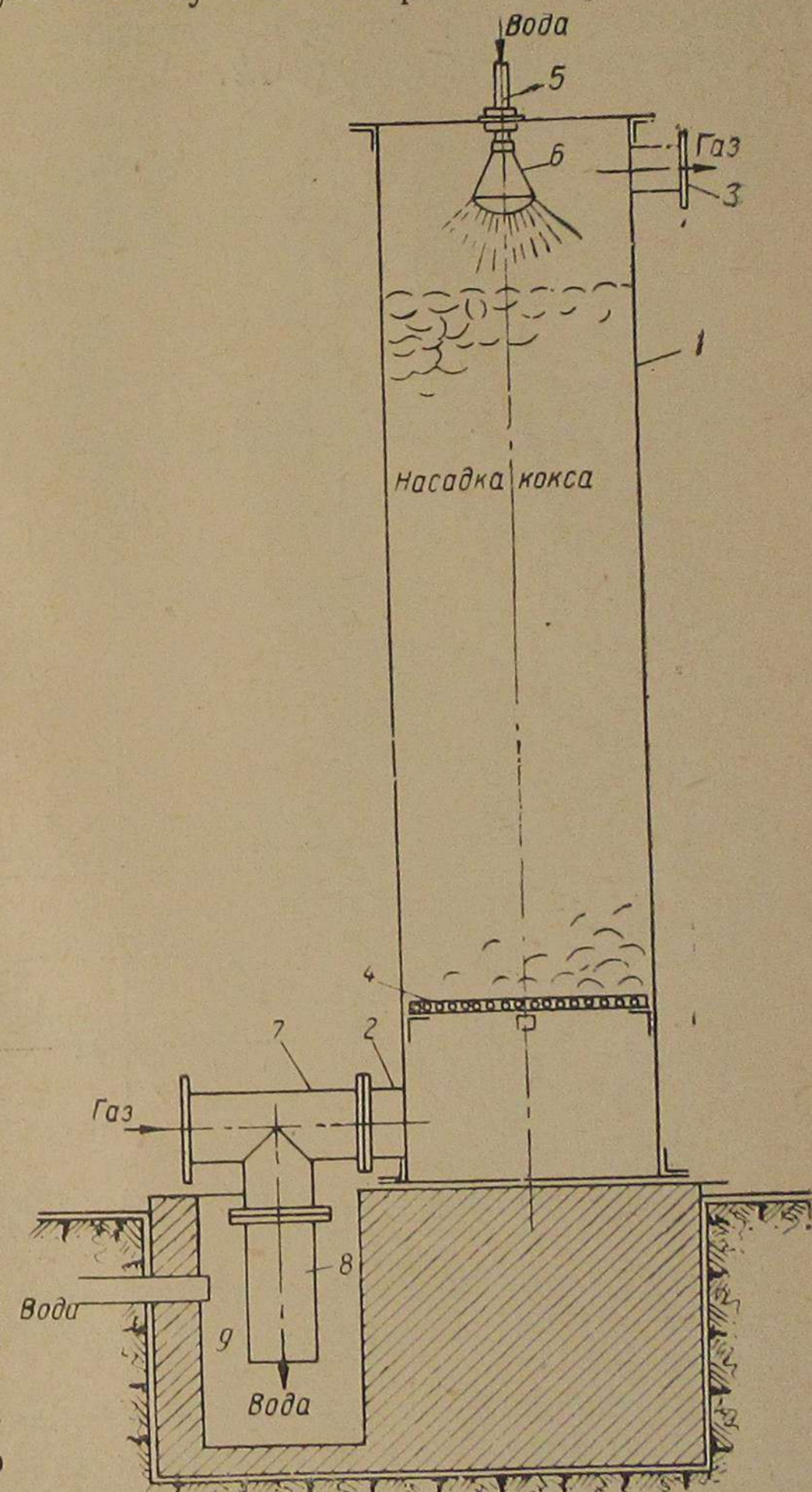


Рис. 24. Скруббер с коксовой насадкой

Горячий и неочищенный газ из генератора по трубопроводу поступает в крестовину 10, затем в патрубок 2, барбатирует через воду и попадает в нижнюю часть скруббера. Поднимаясь выше, газ проходит слой колец и орошается водой из распылителей 11, установленных на кольце 12.

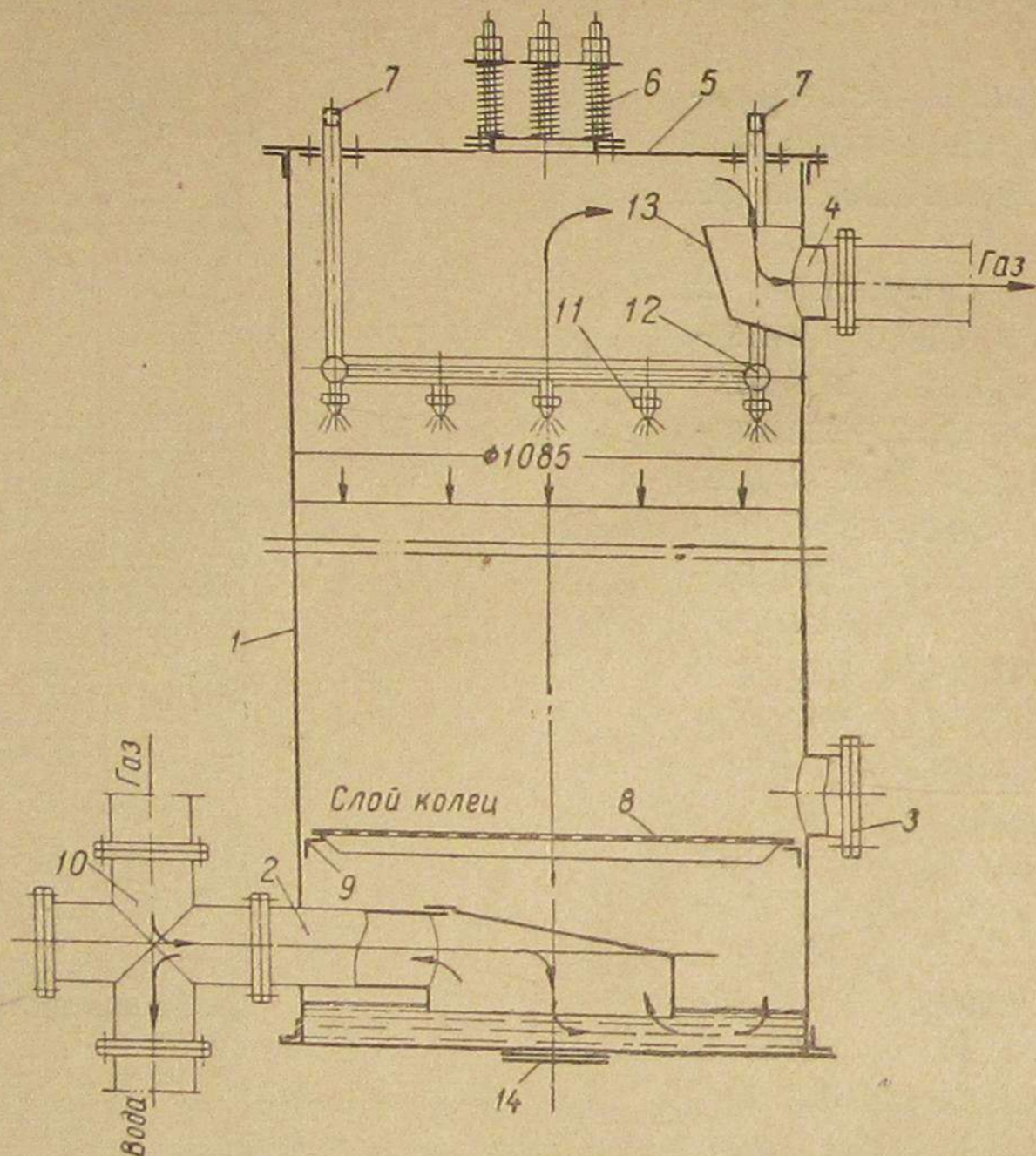


Рис. 25. Скруббер с насадкой из металлических колец

Охлажденный и прошедший первичную очистку газ из верхней части скруббера подводится к патрубку 4, снабженному влагоотбойником 13.

Отработавшая в скруббере вода через патрубок 2 поступает в нижний отросток крестовины 10 и далее по трубопроводу в гидравлический затвор. Днище скруббера очищается от скопившегося шлама через люк 14.

Судовые охладители

Скруббер газогенераторной установки для двигателя мощностью 150 л. с. показан на рис. 26. В нижней части скруббера установлена решетка 1, на которой находится слой кокса 2.

Газ охлаждается водой, подаваемой насосом по трубопроводу 3, в распределительное кольцо 4 и штуцеры 5. Газ по патрубку 6 поступает под решетку, проходит коксовую насадку,

орошаемую водой, и подводится в мультициклон 7, установленный на фланцевом поясе нижней части скруббера. В мультициклоне газ неоднократно меняет свое направление и по патрубку 8 отводится в фильтр тонкой очистки.

Выделившийся из газа конденсат по трубе 9 поступает в патрубок 10 отработавшей в скруббере воды и вместе с ней удаляется за борт. Для охлаждения газа, получаемого в промышленных и силовых генераторах, в зависимости от производственных условий может быть установлено несколько последовательно соединенных охладителей.

Количество воды, расходуемой на охлаждение генераторного газа, с достаточной для практики точностью определяется по формулам:

1. Вес водяных паров:

$$Q_1 = \frac{V_2^s - V_2^c}{22,4} 18 \text{ кг/час,}$$

где:

V_2^s — часовой расход влажного газа в м³;

V_2^c — часовой расход сухого газа в м³.

2. Часовой расход воды Q_2 составит:

$$Q_2 = \frac{V_2^c \times C_p (t_1^g - t_2^g) \times Q_1 \times 600}{t_1^w - t_2^w} \text{ лит/час,}$$

где:

$C_p = 0,325 - 0,340$ — средняя теплоемкость газа;

t_1^g — температура газа, входящего в скруббер, °С;

t_2^g — температура газа, выходящего из скруббера, °С;

t_1^w — температура воды, отработавшей в скруббере, °С;

t_2^w — температура воды, поступающей в скруббер, °С.

3. Суммарная площадь сечения распылителей:

$$F_{расп.} = \frac{Q_2}{3600 \times \psi \times \sqrt{2 H_в}} \text{ м}^2,$$

где:

ψ — коэффициент истечения, равный 0,75;

$H_в$ — напор воды в м вод. ст.

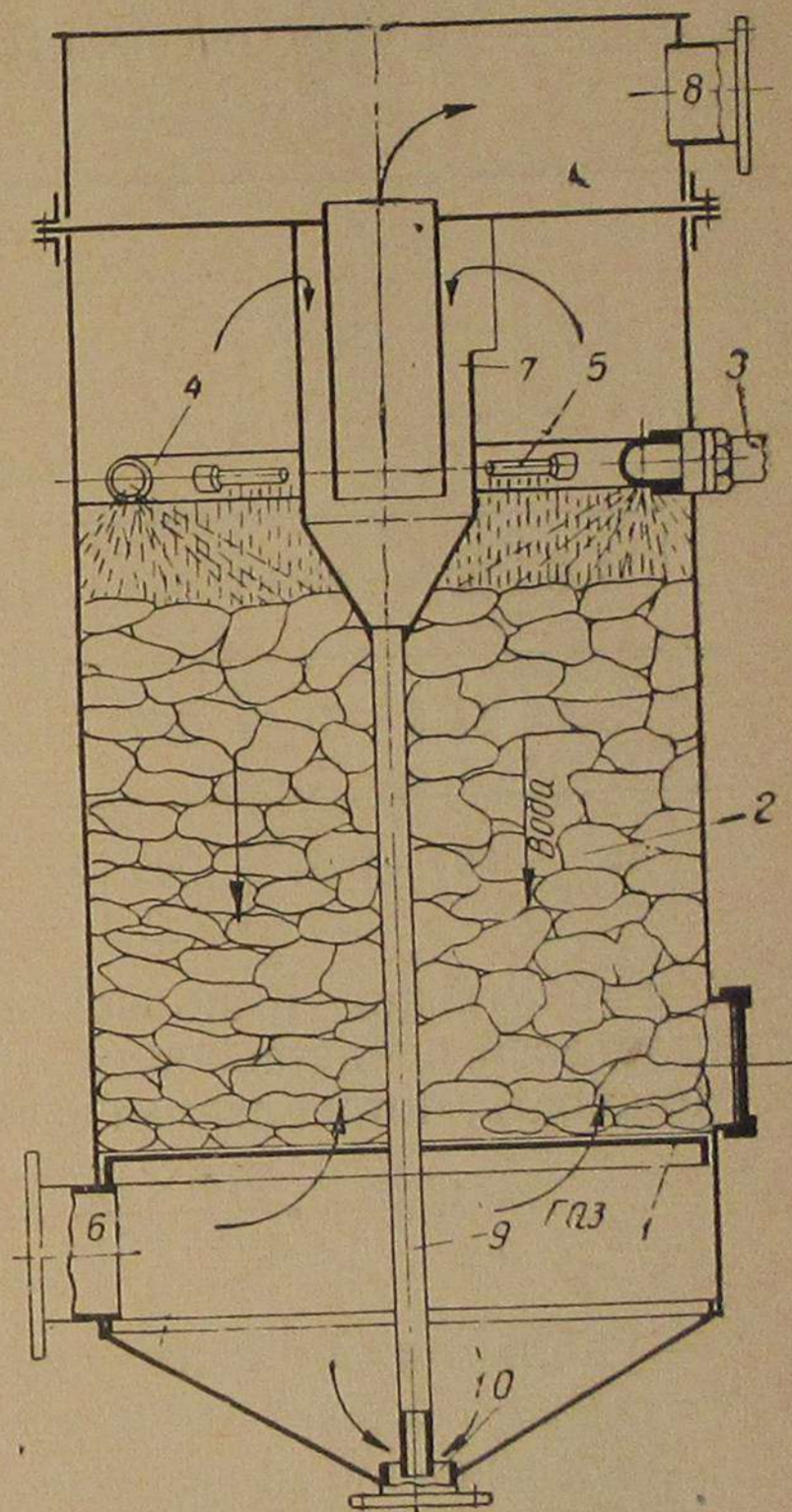


Рис. 26. Скруббер судового типа

4. Необходимое количество распылителей:

$$n_{расп.} = \frac{F_p}{0,785 \times d_{расп.}^2},$$

где $d_{расп.}$ — диаметр распылителя в мм, выбираемый из табл. 22.

Таблица 22

Давление воды в атмосферах	d распылителя, мм										
	0,5	1	1,25	2	2,5	3	4	5	6	7	15
	Расход воды в литрах										
1,5	7,5	30	67,5	110	187,5	225	340	500	850	1165	10500
2	8,7	34,8	78	127	216,5	260	392	577	981	1335	12200
6,0	15	60	135	220	375	450	680	1000	1700	2310	—

Конструктивное выполнение наиболее распространенного типа распылителей представлено на рис. 27.

Мощность, потребляемая насосом, будет равна:

$$N_{нас.} = \frac{Q_2 \gamma \times H}{75 \times \eta} \text{ л. с.},$$

где:

γ — удельный вес перекачиваемой жидкости;
 H — высота подачи воды в м вод. ст.;

η — коэффициент полезного действия центробежного насоса, равный 0,6—0,75.

Диаметр трубы, подводящей воду в скруббер:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_2}{\pi \times v \times 3600}} \text{ м},$$

где:

Q_2 — количество воды, расходуемой на охлаждение газа в м³;
 v — скорость воды в трубопроводе, принимаемая от 2 до 3 м/сек.

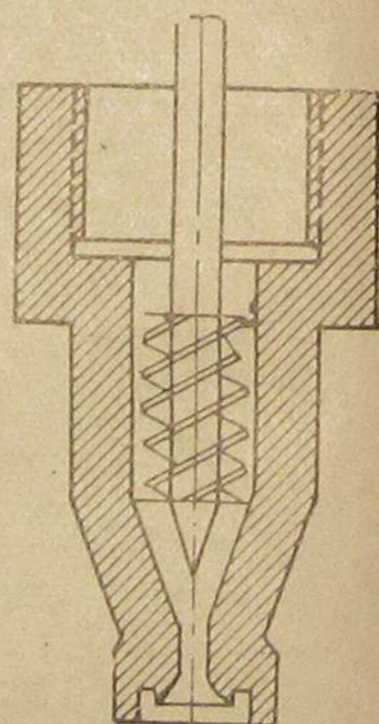


Рис. 27. Общий вид распылителя

ГЛАВА VI

ОЧИСТКА И ФИЛЬТРАЦИЯ ГАЗА

Необходимость применения очистительных устройств в генераторных установках промышленного и силового типов вызвана значительным содержанием пыли (2—60 г/м³) в газе. Практикой

эксплуатации генераторных установок определено, что количество пыли в охлажденном газе для паровых котлов, термических печей и т. п. не должно превышать 0,5 г/м³, а для силовых установок — 0,01—0,02 г/м³.

Тонкая очистка газа производится следующими способами:

1. Осаждением пыли в пылеуловителях-циклонах;
2. Промыванием газа в центробежных вентиляторах;
3. Фильтрацией газа в очистителях с большими очищающими поверхностями.

1. ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ-ЦИКЛОНЫ

Принцип работы циклона основан на уменьшении скорости и изменении направления потока проходящего через циклон газа.

На рис. 28 изображена конструкция циклона производительностью от 50 до 500 м³ газа в час. Газ поступает в циклон по патрубку 1, опускается вниз и через трубу 2 отводится к месту использования. Пыль осаждается в нижней части циклона 3 и по мере надобности удаляется через люк 4. Установленный внутри циклона усеченный конус 5 предназначен для задерживания осевшей пыли.

В табл. 23 приведены основные размеры циклонов производительностью от 50 до 500 м³ газа в час.

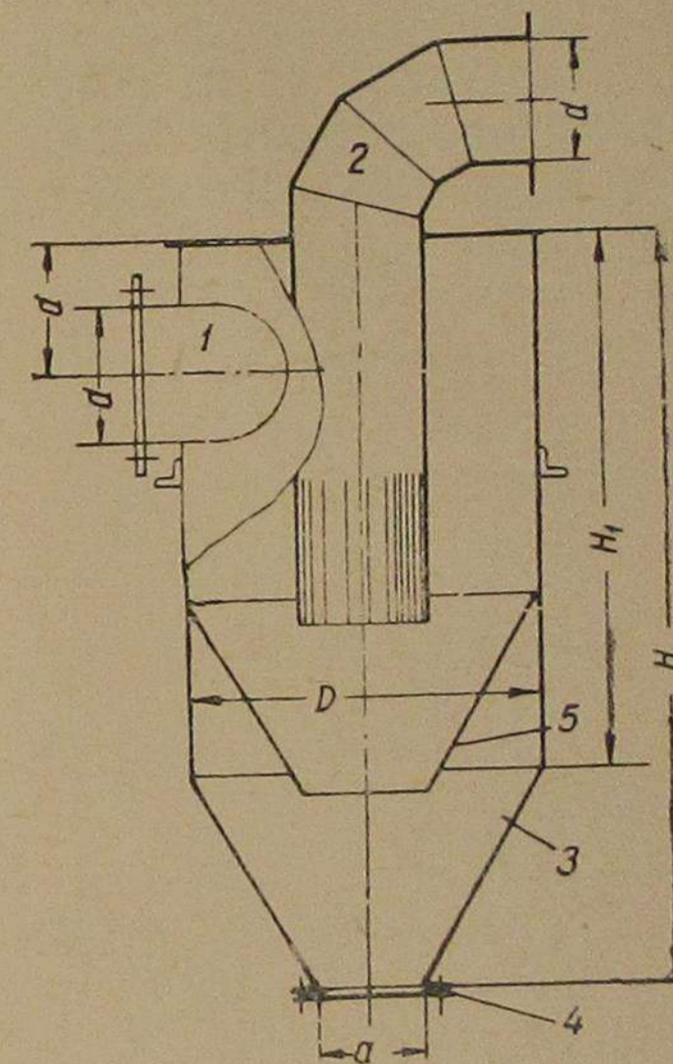


Рис. 28. Схематический чертеж циклона

Таблица 23*

Расход газа при 0° и 760 мм рт. ст. м ³ /час	Размеры циклонов в мм				
	D	H	H_1	d	a
50	225	600	450	100	50
100	325	700	500	150	75
150	400	800	550	175	100
200	460	880	590	200	115
250	510	960	620	200	130
350	600	1080	675	250	150
400	640	1120	700	300	165
450	680	1160	720	300	175
500	720	1200	740	300	185

* Игнатов А. Г., „Практическое руководство по переводу стационарных двигателей на газообразное топливо“, Наркомхоз, Москва, 1944.

Циклоны устанавливают непосредственно за газогенераторами, так как содержащаяся в охлажденном газе влага вызывает прилипание пыли к стенкам циклона.

Наибольшее применение циклоны получили в промышленных газогенераторных установках, работающих на несортированном топливе и снабжающих газом термические печи, паровые котлы и т. п.

2. ПРОМЫВАНИЕ ГАЗА

Для удаления из генераторного газа смолистых веществ и серы применяются центробежные вентиляторы специальной конструкции, в которые одновременно с газом подводится промывочная жидкость.

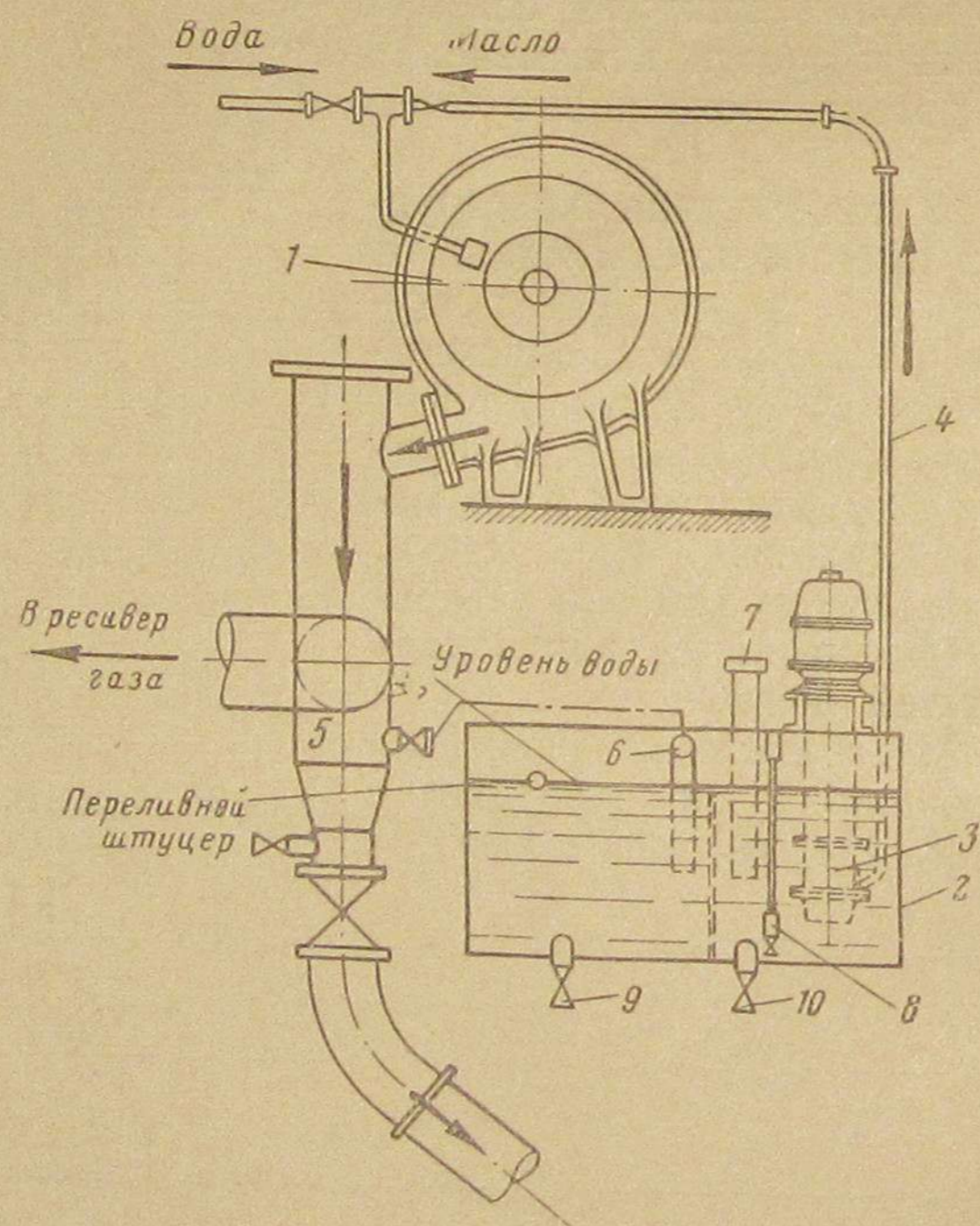


Рис. 29. Установка для промывания газа

Состав промывочной жидкости выбирается в зависимости от характера очистки газа.

Представленная на рис. 29 установка для промывания газа состоит из центробежного вентилятора (газодувка) 1, бака 2 для эмульсии минерального масла и насоса 3.

Принцип работы установки заключается в следующем.

Центробежный насос по трубе 4 подает из бака 2 эмульсию минерального масла во внутреннюю полость вентилятора, где она интенсивно перемешивается с газом.

Отработавшая эмульсия вместе с уловленными примесями смолы сливается в сборник 5 и по патрубку 6 направляется в первый отсек бака. В этом отсеке эмульсия отстаивается, в результате чего уловленные примеси выпадают на дно бака, а эмульсия переливается через переборку во второй отсек, из которого она при помощи насоса подается в центробежный вентилятор.

Бак заполняется эмульсией через патрубок 7 до определенного уровня, контролируемого по указательному стеклу 8.

В днище бака предусмотрены спускные трубки 9 и 10 для удаления скопившегося осадка и спуска отработавшей эмульсии.

В установках большой производительности для улавливания серы применяют водные растворы этаноламинов, как-то: диэтанол-амин и триэтанол-амин, обладающие свойствами, приведенными в табл. 24.

Таблица 24

Наименование показателей	Диэтанол-амин	Триэтанол-амин
Удельный вес при 15°C	1,124	1,095
Поглотительная способность объемов газа на 1 объем жидкости	90	126
Растворимость в воде	полная	полная
Температура замерзания °C	-25	-35
Теплота, выделяемая при поглощении, H ₂ S ккал	230	290

Необходимо отметить, что стоимость этаноламинов довольно высокая и для рентабельности их применения требуются установки для регенерации указанных химических продуктов.

3. ФИЛЬТРАЦИЯ ГАЗА

Тонкая очистка генераторного газа от механических примесей и влаги производится в фильтрах, очищающей средой в которых являются кокс, металлическая или древесная стружка, металлические или керамиковые кольца и тому подобные материалы с большими очищающими поверхностями.

На рис. 30 изображен фильтр тонкой очистки конструкции Саратовского механического завода к генераторной установке с двигателем мощностью 30 л. с. Фильтрующим материалом в данной конструкции служат металлические стружки, покрытые слоем масла.

Газ по патрубку 1 поступает в нижнюю часть фильтра, меняет свое направление, проходит слой стружек 2, лежащих на решетке 3, и далее, по трубе 4 отводится к смесителю двигателя.

На боковой поверхности корпуса фильтра находятся смотровые люки 5. Скопившийся в фильтре конденсат по патрубку 6 отводится в гидравлический затвор.

Стружка из фильтра вынимается через отверстие, закрываемое крышкой 7.

Фильтр тонкой очистки с насадкой из металлических колец представлен на рис. 31.

Генераторный газ по патрубку 1 поступает в нижнюю часть фильтра, последовательно проходит два слоя металлических колец и через газоотборный патрубок 2 отводится к смесителю двигателя. На боковой поверхности корпуса фильтра находятся люки 3 и 4 для загрузки и выгрузки металлических колец.

Нижний люк 5 предназначен для очистки поддона фильтра от скапливающейся в нем угольной мелочи и пыли.

Все три люка закрываются взаимозаменяемыми крышками, имеющими прокладки из водонепроницаемого картона. Для спуска конденсата, собирающегося в поддоне фильтра, предусмотрена дренажная труба 6.

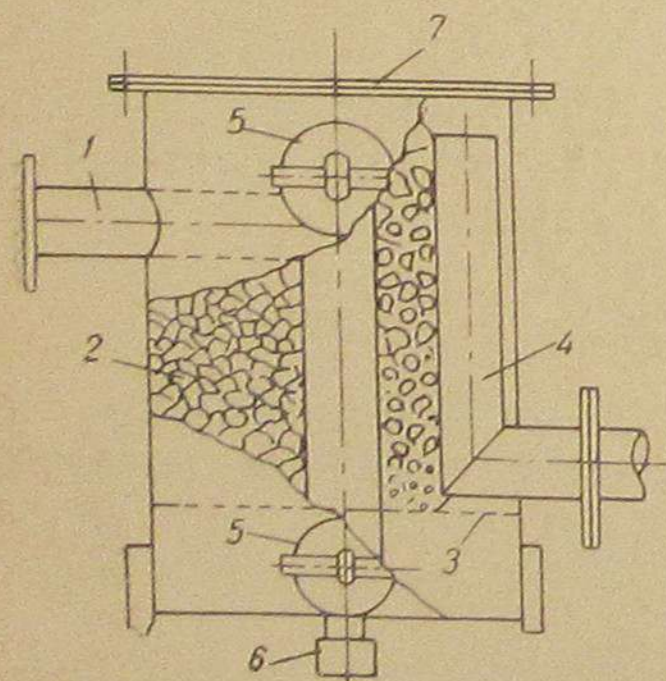


Рис. 30. Фильтр тонкой очистки конструкции Саратовского механического завода

Фильтр данной конструкции предназначен для газогенераторной установки к двигателю мощностью 150 л. с. Габаритные размеры фильтра тонкой очистки с насадкой из металлических колец могут быть определены следующим образом.

Например: температура поступающего в фильтр газа $t_2 = 30^\circ \text{C}$.

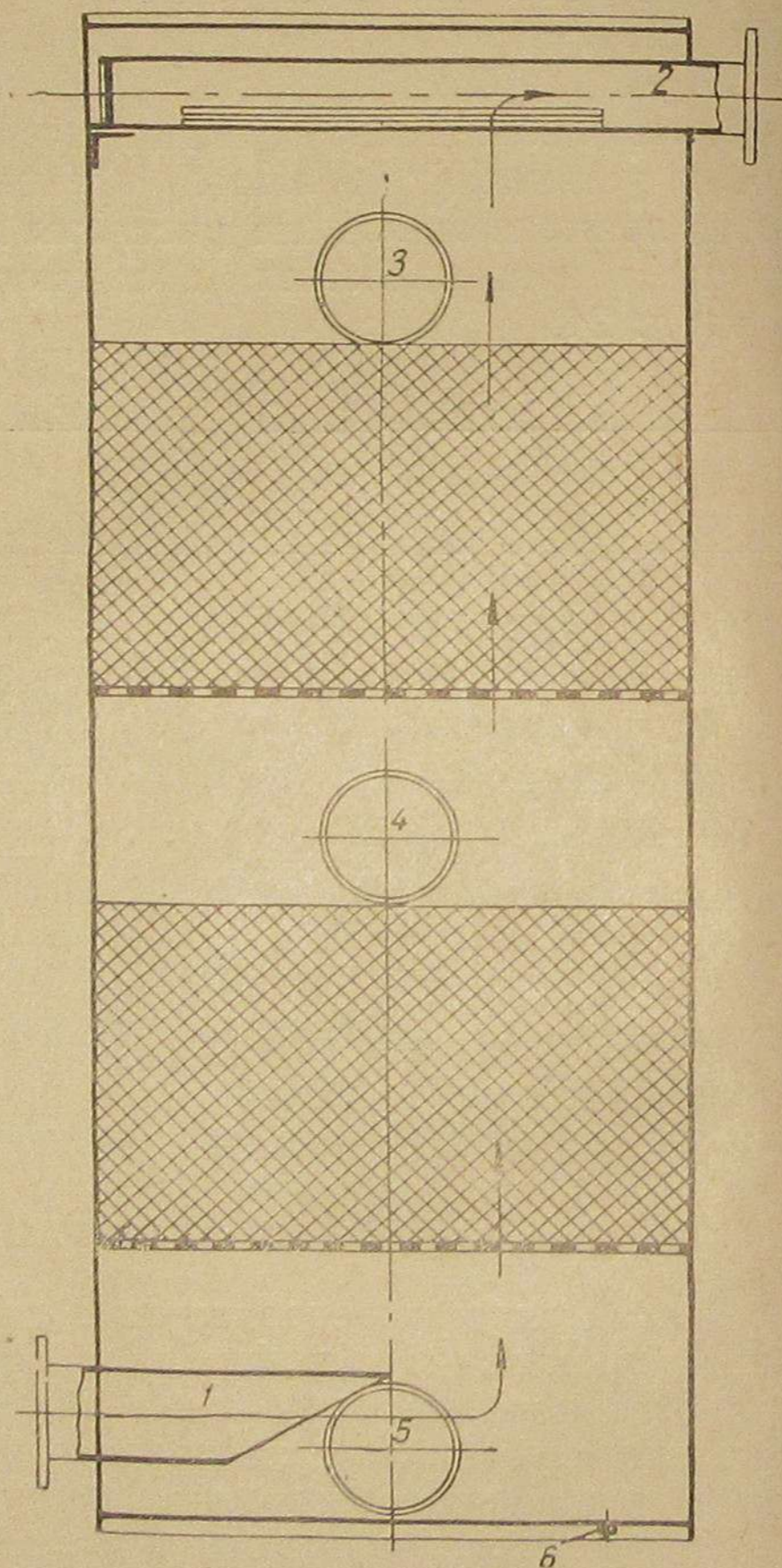


Рис. 31. Фильтр тонкой очистки с насадкой из металлических колец

Влагосодержание газа $W_2 = 0,046 \text{ кг/м}^3$.

Часовой расход сухого газа $V_2^c = 90 \text{ нм}^3/\text{час}$.

Количество выделившегося конденсата определяется из формулы:

$$W_k = W_2 - W_n \text{ г/м}^3,$$

где W_n — содержание насыщенного водяного пара в газе, в г/м^3 при данной температуре, определяемое по табл. 25.

Таблица 25*

Температура $^\circ\text{C}$	Парциальное давление водяного пара в мм рт. ст.	Количество пара г/м^3 газа при 0°C и 760 мм рт. ст.	
		влажного газа	сухого газа
20	17,5	18,5	19,0
22	19,8	21,0	21,5
24	22,4	23,7	24,4
26	25,2	26,7	27,6
28	28,3	30,0	31,1
30	31,8	33,6	35,1
32	35,7	37,7	39,6
34	39,9	42,2	44,5
36	44,6	47,1	50,1
38	49,7	52,5	56,2
40	55,3	58,5	63,1
42	61,5	65,0	70,8
44	68,3	72,0	79,3
46	75,7	80,0	88,8
48	83,7	88,5	99,5
50	92,5	97,8	111,0
52	102,1	108,0	125,0
54	112,5	119,0	140,0
56	123,8	131,0	156,0
58	136,1	144,0	175,0
60	149,4	158,0	197,0

* Справочник, Газогенераторные тракторы и автомобили, Сельхозгиз Москва, 1943.

Подставляя числовое значение W_n в формулу, получим:

$$W_k = 46 - 35,1 = 10,9 \text{ г/нм}^3.$$

При данном количестве выделившегося конденсата принимаем коэффициент очистки η_{ou} , равным 30%.

Из диаграммы, изображенной на рис. 32, при $\eta_{ou} = 30\%$ высота слоя металлических колец составит 800 мм.

Учитывая удобство расположения загрузочного и выгребного люков, высоту газового пространства над слоем металлических колец и под ним принимаем по 150 мм.

Тогда общая высота фильтра H составит:

$$H = 150 + 800 + 150 = 1100 \text{ мм}.$$

Диаметр фильтра определится по формуле

$$D_{\phi} = 1,88 \sqrt{\frac{V_z^c}{v_{\phi}}}$$

где v_{ϕ} — скорость газа в фильтре, равная 0,5 м/сек.

Тогда

$$D_{\phi} = 1,88 \sqrt{\frac{90}{0,5}} = 421 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_{\phi} = 450 \text{ мм.}$

4. ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для тонкой очистки газа применяются материалы с большими очищающими поверхностями, как-то: древесная и металлическая стружка, кенаф, металлические и керамиковые кольца, кокс и т. п.

Древесная стружка, употребляемая для набивки фильтров тонкой очистки, изготавливается на предприятиях таро-упаковочной промышленности. Длина волокна стружки составляет от 1 до 1,5 м, а толщина — 0,3—0,5 мм.

Металлическая стружка получается при чистовой обработке стальных деталей.

Для набивки в фильтры применяются волокна металлической стружки длиной 800—1000 мм и поперечным сечением от 0,05 до 0,25 мм².

Кенаф — волокно, светлосерого цвета, с толщиной 14—32 микрон, добывается из стеблей однолетнего травянистого растения.

Металлические кольца изготавливаются из листовой стали толщиной от 0,5 до 0,8 мм. Металлические кольца применяются различных размеров в зависимости от производительности скруббера и фильтра тонкой очистки (см. табл. 21).

Керамические кольца изготавливаются предприятиями Министерства химической промышленности из специальной массы, применяемой для кислотоупорных изделий.

Для придания прочности и гладкой поверхности керамическим кольцам их подвергают обжигу и покрывают глазурью. Размеры керамических колец и их поверхность на 1 м³ объема приведены в табл. 21.

Кокс, как материал для фильтров тонкой очистки, применяется сравнительно редко и получил большее распространение в скрубберах и комбинированных очистителях.

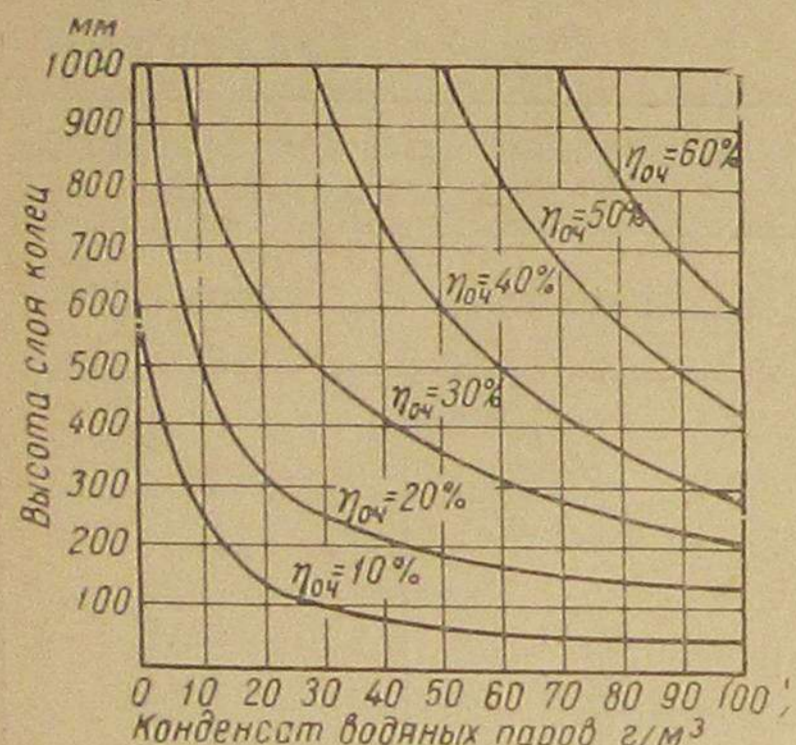


Рис. 32. График зависимости коэффициента очистки от высоты слоя металлических колец

Рис. 32. График зависимости коэффициента очистки от высоты слоя металлических колец

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ

Перевод двигателей внутреннего сгорания на газообразное топливо связан с дополнительным оборудованием их смесительными и регулирующими устройствами для подачи газа и воздуха.

В настоящее время практически освоено переоборудование на газ четырехтактных карбюраторных двигателей, калоризаторных двигателей, четырехтактных дизелей и предкамерных дизелей со струйным распыливанием топлива.

1. ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Переоборудование карбюраторных двигателей на питание генераторным газом сопровождается значительной потерей мощности, развиваемой двигателем на жидком топливе.

Падение мощности в карбюраторном двигателе при работе его на генераторном газе вызывается пониженной теплотворной спо-

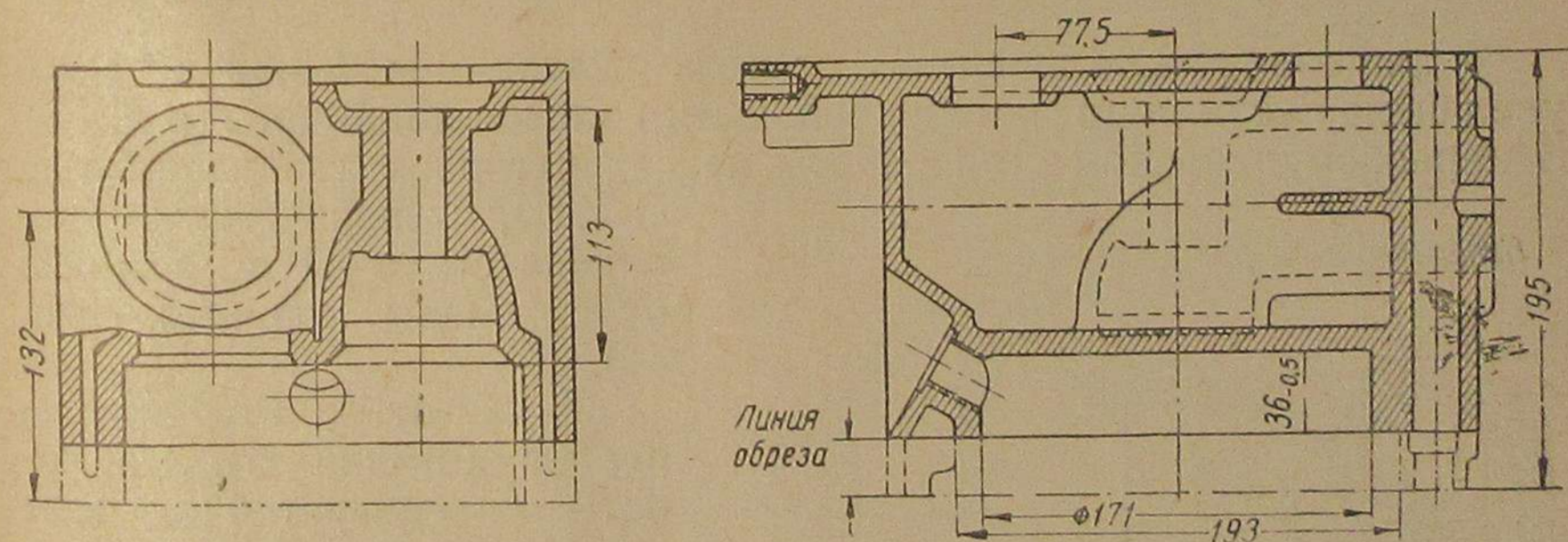


Рис. 33. Головка цилиндра двигателя „Сталинец—60“

собностью газозоудной смеси (530—550 кал/м³) по сравнению с рабочей смесью бензина и воздуха, составляющей ~ 800 кал/м³. Кроме этого, снижение начального давления всасывания, вызываемое дополнительными сопротивлениями во всасывающей системе, приводит к уменьшению коэффициента наполнения цилиндров.

Частичная компенсация мощности в переводимых на газ карбюраторных двигателях в зависимости от их конструкции может быть получена в результате:

- 1) увеличения общего литража двигателя путем расточки цилиндров;
- 2) изменения формы камеры сгорания и увеличения сечения всасывающего коллектора;
- 3) применения наддува;
- 4) увеличения степени сжатия.

Наиболее распространенным методом компенсации мощности переоборудованного на генераторный газ карбюраторного двигателя явля-

ется увеличение термического к. п. д. η_t путем повышения степени сжатия.

Повышение степени сжатия в зависимости от конструкции и типа двигателя может быть произведено различными методами.

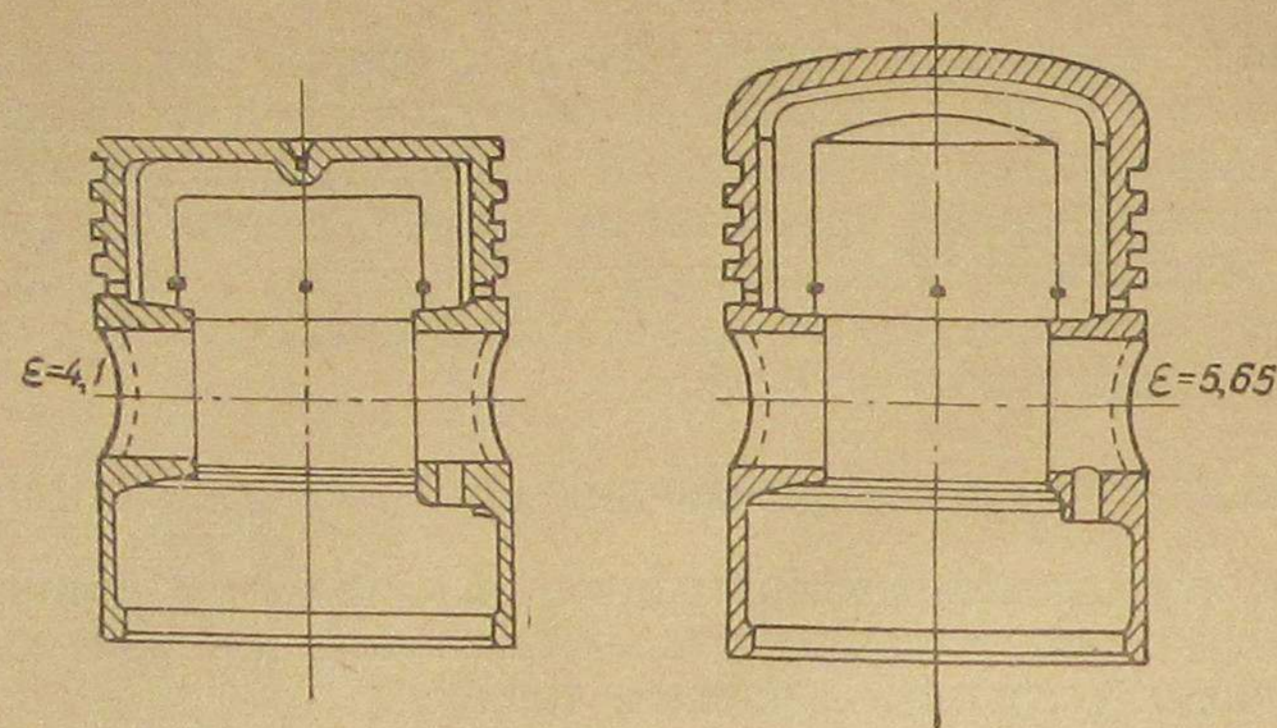


Рис. 34 Поршни двигателя С-ХТЗ

В двигателе «Сталинец-60» степень сжатия с $\epsilon = 3,86$ до $\epsilon = 6$ увеличена путем подрезки нижней части головок цилиндров (рис. 33). В переоборудованном для работы на генераторном газе двигателя С-ХТЗ, степень сжатия увеличена с $\epsilon = 4,1$ до $\epsilon = 5,65$ путем смены поршней (рис. 34).

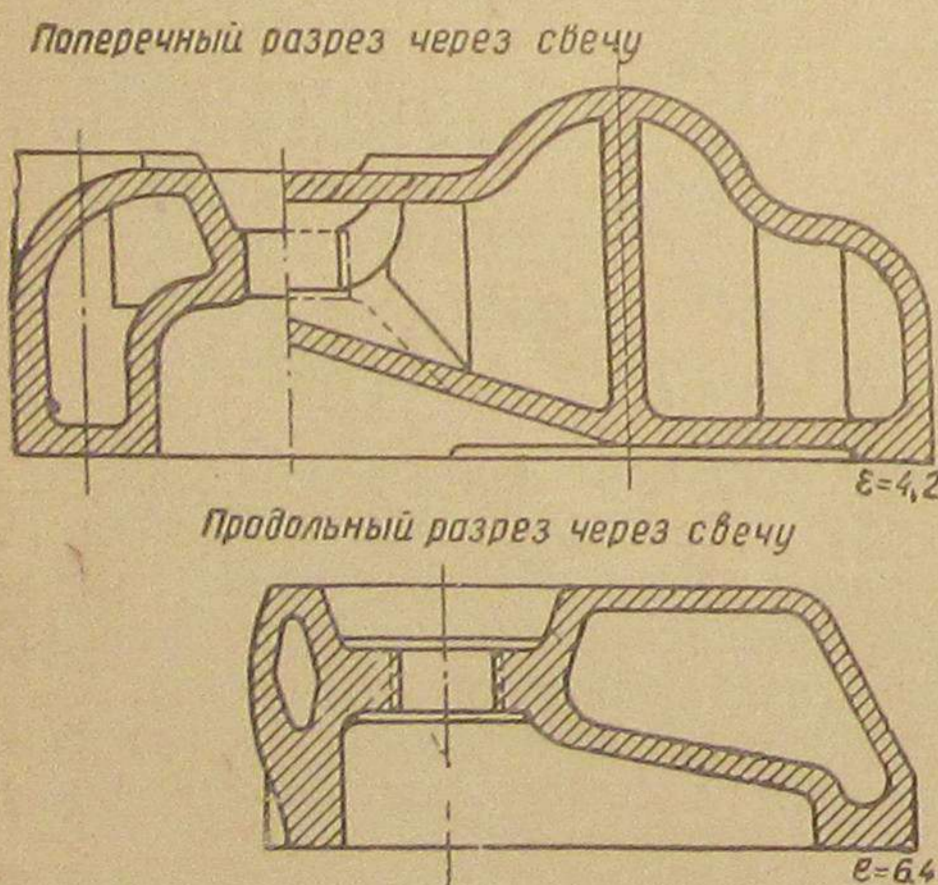


Рис. 35. Крышка цилиндра двигателя ГАЗ

У двигателя ГАЗ при переоборудовании его для работы на генераторном газе степень сжатия была увеличена с $\epsilon = 4,2$ до $\epsilon = 6,4$ путем отливки новой крышки цилиндров с измененной формой камер сгорания (рис. 35).

Необходимо отметить, что резкое повышение степени сжатия в карбюраторном двигателе при работе его на генераторном газе, сопровождается возрастанием давления вспышки, увеличением жесткости работы и термической перегрузкой свечей.

Поэтому в газовых двигателях с электрическим зажиганием рабочей смеси степень сжатия обычно принимается в пределах $\epsilon = 6-7$ и в редких случаях $\epsilon = 8-8,5$.

Существенным недостатком конвертированных на генераторный газ карбюраторных двигателей является пониженная их мощность,

так как среднее эффективное давление, развиваемое двигателем на газе, меньше давления при работе его на жидком топливе.

Основные показатели карбюраторного двигателя при работе его на генераторном газе могут быть определены нижеследующим приближенным тепловым расчетом.

Приближенный тепловой расчет карбюраторного двигателя при работе на генераторном газе

Принимаемые данные:

1. Техническая характеристика двигателя
Тип двигателя: автомобильный, четырехтактный двигатель марки ЗИС-21.

Максимальная мощность (на бензине)	$N_6 = 73$ л. с.
Число оборотов при максимальной мощности	$n = 2400$ об/мин.
Диаметр цилиндра	$D = 101,6$ мм
Ход поршня	$S = 114,3$ мм
Число цилиндров	$i = 6$
Степень сжатия	$\epsilon = 7$
Эффективный к. п. д.	$\eta_e = 0,197$
Коэффициент наполнения цилиндра	$\eta_v = 0,7$
Механический к. п. д.	$\eta_m = 0,67$

2. Состав и теплотворная способность газа (в процентах)

$CO_2 = 11,9$	$H_2 = 14,6$
$O_2 = 0,5$	$CH_4 = 2,0$
$CO = 19,0$	$N_2 = 52,0$

$$Q_c^n = 1130 \text{ кал/лм}^3.$$

Объем, описываемый поршнем, составляет

$$V = \frac{\pi D^2}{4} S = 0,785 \times 0,1016^3 \times 0,1143 = 0,00092 \text{ м}^3.$$

Теоретический объем смеси, засасываемой в цилиндры двигателя в течение часа:

$$V_0 = V \frac{n}{2} 60 \times i = 0,00092 \frac{2400}{2} 60 \times 6 = 397 \text{ м}^3.$$

Действительный объем смеси, засасываемой в течение часа

$$V_1 = V_0 \cdot \eta_v = 397 \times 0,7 = 278 \text{ м}^3.$$

Необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ газа:

$$L_b = \alpha \frac{1}{0,21} [0,5 (CO + H_2) + 2 CH_4 - O_2] = 1,0 \frac{1}{0,21} [0,5 (0,19 + 0,146) + 2 \times 0,02 - 0,005] = 1,05 \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{\text{м}^3 \text{ газа}},$$

где α — коэффициент избытка воздуха, равный 1,0 — 1,05.

Теплотворная способность газозвушной смеси

$$Q_{см} = \frac{Q_c^H}{1 + L_b} = \frac{1130}{1 + 1,05} = 551 \text{ кал/нм}^3.$$

Количество тепла, поступающее в двигатель, в течение часа:

$$Q = Q_{см} \times V_1 = 551 \times 278 = 153178 \text{ кал/час.}$$

Эффективная мощность двигателя при данном количестве поступающего тепла:

$$N_{ez} = \frac{Q}{632,3} \eta_e = \frac{153178}{632,3} 0,197 = 47 \text{ л. с.}$$

Индикаторная мощность:

$$N_{iz} = \frac{N_{ez}}{\eta_m} = \frac{47}{0,67} \cong 70 \text{ л. с.}$$

Среднее эффективное давление

$$p_e = \frac{N_{ez} \times 120 \times 75 \times 4}{\pi D^2 \times S n i} = \frac{47 \times 120 \times 75 \times 4}{3,14 \times 10,16^2 \times 1,1143 \times 2400 \times 6} = 3,18 \text{ кгсм}^2.$$

Среднее индикаторное давление:

$$p_i = \frac{p_e}{\eta_m} = \frac{3,18}{0,67} = 4,74 \text{ кг/см}^2.$$

Расход генераторного газа на 1 л. с. в час:

$$G_z = \frac{Q}{Q_c^H N_{ez}} = \frac{152737}{1130 \times 47} = 2,87 \frac{\text{м}^3}{\text{эл. с. час.}}$$

Количество газа, потребляемое двигателем в течение часа:

$$G'_z = G_z \times N_{ez} = 2,87 \times 47 = 135 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Падение мощности при переводе двигателя на газ:

$$100 \left(1 - \frac{N_{ez}}{N_{\sigma}} \right) = 100 \left(1 - \frac{47}{73} \right) = 35,7\%.$$

2. ПЕРЕБОРУДОВАНИЕ КАЛОРИЗАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Перевод калоризаторного четырехтактного двигателя на генераторный газ однопипен с переоборудованием карбюраторного двигателя и в основном сводится к нижеследующему.

Степень сжатия (ϵ) повышается до 6,0—7,5 путем установки новой крышки цилиндра или увеличения толщины прокладок в нижней головке шатуна или увеличения длины поршня.

Рабочая смесь готовится в смесителе газа, причем дроссельная заслонка газозвушной смеси блокируется с регулятором двигателя.

Калоризатор демонтируется и смесь воспламеняется от электрического зажигания, для чего на двигателе устанавливаются магнето и приборы зажигания.

Двухтактные калоризаторные двигатели с кривошипно-камерной продувкой переоборудуются на генераторный газ следующим образом:

а) степень сжатия и способ воспламенения рабочей смеси остаются без изменения;

б) на воздухоподводящем окне устанавливают смеситель газа; в) крышку картера оборудуют предохранительным клапаном, назначение которого—гасить взрывную волну при возможных вспышках газозвушной смеси в кривошипной камере.

Подобный способ переоборудования позволяет эксплуатировать двигатель как на жидком, так и на газообразном топливе. Однако недостаточная температура калоризатора при малых нагрузках (при работе двигателя на генераторном газе) исключает возможность применения двигателей, переоборудованных по данному способу для установок с переменным режимом работы.

В настоящее время Саратовский механический завод изготавливает газовые двигатели 2ГД $\frac{18,0}{20,0}$ мощностью 30 л. с. с электрическим зажиганием рабочей смеси.

3. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПЕРЕБОРУДУЕМОГО ДЛЯ РАБОТЫ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

При переоборудовании на генераторный газ карбюраторных и четырехтактных калоризаторных двигателей для восстановления мощности увеличивают степень сжатия.

При увеличении степени сжатия нагрузка на детали двигателя возрастает, в результате чего проверка на прочность таких деталей, как поршень, поршневой палец, шатун, коленчатый вал, рамовые и мотылевые подшипники является необходимой.

Ниже приводится пример поверочного расчета карбюраторного двигателя марки АСХ-ГЗ, конвертированного на газообразное топливо.

Техническая характеристика двигателя

1. Мощность на жидком топливе	$N_e = 30$ л. с.
2. Диаметр цилиндра	$D = 115$ мм
3. Ход поршня	$S = 152$ "
4. Число цилиндров	$i = 4$
5. Число оборотов	$n = 1000$ об/мин
6. Степень сжатия при работе на жидком топливе	$\epsilon = 4,1$

Расчет поршня (рис. 36)

1. Степень сжатия при работе на генераторном газе	$\epsilon = 5,65$
2. Давление вспышки (при $\epsilon = 5,65$)	$p_z = 24$ кг/см ²

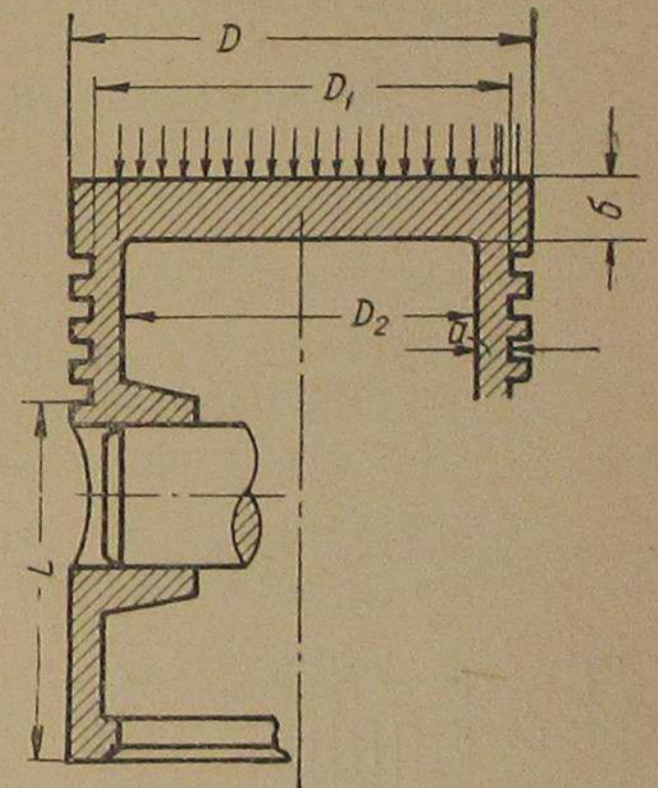


Рис. 36. Поршень двигателя

- | | |
|--|---|
| 3. Длина направляющей части поршня (за вычетом головки) | $L = 118$ мм |
| 4. Диаметр поршня в кольцевом сечении | $D_1 = 104$ мм |
| 5. Внутренний диаметр поршня в кольцевом сечении | $D_2 = 96$ мм |
| 6. Внутренний радиус поршня | $r_1 = 48$ мм |
| 7. Толщина днища поршня | $\delta = 7$ мм |
| 8. Толщина стенки поршня в кольцевом сечении | $a = 4,6$ мм |
| 9. Площадь поршня | $F = \frac{\pi D^2}{4} = 103,6$ см ² |
| 10. Металл для отливки поршня | чугун |
| 11. Теплотворная способность газовой смеси (принимается) | $Q = 550$ кал/м ³ |

Максимальное нормальное усилие:

$$N_{\max} = 0,1 \frac{\pi D^2}{4} P_z = 0,1 \times 0,785 \times 11,5^2 \times 24 = 250 \text{ кг.}$$

Удельное давление направляющей части поршня на стенку цилиндра:

$$K = \frac{N_{\max}}{D \times L} = \frac{250}{11,5 \times 11,8} = 1,8 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое удельное давление: $K = 2,5 - 3,5$ кг/см².

Суммарное напряжение в днище поршня от механических усилий и тепловой нагрузки:

$$K \cong \left(\frac{r_1}{\sigma}\right)^2 P_z + \frac{Q \times \sigma}{550 \times F} = \frac{4,8^2}{0,7} 24 + \frac{550 \times 0,7}{550 \times 103,6} = 1225 \text{ кг/см}^2,$$

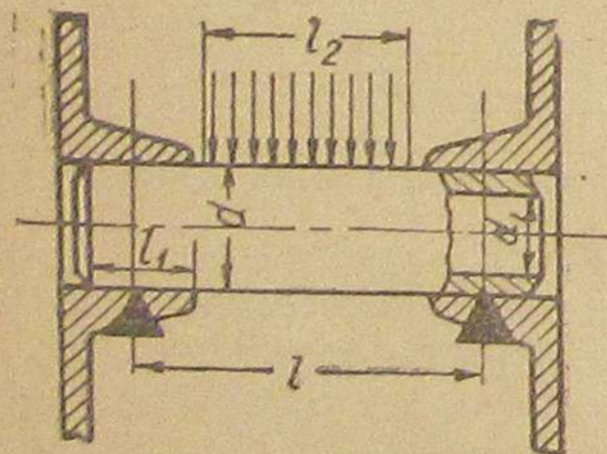


Рис. 37. Поршневой палец

для чугуна $K \leq 1300 - 2000$ кг/см².

Для алюминиевых поршней:

$$K \cong \left(\frac{r_1}{\sigma}\right)^2 P_z + \frac{Q \times \sigma}{1400 \times F} \text{ кг/см}^2,$$

для алюминия $K \leq 650 - 800$ кг/см².

Напряжение сжатия в кольцевом сечении поршня:

$$K_1 = \frac{4 \times F \times P_z}{\pi (D_1^2 - D_2^2)} = \frac{4 \times 103,6 \times 24}{3,14 (10,4^2 - 9,6^2)} \cong 199 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое значение $K_1 = 250$ кг/см².

Расчет поршневого пальца (рис. 37)

- | | |
|--|---------------|
| 1. Расстояние между опорами | $l = 71$ мм |
| 2. Наружный диаметр пальца | $d = 38$ мм |
| 3. Внутренний диаметр пальца | $d_1 = 23$ мм |
| 4. Длина бобышки поршня | $l_1 = 23$ мм |
| 5. Длина вкладыша в верхней головке шатуна | $l_2 = 48$ мм |
| 6. Материал для отливки вкладыша | бронза |
| 7. Тип пальца | плавающий |

Наибольшее удельное давление в период пуска двигателя:

$$K = \frac{F \times P_z}{d \times l_2} = \frac{103,6 \times 24}{3,8 \times 4,8} = 136 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое удельное давление для бронзовых вкладышей: $K \leq 120 - 150$ кг/см².

Момент, изгибающий палец:

$$M_{изг} = \frac{F \times P_z}{4} \left(l - \frac{l_2}{2}\right) = \frac{103,6 \times 24}{4} \left(7,1 - \frac{4,8}{2}\right) \cong 2928 \text{ кгсм.}$$

Момент сопротивления для пустотелого пальца:

$$W = \frac{\pi (d^3 - d_1^3)}{32} = \frac{3,14 (3,8^3 - 2,3^3)}{32} = 4,26 \text{ см}^3.$$

Напряжение в пальце от изгиба:

$$K = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{2928}{4,26} = 688 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое напряжение: $K \leq 600 - 700$ кг/см².

Максимальное удельное давление в бобышках поршня:

$$K = \frac{F \times P_z}{2 \times 0,75 \times d \times l_1} = \frac{103,6 \times 24}{2 \times 0,75 \times 3,8 \times 2,3} = 192 \text{ кг/см}^2,$$

где 0,75 — коэффициент уменьшения площади соприкосновения бобышки с пальцем при его изгибе.

Значение $K \leq 300$ кг/см².

Расчет шатуна (рис. 38)

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Длина шатуна | $L_1 = 330$ мм |
| 2. Длина верхней головки шатуна | $l_2 = 48$ " |
| 3. Среднее сечение шатуна | $H = 37$ " |
| | $h = 25$ " |
| | $B = 20$ " |
| | $\frac{b}{2} = 8$ " |
| 4. Материал для изготовления шатуна | сталь |

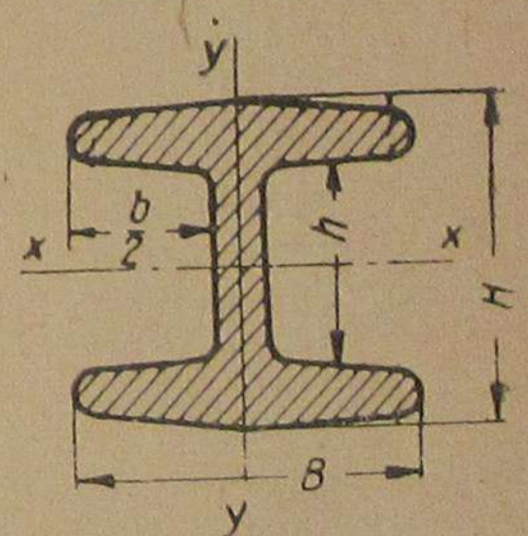


Рис. 38. Шатун

Площадь среднего сечения шатуна:

$$f = H \times B - h \times b = 3,7 \times 2,0 - 1,6 \times 2,5 = 3,4 \text{ см}^2.$$

Напряжение сжатия шатуна:

$$K_{сж} = \frac{F \times P_z}{f} = \frac{103,6 \times 24}{3,4} = 732 \text{ кг/см}^2.$$

$K_{сж} \cong 550 - 750$ кг/см² — для тихоходных двигателей;

$K_{сж} \cong 750 - 1200$ кг/см² — для быстроходных двигателей.

Критическое напряжение от продольного изгиба:

$$K_{кр} = \left(3350 - 6,2 \frac{L_1}{\rho}\right) = \left(3350 - 6,2 \frac{3,3}{0,488}\right) = 3308 \text{ кг/см}^2,$$

где ρ — меньшее значение радиуса инерции $= \sqrt{\frac{I_y}{f}} = \sqrt{\frac{0,813}{3,4}} = 0,488$ см.

Критическая нагрузка

$$P_{кр} = K_{кр} \times f = 3308 \times 3,4 = 11247 \text{ кг.}$$

Коэффициент надежности шатуна:

$$\varphi = \frac{P_{кр}}{F \cdot P_z} = \frac{11247}{103,6 \times 24} \approx 4,5,$$

$\varphi = 4 - 6,5$ — для тихоходных двигателей;

$\varphi = 3,0 - 4,5$ — для быстроходных двигателей.

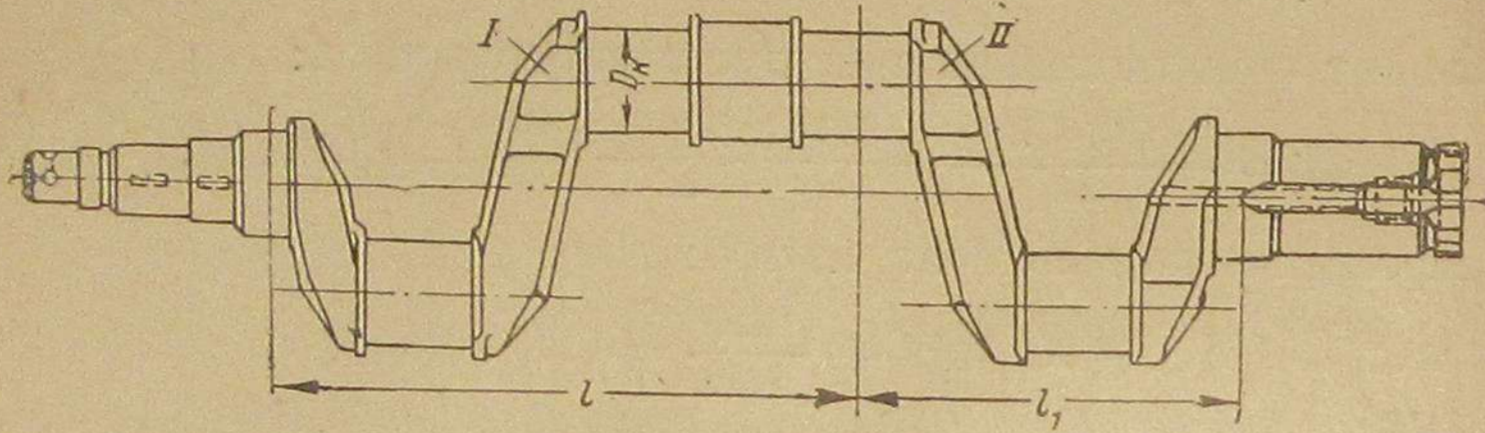


Рис. 39. Коленчатый вал

Расчет коленчатого вала (рис. 39)

- | | |
|---|--|
| 1. Диаметр коленчатого вала | $D_k = 73 \text{ мм}$ |
| 2. Расстояние от середины передней опоры до середины шейки третьего цилиндра | $l = 420 \text{ "}$ |
| 3. Расстояние от середины задней опоры до середины шейки третьего цилиндра | $l_1 = 270 \text{ "}$ |
| 4. Среднее сечение щеки | $\left\{ \begin{array}{l} b = 49 \text{ "} \\ h_a = 108 \text{ "} \end{array} \right.$ |
| 5. Расстояние от задней опоры до середины щеки II в сечении у шейки четвертого цилиндра | $a = 180 \text{ "}$ |
| 6. Расстояние от середины задней опоры до середины щеки II | $a_1 = 190 \text{ "}$ |

Проверочный расчет коленчатого вала производим при положении поршня третьего цилиндра в ВМТ и для положения, соответствующего максимальному значению тангенциальной силы.

А. Положение в ВМТ

Изгибающий момент:

$$M_{изг} = \frac{F \times P_z \times l \times l_1}{l + l_1} = \frac{103,6 \times 24 \times 42 \times 27}{42 + 27} = 37254 \text{ кгсм.}$$

Напряжение изгиба:

$$K_{изг} = \frac{M_{изг}}{0,1 \times D_k^3} = \frac{37154}{0,1 \times 7,3^3} = 957 \text{ кг/см}^2,$$

$$K_{изг} \leq 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Момент, изгибающий щеку II:

$$M_{изг'} = \frac{F \times P_z \times l \times a_1}{l + l_1} = \frac{103,6 \times 24 \times 42 \times 19}{42 + 27} = 28751 \text{ кгсм.}$$

Момент сопротивления изгибу в середине щеки II:

$$W = \frac{h_a \times b^2}{6} = \frac{10,8 \times 4,9^2}{6} \approx 43,2 \text{ см}^3,$$

где:

$$h_a = 108 \text{ мм};$$

$$b = 49 \text{ мм (щека для расчета принята прямоугольной формы).}$$

Напряжение от изгиба:

$$K_{изг} = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{28751}{43,2} \approx 665 \text{ кг/см}^2, \quad K_{изг} \leq 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Б. Положение кривошипа, соответствующее максимальному значению тангенциальной силы

Сила, действующая по шатуну:

$$P_t = 0,65 \times F \times P_z = 0,65 \times 103,6 \times 24 = 1616 \text{ кг.}$$

Сила, действующая по касательной:

$$T = 0,40 \times F \times P_z = 0,40 \times 103,6 \times 24 = 996 \text{ кг.}$$

Радиальная сила:

$$Z = 0,50 \times F \times P_z = 0,50 \times 103,6 \times 24 = 1243 \text{ кг.}$$

Момент, изгибающий шейку кривошипа от силы P_t :

$$M_{изг} = \frac{P_t \times l \times l_1}{l + l_1} = \frac{1616 \times 42 \times 27}{42 + 27} = 26559 \text{ кгсм.}$$

Напряжение изгиба:

$$K_{изг} = \frac{M_{изг}}{0,1 D_k^3} = \frac{26559}{0,1 \times 7,3^3} = 682 \text{ кг/см}^2.$$

Момент, скручивающий шейку от силы T :

$$M_{кр} = \frac{T \times l_1 \times r}{l + l_1} = \frac{994 \times 27 \times 7,6}{42 + 27} = 2953 \text{ кгсм,}$$

где $r = 0,5 \times S = 76 \text{ мм}$.

Напряжение кручения:

$$K_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2 \times D_k^3} = \frac{2953}{0,2 \times 7,3^3} \approx 38 \text{ кг/см}^2.$$

Момент, изгибающий щеку II от силы T в сечении около четвертой шатунной шейки:

$$M_{изг1} = \frac{T \times l}{l + l_1} (r - 0,5 D_k) + T \times r = \frac{994 \times 42}{42 + 27} (7,6 - 0,5 \times 7,3) + 994 \times 7,6 \approx 9954 \text{ кгсм.}$$

Напряжение изгиба:

$$K_{изг1} = \frac{M_{изг1}}{W} = \frac{M_{изг1} \times 6}{b \times h^2} = \frac{9954 \times 6}{4,9 \times 10,8^2} \approx 104 \text{ кг/см}^2.$$

Момент, изгибающий щеку II от силы Z , в этом же сечении:

$$M_{изг2} = \frac{Z \times l \times a}{l + l_1} = \frac{1243 \times 42 \times 18,0}{42 + 27} \approx 13618 \text{ кгсм.}$$

Напряжение изгиба:

$$K_{изг 2} = \frac{M_{изг 2}}{W} = \frac{M_{изг 2} \times 6}{b^2 \times h} = \frac{13618 \times 6}{4,9^2 \times 10,8} \cong 343 \text{ кг/см}^2.$$

Момент, скручивающий щеку II в этом же сечении:

$$M_{кр} = \frac{T \times l \times a}{l + l_1} = \frac{994 \times 42 \times 18,0}{42 + 27} \cong 10891 \text{ кгсм.}$$

Напряжение кручения в середине узкой стороны щеки II:

$$K_{кр 1} = \frac{9 \times M_{кр}}{2 \times b h^2} = \frac{9 \times 10891}{2 \times 4,9 \times 10,8^2} \cong 86 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжение кручения в середине широкой стороны щеки II:

$$K_{кр 2} = \frac{9 \times M_{кр}}{2 \times b^2 \times h} = \frac{9 \times 10891}{2 \times 4,9^2 \times 10,8} \cong 206 \text{ кг/см}^2.$$

Результирующие напряжения:

$$K_{изг} + K_{кр} = 682 + 38 = 720 \text{ кг/см}^2$$

$$K_{изг 1} + K_{изг 2} = 104 + 343 = 447 \text{ „}$$

$$K_{изг 1} + K_{кр 1} = 104 + 86 = 190 \text{ „}$$

$$K_{изг 2} + K_{кр 2} = 343 + 206 = 549 \text{ „}$$

Максимальное удельное давление на рамовые и мотылевые подшипники

$$K_{макс} = \frac{P_{макс}}{L \times D_k} = \frac{103,6 \times 24}{7,6 \times 7,3} = 45 \text{ кг/см}^2,$$

где:

$P_{макс}$ — максимальная нагрузка на вкладыши, равная $F \times P_z$;

L — длина вкладыша, равная 76 мм;

D_k — диаметр коленчатого вала, равный 73 мм.

Значение $K_{макс}$ составляет: *

$K_{макс} = 70 - 90 \text{ кг/см}^2$ — для рамовых подшипников тихоходных двигателей,

$K_{макс} = 90 - 120 \text{ „}$ — для мотылевых подшипников тихоходных двигателей,

$K_{макс} = 110 - 160 \text{ „}$ — для рамовых подшипников быстроходных двигателей,

$K_{макс} = 120 - 170 \text{ „}$ — для мотылевых подшипников быстроходных двигателей.

4. ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ

Переоборудование дизелей

Четырехтактные дизели переоборудуются для работы на генераторном газе путем переделки их на газовые двигатели с электрическим зажиганием газовой смеси или путем воспламенения

* А. Г. Игнатов, Перевод нефтяных двигателей на газообразное топливо, Госэнергоиздат, Москва, 1949.

ния рабочей смеси газа и воздуха небольшим количеством жидкого топлива, вводимого форсункой в цилиндр двигателя.

Переоборудование дизелей для работы на генераторном газе путем их переделки на газовые двигатели с электрическим зажиганием рабочей смеси не получило широкого распространения ввиду следующих обстоятельств:

1) уменьшение степени сжатия до $\epsilon = 7 - 8,5$ связано с укорочением поршней, сменой крышек цилиндров или установкой прокладок между крышками цилиндров и цилиндрами;

2) установка системы электрического зажигания сопряжена с демонтажем топливной аппаратуры, из-за чего исключается возможность работы двигателя на жидком топливе;

3) пониженная мощность и экономичность двигателя по сравнению с его работой на жидком топливе.

Переоборудование дизелей для работы на генераторном газе с применением жидкого топлива для воспламенения газовой смеси является наиболее рациональным благодаря следующим преимуществам:

1) не требуется переоборудовать топливную аппаратуру, вследствие чего двигатель может работать как на газообразном, так и на жидком топливе;

2) высокая степень сжатия уменьшает расход тепла и дает повышенное среднее эффективное давление $P_e = 5 - 6 \text{ кг/см}^2$ по сравнению с $P_e = 4 - 4,5 \text{ кг/см}^2$ для двигателей, оборудованных электрическим зажиганием рабочей смеси;

3) температура процесса и расход тепла при полной нагрузке у конвертированного по газожидкостному циклу дизеля ниже, чем у двигателей с низким сжатием рабочей смеси.

Переоборудуемый на газ дизель так же, как и двигатель с электрическим зажиганием рабочей смеси оборудуется смесительными и регулирующими устройствами для подачи газа и воздуха. Газовоздушная смесь поступает в цилиндры дизеля так же, как в двигатели низкого сжатия, с той лишь разницей, что эта смесь сжимается до высокого давления.

Из-за высокой степени сжатия (12—14) введенное в цилиндры двигателя жидкое топливо воспламеняется и вызывает воспламенение газовой смеси. Самовоспламенение газовой смеси исключается, так как при степени сжатия $\epsilon = 12 - 14$ температура ее воспламенения выше температуры воспламенения жидкого топлива.

Кроме этого, высокое давление сжатия не допускает наличия в цилиндрах двигателя несгоревших частиц топлива, которые могли бы быть причиной преждевременной вспышки. Расход жидкого топлива для воспламенения газовой смеси при полной нагрузке двигателя составляет 12—18%.

Двухтактные дизели в зависимости от их конструктивного выполнения могут быть переоборудованы на генераторный газ путем переоборудования продувочного насоса на подачу газовой смеси или установки компрессора для нагнетания газа в камеру сгорания и газовых клапанов на крышках цилиндров.

Переоборудование двухтактных дизелей на газ с использованием продувочного насоса для подачи газозвушной смеси в цилиндры двигателя вызывает в них большие тепловые нагрузки и связано с потерями газа при продувке на 20—35%.

Подача газа в цилиндры двухтактного дизеля при помощи специального компрессора и установки цилиндрических крышек, снабженных газовыми клапанами, устраняет увеличенный расход газа, но требует значительных переделок двигателя и материальных затрат. Указанные обстоятельства затрудняют перевод двухтактных дизелей на газообразное топливо, и переоборудование их на генераторный газ производится в редких случаях.

Подача жидкого топлива в форсунки для воспламенения газозвушной смеси может производиться:

- 1) дополнительно установленным топливным насосом уменьшенной производительности, заблокированным с основным насосом;
- 2) основным топливным насосом, отрегулированным на малую подачу.

Первый способ подачи жидкого топлива является наиболее совершенным, так как он позволяет быстро перевести дизель с газообразного топлива на жидкое и обратно, что особенно важно для судовых реверсивных дизелей.

Расход жидкого топлива в зависимости от диаметра цилиндра дизеля и подачи топливного насоса составляет 10—40 гр. на э. л. с. час.

Переоборудование предкамерных дизелей на газообразное топливо, кроме оснастки их смесительными и регулирующими устройствами для подачи газа и воздуха, сопряжено с конструктивным изменением формы камеры сжатия и частичной переделки топливной системы.

Эффективное сгорание газозвушной смеси в цилиндрах дизеля происходит в том случае, когда в камере сгорания нет перегородки (предкамеры) и мертвых углов.

Наличие предкамеры ухудшает работу дизеля на газе из-за:

- 1) плохого воспламенения газозвушной смеси, так как отсутствует свободный проход жидкого топлива;
- 2) перегрева перегородки (стакана) предкамеры, вызывающего преждевременные вспышки газовой смеси;
- 3) плохой продувки предкамеры, затрудняющей удаление из цилиндров двигателя выхлопных газов.

Поэтому при переводе предкамерного дизеля на газообразное топливо перегородка (стакан), разделяющая объемы предкамеры и камеры сжатия, должна быть демонтирована.

На рис. 40 представлен разрез верхней части цилиндра двигателя 6ГСЧ $\frac{28,5}{45,0}$ с переделанной предкамерой.

Канал предкамеры 1 закрыт форсункой 2, впрыскивающей топливо непосредственно в цилиндр двигателя. Для сохранения необходимого объема камеры сжатия под крышку цилиндра установлено металлическое кольцо 3.

Переоборудование дизелей с вихревыми камерами сгорания на генераторный газ по газожидкостному циклу весьма трудоемко и связано со значительными переделками крышек цилиндров.

Опытными данными установлено, что при вихревой камере сгорания воспламенение газозвушной смеси путем впрыска жидкого топлива происходит неудовлетворительно. Поэтому с целью

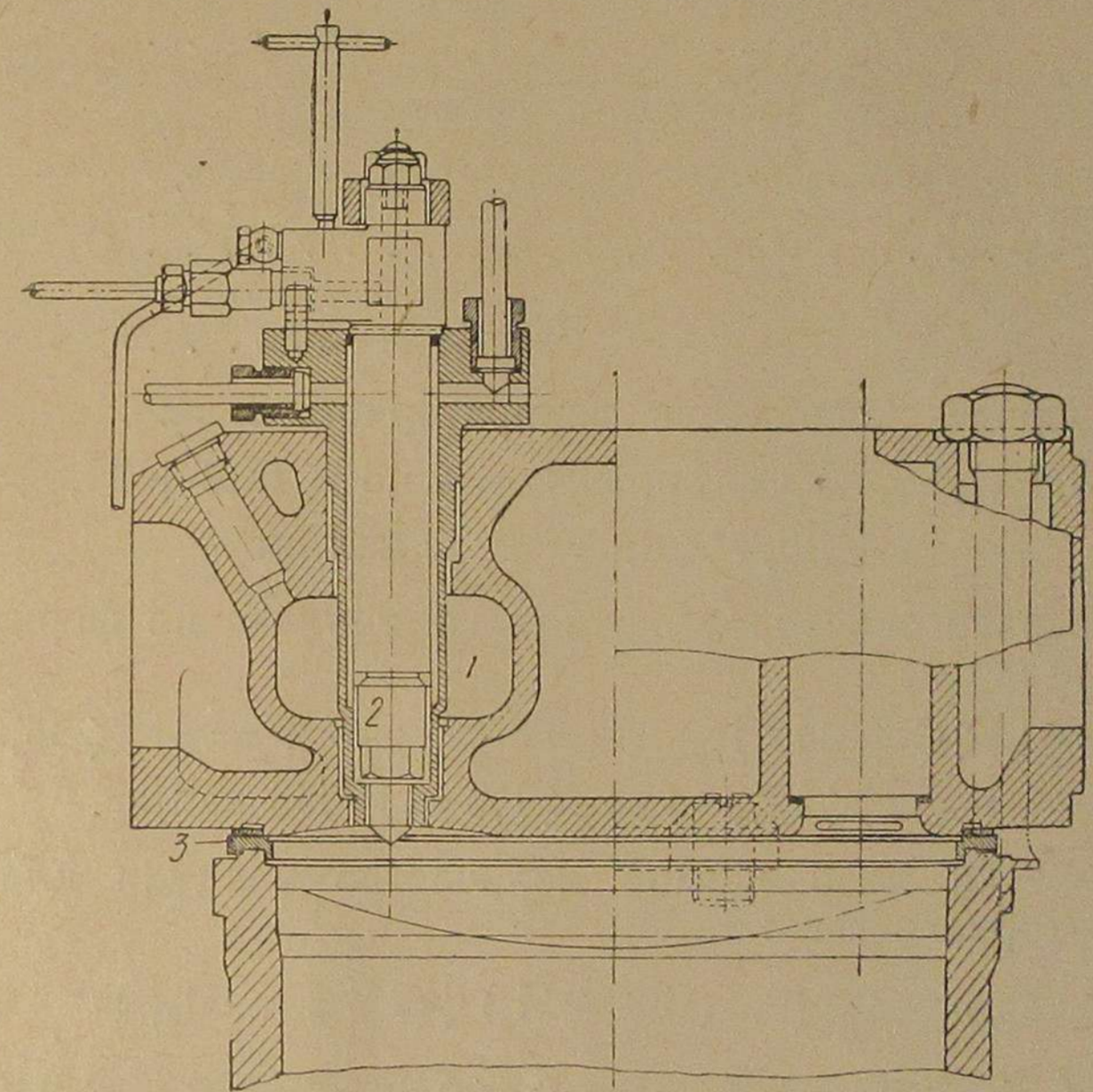


Рис. 40. Переделанная предкамера двигателя 6ГСЧ $\frac{28,5}{45,0}$

получения формы камеры сгорания аналогичной форме дизелей со струйным распыливанием жидкого топлива в камере сжатия устанавливаются фасонные прокладки или отливаются новые крышки цилиндров.

В большинстве случаев дизели с вихревыми камерами сгорания переводят на газообразное топливо путем переоборудования их на газовые двигатели с электрическим зажиганием рабочей смеси.

5. ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ, ПЕРЕОБОРУДОВАННОГО ДЛЯ РАБОТЫ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ ПО ГАЗОЖИДКОСТНОМУ ЦИКЛУ

1. Тип — стационарный, четырехтактный, бескомпрессорный дизель простого действия, марки 6БК-43:

Эффективная мощность	$N_e = 300$ л. с.
Диаметр цилиндра	$D = 290$ мм
Ход поршня	$S = 430$ мм
Число цилиндров	$i = 6$
Число оборотов	$n = 300$ об/мин.
Степень сжатия	$\epsilon = 13$
Максимальное давление сгорания	$P_e = 50$ кг/см ²

2. Состав генераторного газа в % по объему:

Окись углерода	CO = 27,0
Водород	H ₂ = 14,2
Метан	CH ₄ = 0,6
Кислород	O ₂ = 0,2
Углекислота	CO ₂ = 6,0
Азот	N ₂ = 52,0
Итого	100,0

3. Состав жидкого топлива в % по весу:

Углерод	C = 86,5
Водород	H = 12,3
Кислород	O = 1,2
Итого	100,0

Теплотворная способность генераторного газа:

$$Q_c^* = 25,8H_2 + 30,5CO + 85,3CH_4 = 25,8 \times 14,2 + 30,5 \times 27,0 + 85,3 \times 0,6 = 1250 \text{ кал/м}^3.$$

Теплотворная способность жидкого топлива по формуле проф.

Д. И. Менделеева:

$$Q_p^* = 81 \times C + 246H - 26(O - S) - 6W = 81 \times 86,5 + 246 \times 12,3 - 26 \times 1,2 = 10060 \text{ кал/кг.}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ генераторного газа:

$$L_{o.z.} = \frac{1}{21} [0,5(CO + H_2) + 2CH_4 - O_2] = \frac{1}{21} [0,5(27,0 + 14,2) + 2 \times 0,6 - 0,2] = 1,03 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Теоретический расход воздуха для сгорания 1 кг жидкого топлива:

$$L_{o.z.} = \frac{1}{21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{21} \left(\frac{86,5}{12} + \frac{12,3}{4} - \frac{1,2}{32} \right) = 0,49 \text{ мол/кг.}$$

Теоретически необходимое количество воздуха, вводимого на 1 м³ генераторного газа для сгорания присадки жидкого топлива:

$$L'_{o.z.} = 22,4 \times L_{o.z.} \times g_{ж} \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Расход жидкого топлива для данной размерности цилиндров двигателя по данным МЗТУ им. Баумана принимаем $b_{ж} = 15\%$ от общего количества тепла, вводимого в цилиндры обоими видами топлива.

Тогда

$$g_{ж} = \frac{b_{ж}}{100 - b_x} \times \frac{Q_c^*}{Q_p^*} = \frac{15}{100 - 15} \times \frac{1250}{10060} = 0,0213 \text{ кг/м}^3.$$

Подставляя в формулу числовые значения $L_{o.z.}$ и $g_{ж}$, получаем:

$$L'_{o.z.} = 22,4 \times 0,49 \times 0,0213 = 0,224 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Коэффициент избытка воздуха для рабочей смеси генераторного газа и жидкого топлива:

$$\alpha = \frac{\alpha_2 \times L_{o.z.}}{L_{o.z.} + L'_{o.z.}} = \frac{1,5 \times 1,03}{1,03 + 0,224} = 1,25,$$

где α_2 — коэффициент избытка воздуха рабочей смеси из генераторного газа, равный 1,5.

Продукты сгорания 1 м³ генераторного газа с присадкой жидкого топлива:

углекислота

$$M' = 0,01 (CO + CO_2 + CH_4 + 22,4 \frac{C}{12} \times g_{ж}) =$$

$$= 0,01 (27,0 + 6,0 + 22,4 \frac{86,5}{12} \times 0,0213) = 0,370 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

кислород

$$M'' = 0,21 (\alpha - 1) \alpha_2 \times L_{o.z.} = 0,21 (1,25 - 1) 1,5 \times 1,03 = 0,082 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

азот

$$M''' = 0,01 (79 \times \alpha_2 \times L_{o.z.} + N_2) = 0,01 (79 \times 1,5 \times 1,03 + 52,0) = 1,75 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

водяной пар

$$M'''' = 0,01 (H_2 + 2CH_4 + 22,4 + \frac{H}{2} \times g_{ж}) =$$

$$= 0,01 (14,2 + 2 \times 0,6 + 22,4 + \frac{12,3}{2} \times 0,0213) = 0,155 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Общее количество влажных продуктов сгорания

$$M = M' + M'' + M''' + M'''' = 0,370 + 0,082 + 1,75 + 0,155 = 2,36 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Химический коэффициент молекулярного изменения:

$$\mu_0 = \frac{M}{1 + \alpha_2 \cdot L_{o.z.}} = \frac{2,36}{1 + 1,5 \times 1,03} = 0,923.$$

Температура смеси в начале сжатия:

$$T_a = \frac{\varepsilon \times T'_a}{\varepsilon - \frac{p_r}{p_a} \left(1 - \frac{T_0}{T_r} \right)} \text{ } ^\circ\text{K,}$$

принимаем:

$p_a = 0,85 \text{ кг/см}^2$ — давление в начале сжатия;

$T_0 = 293^\circ\text{K}$ — температура окружающей среды;

$T'_a = 318^\circ\text{K}$ — температура рабочей смеси;

$p_r = 1,1 \text{ кг/см}^2$ — давление остаточных газов.

$T_r = 850^\circ\text{K}$ — температура остаточных газов;

Подставляя в формулу числовые значения, получаем T_a равной:

$$T_a = \frac{13 \times 318}{13 - \frac{1,1}{0,85} \left(1 - \frac{293}{850}\right)} = 341^\circ \text{ К.}$$

Коэффициент остаточных газов:

$$\gamma = \frac{p_r \times T_a}{\varepsilon \times p_a \times T_r - p_r \times T_a} = \frac{1,1 \times 341}{13 \times 0,85 \times 850 - 1,1 \times 341} = 0,042.$$

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_0 \times T_0}{p_0 (T_a + \gamma \times T_r)} = \frac{13}{13 - 1} \cdot \frac{1 \times 293}{1 (318 + 0,042 \times 850)} = 0,89$$

Таблица 26

Тип двигателя	η_v
Стационарные двигатели:	
а) тихоходные	0,90—0,85
б) быстроходные	0,80—0,75
Автомобильные двигатели:	
а) тихоходные	0,85—0,80
б) быстроходные	0,75—0,70

и лежит в пределах рекомендуемых величин η_v , приведенных в табл. 26.

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \times \varepsilon^{n_1 - 1}$$

принимая показатель политропы сжатия n_1 из табл. 27 равным 1,375.

Таблица 27

Тип двигателя	n_1
Четырехтактные компрессорные и бескомпрессорные дизели с неохлаждаемыми поршнями	1,33—1,38
Четырехтактные газовые двигатели низкого сжатия	1,32—1,35

Подставляя в формулу значения T_a , ε и n_1 , получаем T_c равной

$$T_c = 341 \times 13^{1,375 - 1} = 880^\circ \text{ К.}$$

Полученная $T_c = 880^\circ \text{ К}$ лежит в пределах величин, обусловленных табл. 28.

Таблица 28

Тип двигателя	T_c °К
Компрессорные дизели	770—870
Бескомпрессорные дизели	740—900
Газовые двигатели низкого сжатия	620—770

Давление в конце сжатия

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,85 \times 13^{1,375} = 28 \text{ ата}$$

и не превышает величин p_c , приведенных в табл. 29.

Таблица 29

Тип двигателя	p_c ата
Компрессорные дизели	32—38
Бескомпрессорные дизели	28—40
Газовые двигатели низкого сжатия	от 7 до 12—14

Действительный коэффициент молекулярного изменения:

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma}{1 + \gamma} = \frac{0,923 + 0,042}{1 + 0,042} = 0,92.$$

Степень повышения давления:

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c} = \frac{50}{28} = 1,78.$$

Температура в конце сжатия

$$T_z = \frac{\zeta (Q_c^n + Q_p^n \times g_{ж})}{(1 + a_2 + L_{o.z.}) (1 + \gamma) \mu} + \frac{mc_v^c + 1,985 \times \lambda}{\mu} T_c = (6,612 + 1,985) T_c,$$

где:

mc_v^c — молекулярная теплоемкость заряда цилиндра при постоянном объеме, в конце процесса сжатия равная для данного случая 4,63 кал/мол.;

mc_p^z — молекулярная теплоемкость заряда цилиндра при постоянном давлении в конце процесса сгорания, равная для данного случая 6,612 кал/мол.;

ζ — коэффициент видимого выделения тепла принимаем из табл. 30 равным 0,85.

Таблица 30

Тип двигателя	ζ
Четырехтактные компрессорные дизели	0,85—0,87
„ бескомпрессорные дизели	0,84—0,87
Газовые двигатели низкого сжатия	0,82—0,87
„ „ высокого сжатия	0,85—0,90

Подставляя числовые значения в формулу, получаем T_z равной

$$\frac{0,85 (1250 + 10060 \times 0,0213) 22,4}{(1 + 1,5 \times 1,03) (1 + 0,042) 0,92} + \frac{4,63 + 1,985 \times 1,78}{0,92} 880 = (6,612 + 1,985) T_z.$$

Откуда $T_z = 2260^\circ \text{ К}$.

Со стороны выхлопного коллектора на двигателе установлен смеситель газа, представленный на рис. 41.

Газ и воздух подводятся к смесителю отдельно, причем воздух поступает в смеситель по патрубку 1, а газ — по патрубку 2.

Полученная в камере смешения 3 рабочая смесь по патрубку 4 отводится в газовый коллектор и далее в цилиндры двигателя. Количество газа, поступающего в смеситель, регулируется автоматически путем подъема или опускания клапана 5, рукояткой 6, связанной с регулятором двигателя.

Количество воздуха регулируется с поста управления двигателя рукояткой 7. При передвижении рукоятки 7 полый цилиндр 8 перемещается вдоль своей оси, вследствие чего изменяется площадь сечения воздушных прозоров 9.

Пуск двигателя производится сжатым воздухом, для чего крышки четвертого, пятого и шестого цилиндров оборудованы пусковыми клапанами.

Развиваемая двигателем мощность на газе при 530 об/мин. составляет 150 л. с.

Переоборудование четырехтактного дизеля 6СЧ $\frac{32,0}{45,0}$ (грузовой газозлектроход «Опытный») для работы на генераторном газе проведена путем переделки его на газовый двигатель с электрическим зажиганием рабочей смеси. В соответствии с этим степень сжатия выбрана равной 8,5.

Топливный насос и форсунки демонтированы и заменены системой электрического зажигания, состоящей из магнето высокого напряжения и электрозапальных свечей.

Привод магнето производится от специального валика. В центре крышки каждого цилиндра установлено по одной свече.

Всасывающий коллектор двигателя заменен отдельными патрубками, разделенными переборками на изолированные один от другого каналы. Верхний канал предназначен для подвода газа к крышке цилиндра, через нижний канал поступает воздух, необходимый для приготовления рабочей смеси.

Двигатель имеет смесительное устройство, изображенное на рис. 42.

Газ и воздух по отдельным трубопроводам подводятся к патрубкам 1 крышек цилиндров.

Количество воздуха, поступающего в патрубки 1, регулируется с поста управления двигателем системой тяг и рычагов, позволяющей изменять величину открытия воздушных заслонок 2 одновременно для всех цилиндров.

Количество газа, подводимого в верхнюю полость патрубков 1, регулируется с поста управления двигателем путем изменения величины открытия газовых заслонок 3.

Прекращение доступа газа к патрубкам 1 производится при помощи заслонки 4, установленной в газопроводе 5.

Рабочую газозвоздушную смесь готовят непосредственно в цилиндрах двигателя. Для этой цели на штоке всасывающего кла-

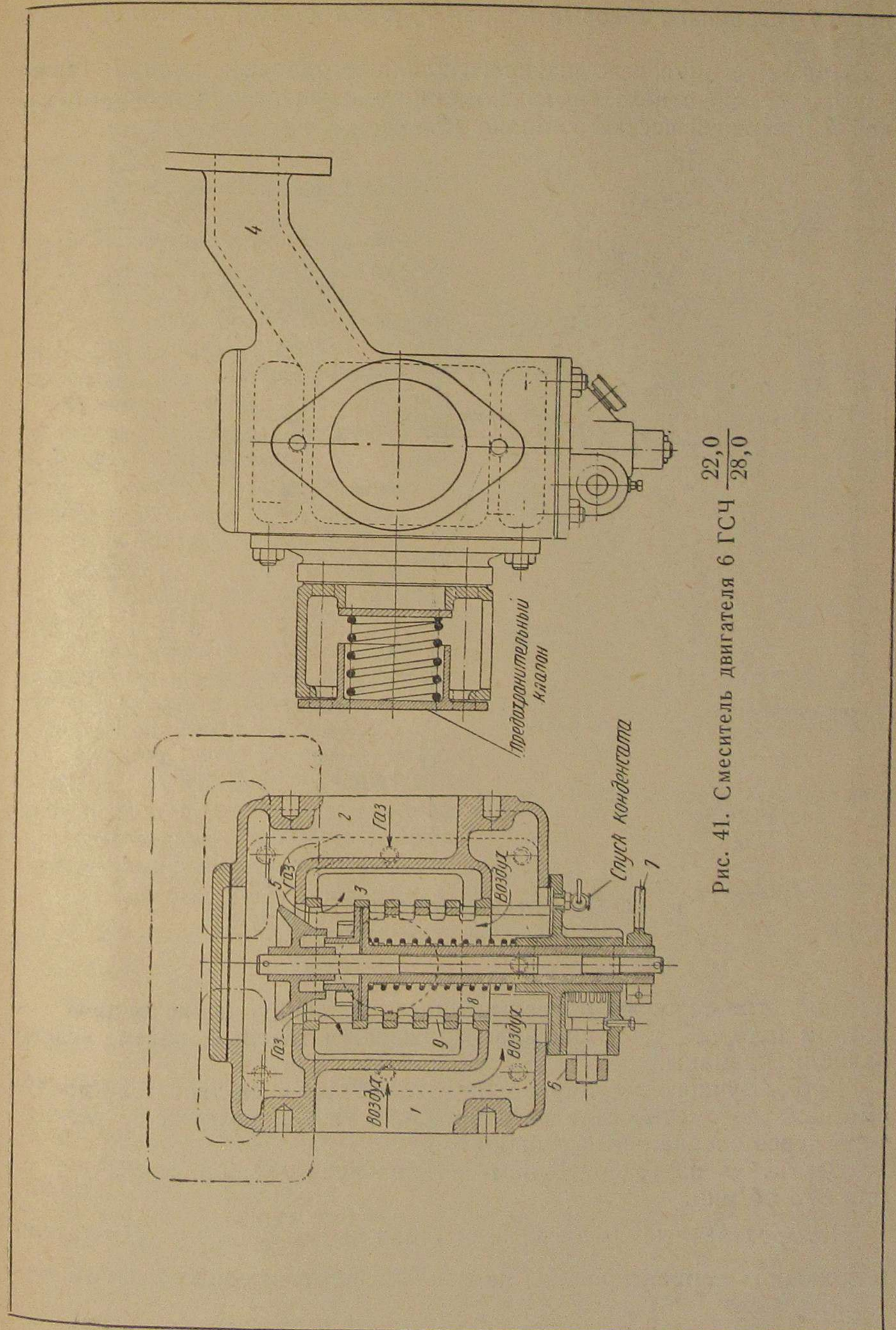


Рис. 41. Смеситель двигателя 6 ГСЧ $\frac{22,0}{28,0}$

пана 6 установлен газовый клапан 7, к которому по каналу 8 подведен газ.

При опускании всасывающего клапана газовый клапан также опускается, но с некоторым опозданием из-за зазора между втулкой 9 и верхней частью клапана 10.

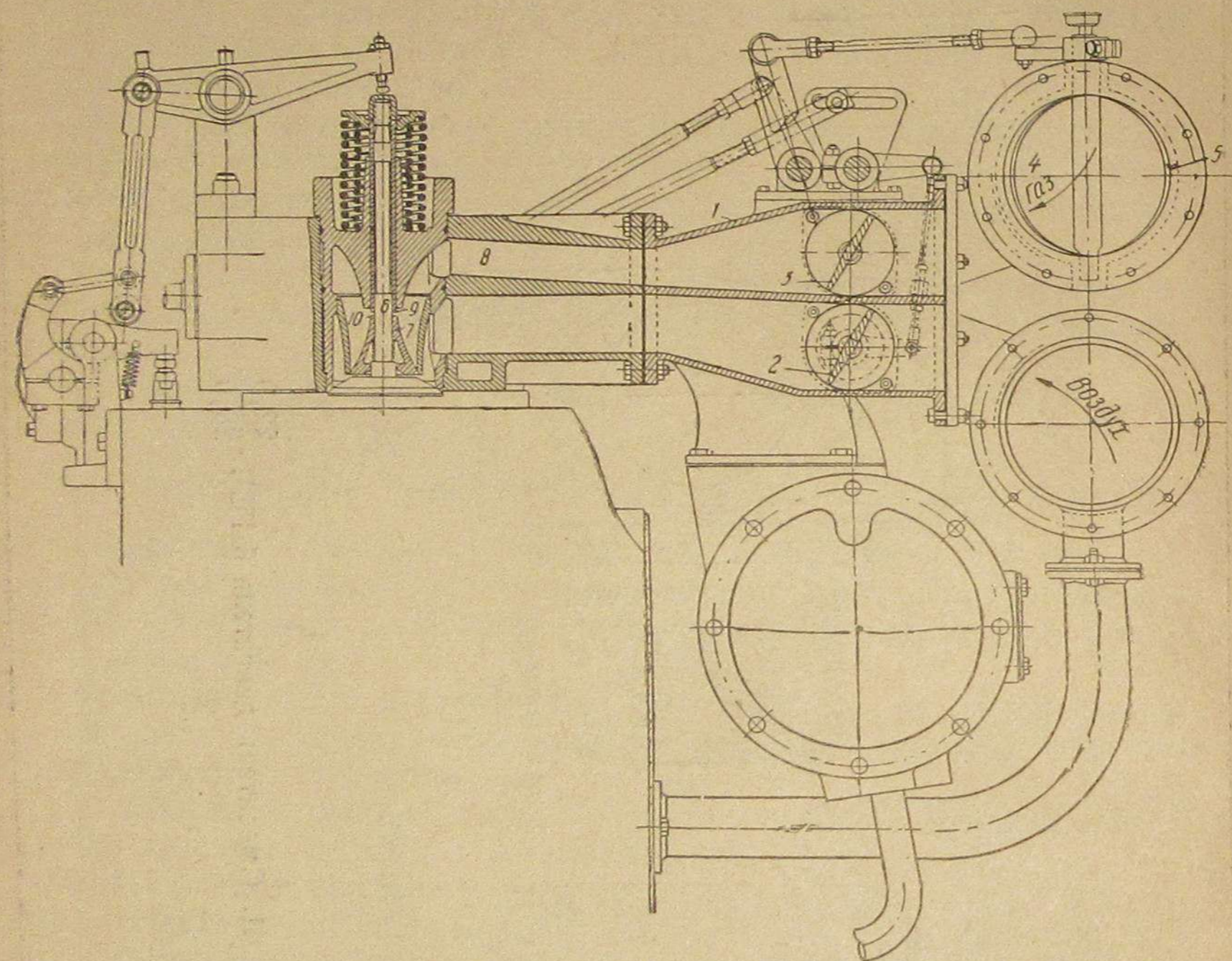


Рис. 42. Смеситель двигателя 6 ГСЧ $\frac{32,0}{45,0}$

Закрывание газового и всасывающего клапанов происходит в обратном порядке, т. е. сначала закрывается газовый, затем всасывающий клапаны.

Кроме ручного регулирования газовой смеси на двигателе предусмотрено автоматическое регулирование газа и воздуха от регулятора через специальный сервомотор.

Двигатель на генераторном газе развивает мощность 375 л. с. при 375 об/мин.

Четырехтактные газовые двигатели ВГ $\frac{42,5}{60,0}$ з-д «Двигатель революции» спроектированы на базе бескомпрессорных дизелей марок 4Ч $\frac{42,5}{60,0}$ и 6Ч $\frac{42,5}{60,0}$.

В дизели указанных марок были внесены нижеследующие конструктивные изменения:

1) степень сжатия снижена до 7—8 в результате установки новых поршней с плоской головкой и имеющих уменьшенную высоту;

2) установлен газоздушный коллектор;

3) установлены новые крышки цилиндров с увеличенным сечением всасывающего канала.

На крышках расположено по две электрозапальные свечи, причем одна свеча установлена вместо форсунки, а вторая вместо предохранительного клапана;

4) установлены всасывающие клапаны новой конструкции (рис. 43), выполняющие, кроме своего основного назначения, также функции смесителей газа;

5) установлена система автоматического регулирования количества и качества газоздушной смеси;

6) установлена система электрозажигания газоздушной смеси при помощи двух магнето высокого напряжения.

Магнето, снабженные ускорителями, работают синхронно и приводятся в действие при помощи конических шестерен от распределительного вала.

По данным завода двигатель 4ВГ $\frac{42,5}{60,0}$ при 187 об/мин развивает мощность на генераторном газе, равную 325 л. с., а двигатель 6ВГ $\frac{42,5}{60,0}$ — равную 485 л. с.

На рис. 44 представлен переоборудованный на питание генераторным газом четырехтактный калоризаторный двигатель (1Ч $\frac{25,0}{46,0}$) мощностью 25 л. с. при 1650 об/мин.

При переоборудовании двигателя в конструкцию его были внесены нижеследующие изменения и дополнения.

1. Увеличена степень сжатия с 3,8 до 5,9 путем установки новой цилиндрической крышки.

В центре днища крышки расположено отверстие диаметром 18 мм для установки электрозапальной свечи.

Новая крышка 1 монтируется в основной крышке 2, из которой предварительно демонтирован запальный шар. Конструктивное выполнение крышек 1 и 2 показано на рис. 44а.

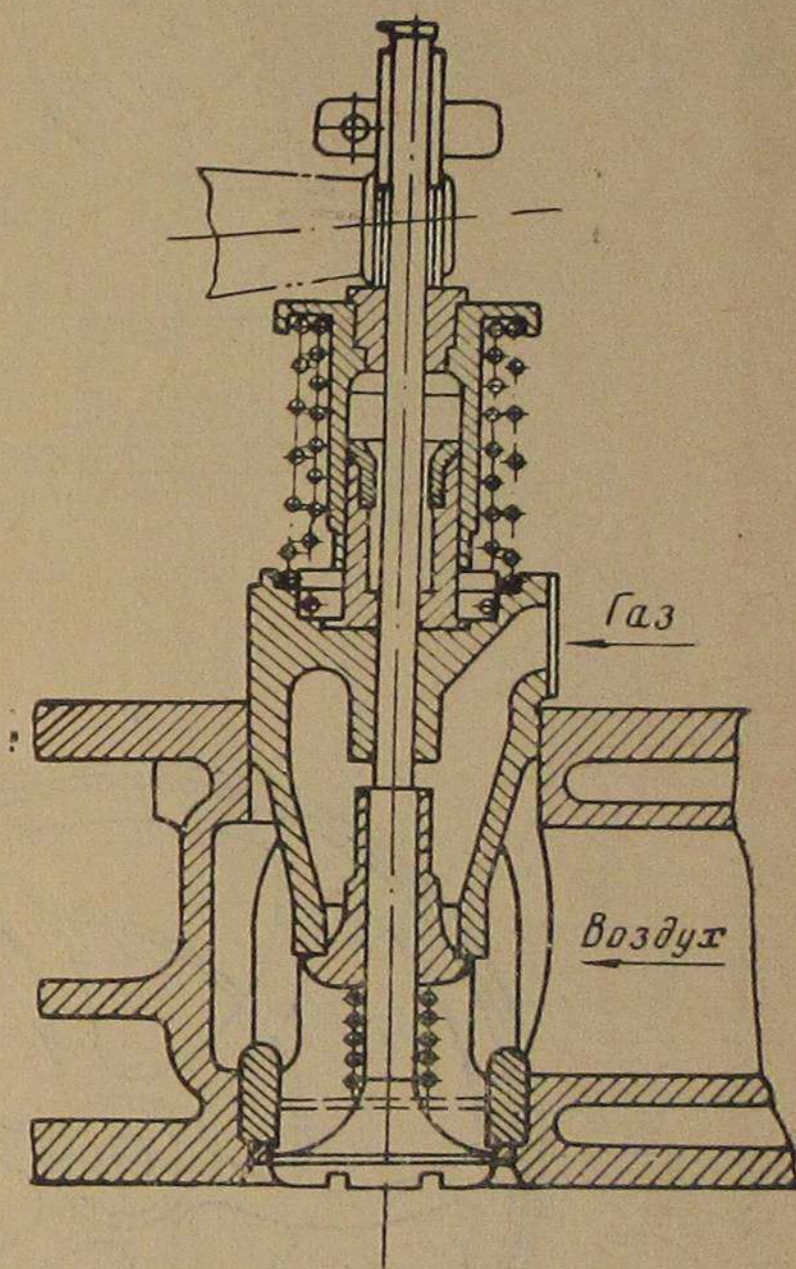


Рис. 43. Всасывающий клапан двигателя ВГ $\frac{42,5}{60,0}$

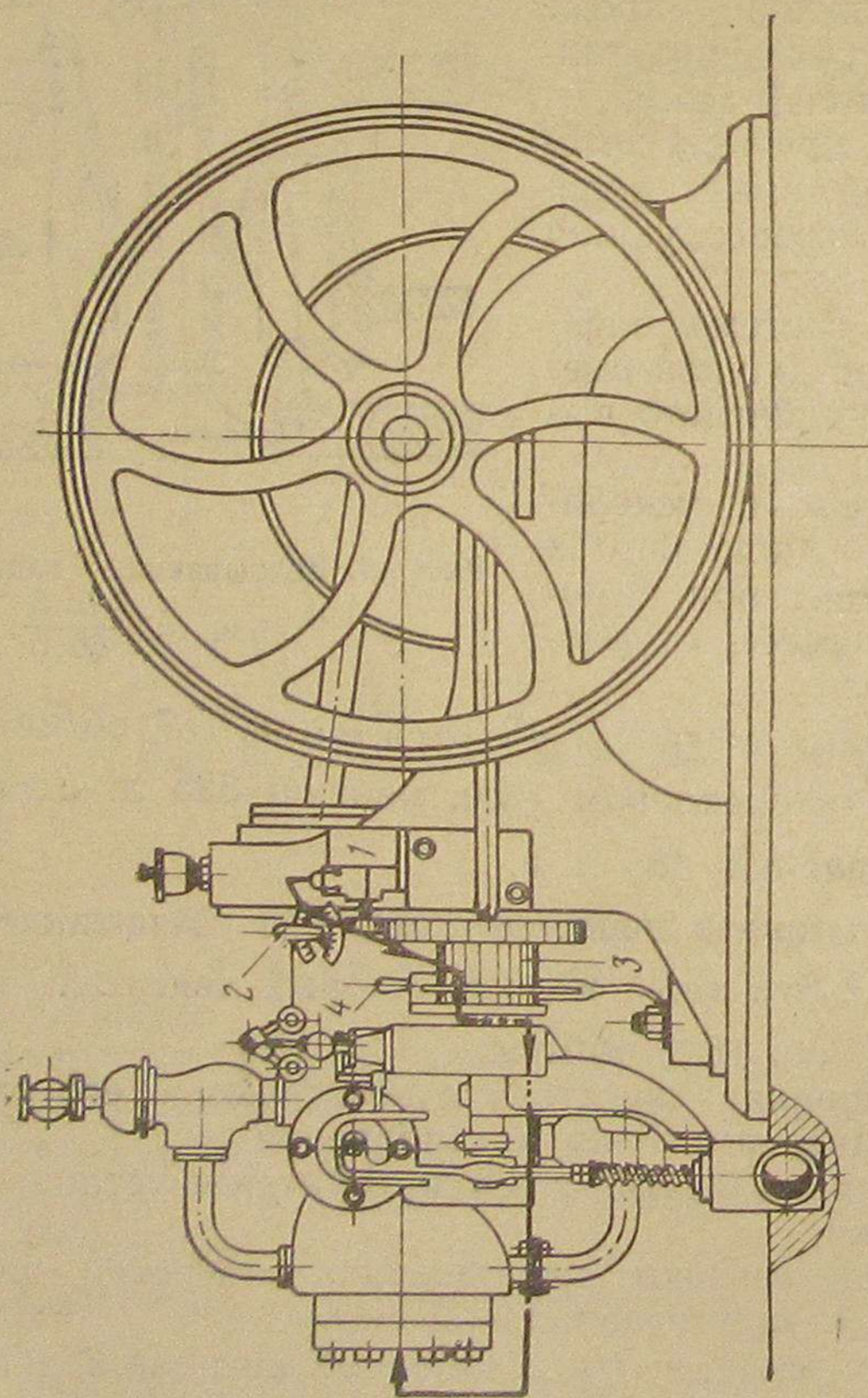


Рис. 44. Общий вид двигателя 1Ч $\frac{25,0}{46,0}$, переоборудованного на питание генераторным газом: 1 — магнето, 2 — выключатель, 3 — распределитель тока, 4 — приспособление для изменения угла опережения

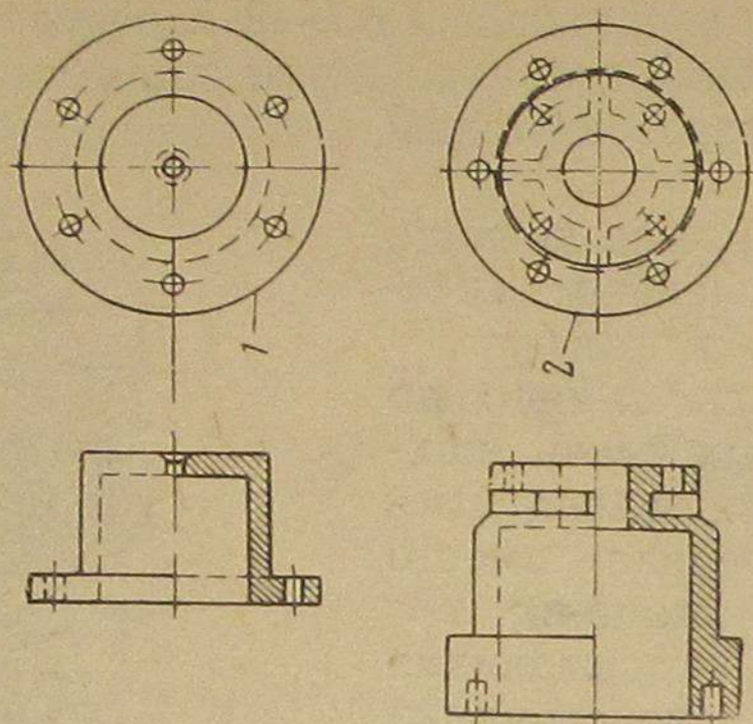


Рис. 44а. Крышка цилиндра двигателя 1Ч $\frac{25,0}{46,0}$

2. Установлен смеситель 1 газа (рис. 45), газ в который поступает по трубе 2, проходя последовательно тарельчатый клапан 3 и дроссельную заслонку 4, приводимых в действие регулятором двигателя. Воздух в смеситель подводится по трубе 5.

Ручное регулирование смеси производится при помощи заслонок 6 и 7, установленных на газо- и воздухопроводах смесителя.

Автоматическое количественное регулирование выполняется дроссельной заслонкой 4.

3. Для зажигания газовой смеси на кронштейне станины двигателя установлено магнето высокого напряжения завода АТЭ.

Магнето приводится в действие от распределительного вала через фрикционную передачу с $i=10:1$. Электрический ток от магнето по проводам через выключатель поступает к распределителю тока, смонтированному на распределительном валу, и от последнего к электрозапальной свече.

Угол опережения зажигания изменяют при помощи приспособления, установленного на распределителе тока.

Расположение приборов зажигания показано на рис. 44.

Мощность, развиваемая двигателем на газе, составляет 23 л. с. при 1650 об/мин.

В настоящее время получили широкое распространение двухтактные калоризаторные двигатели марки 2Д $\frac{18,0}{20,0}$, переоборудованные для работы на газообразном топливе.

В этом двигателе топливная система оставлена без изменений и дополнена лишь механизмом для ее выключения при работе двигателя на газе. В головках двигателя со стороны глушителя просверлены отверстия диаметром 18 мм, в которых установлены электрозапальные свечи. Каждый цилиндр имеет пульсационный патрубок, состоящий из трубы диаметром 68 мм, дроссельных заслонок и клапанной коробки. Пульсационный патрубок через клапанную коробку и расположенный в ней тарельчатый клапан соединяет кривошипную камеру с продувочными окнами. При помощи «пульсационного патрубка» достигаются отключение поступающего газа в двигатель во время продувки и подвод его при ходе сжатия поршня.

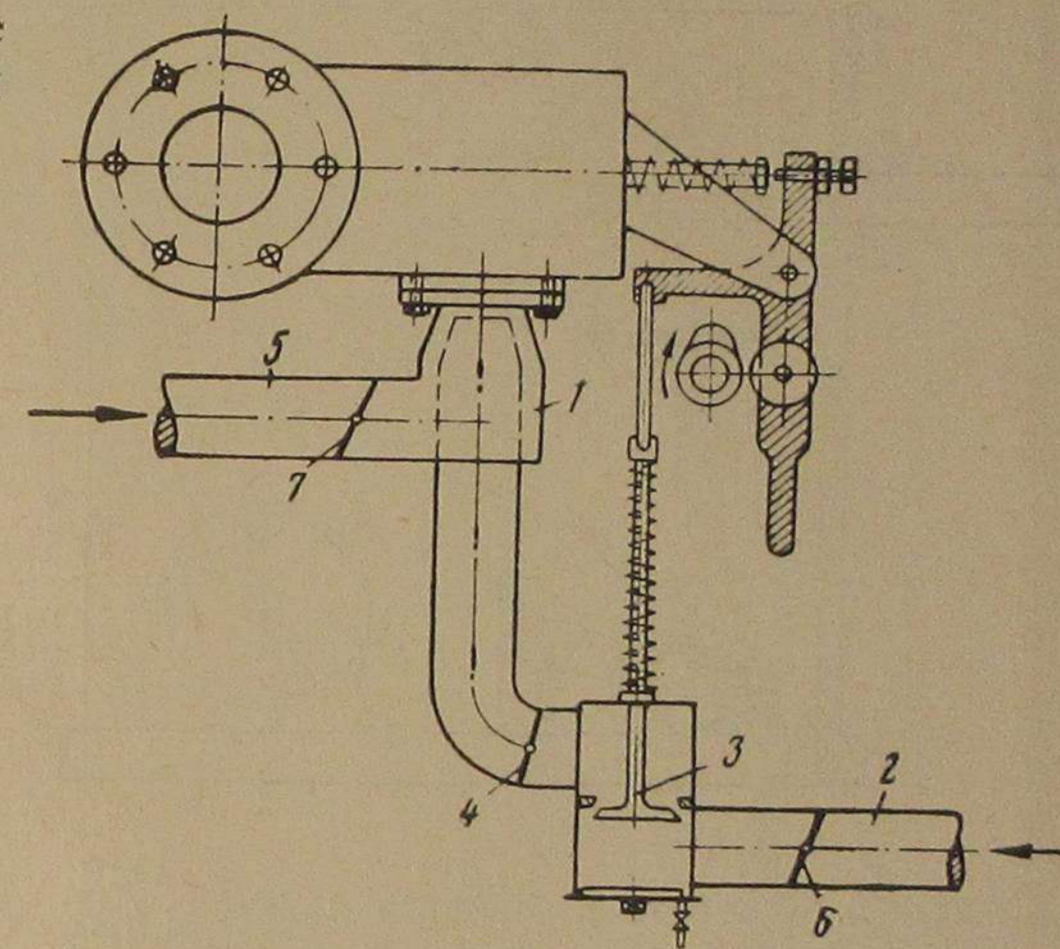


Рис. 45. Смеситель двигателя 1Ч $\frac{25,0}{46,0}$

На трубопроводе, соединяющем оба пульсационных патрубка, установлен смеситель газа, представленный на рис. 46.

Воздух подводится в смеситель по трубе 1, а газ — по трубе 2. В каждой полости смесителя находится по две дроссельные заслонки. Нижние заслонки предназначены для ручной качественной регулировки смеси. Верхние заслонки, сидящие на одной оси под различными углами (газовая заслонка имеет опережение), через систему тяг связаны с регулятором двигателя и осуществляют автоматическую качественную и количественную регулировку газовой смеси.

Смесь воспламеняется от магнето высокого напряжения завода АТЭ, приводимого в действие цепной передачей от коленчатого вала двигателя. Пуск двигателя производится на жидком топливе.

Мощность двигателя, развиваемая на генераторном газе, равна 30 л. с. при 620 об/мин. Расход антрацита на 1 л. с. час по данным завода составляет 0,8 кг.

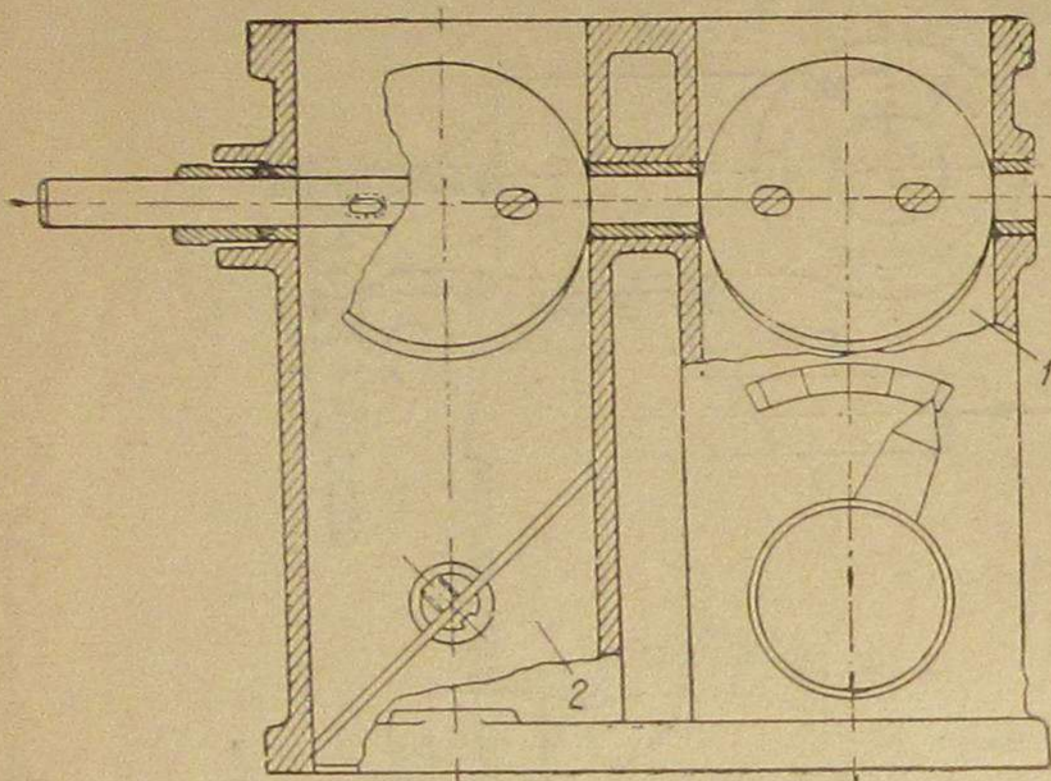


Рис. 46. Смеситель двигателя 2ГД $\frac{18,0}{20,0}$

Мощность двигателя, развиваемая на генераторном газе, равна 30 л. с. при 620 об/мин.

Расход антрацита на 1 л. с. час по данным завода составляет 0,8 кг.

2. ДВИГАТЕЛИ, ПЕРЕОБОРУДОВАННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ ПО ГАЗОЖИДКОСТНОМУ ЦИКЛУ

Переоборудование дизеля 6СЧ $\frac{15,0}{18,0}$ (ЗД6) для работы на генераторном газе, заводом-изготовителем осуществлено по газожидкостному циклу. В соответствии с этим степень сжатия оставлена без изменения ($\epsilon = 14-15$).

Топливная аппаратура, насос и форсунки также не подвергались каким-либо переделкам.

На всасывающем коллекторе двигателя смонтирован смеситель газа, представленный на рис. 47.

Воздух подводится в смеситель по патрубку 1, а генераторный газ — по патрубку 2. В воздушном патрубке смесителя находится дроссельная заслонка 3 для количественного регулирования газовой смеси.

Качественное регулирование смеси производится дросселем 4, установленным в патрубке газовой смеси.

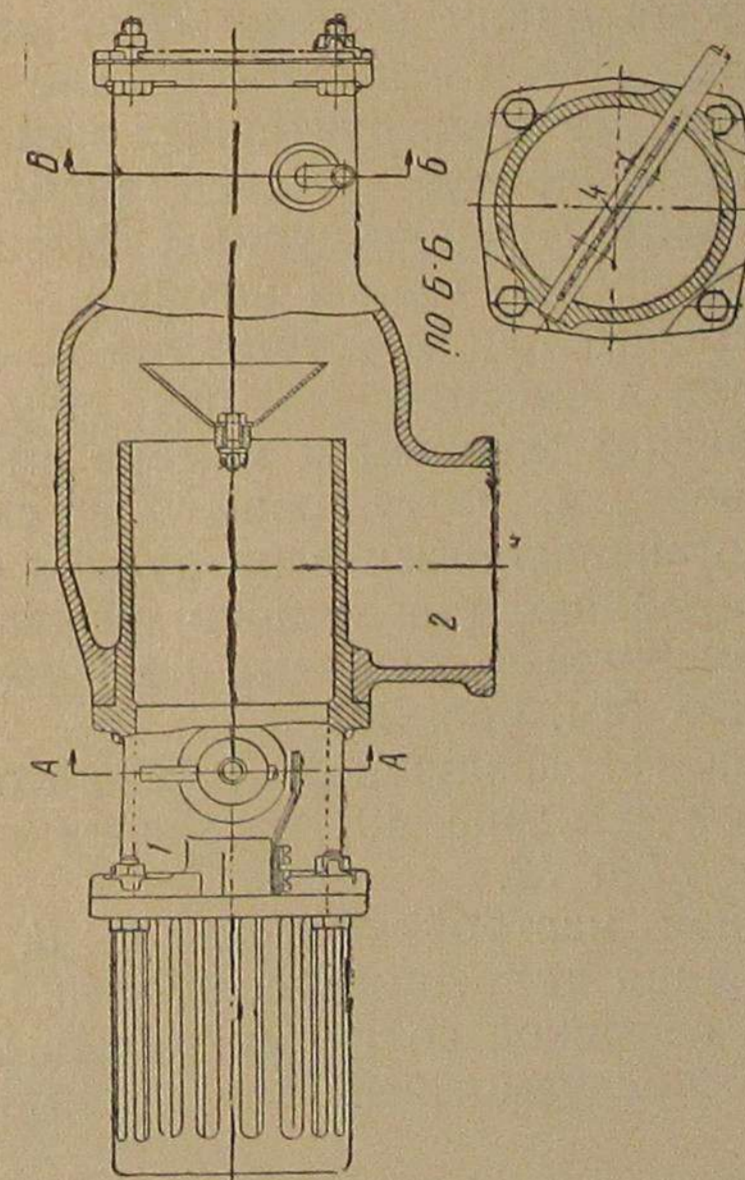
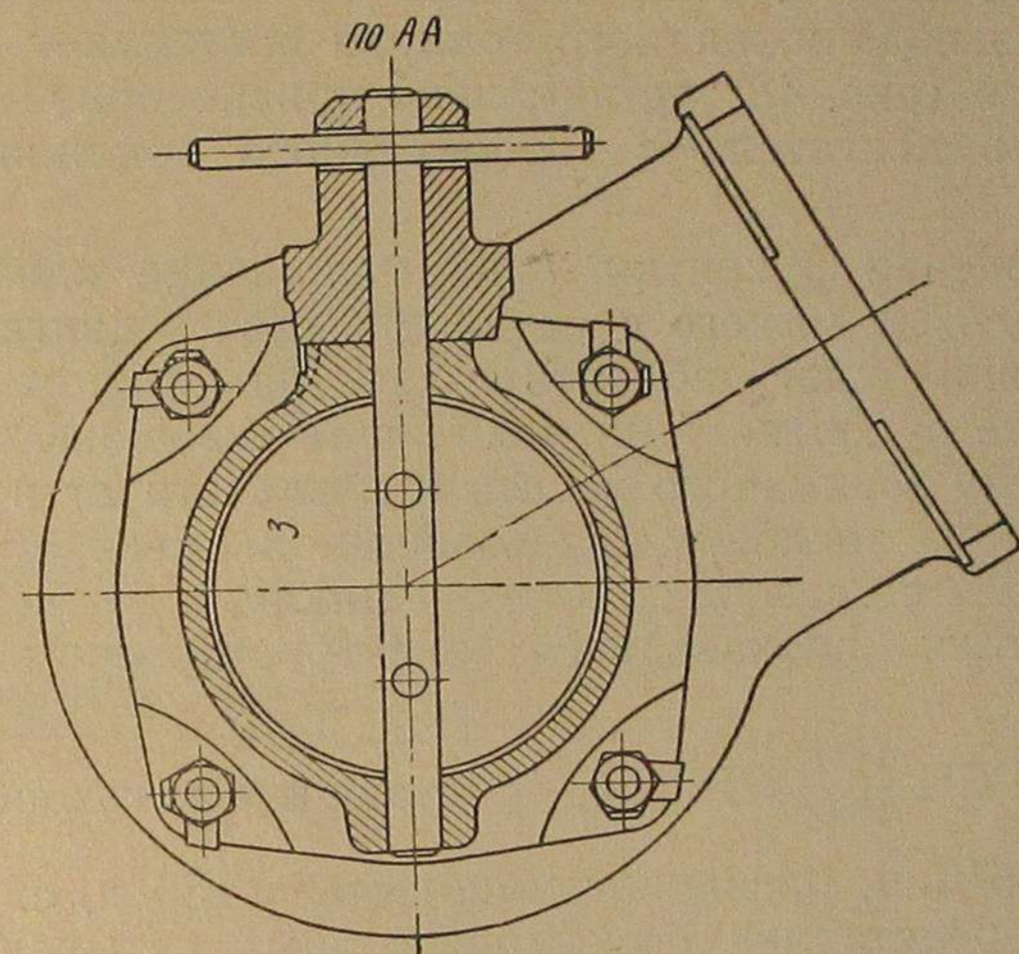


Рис. 47. Смеситель двигателя — ЗД6ГД

При работе двигателя на генераторном газе топливный насос устанавливают на уменьшенную подачу топлива. Подача топлива в данном случае постоянная, так как регулятор воздействует не на рейку топливного насоса, а на тягу дросселя газовой смеси. Угол опережения подачи жидкого топлива составляет 38° .

На регуляторе (рис. 48) установлено приспособление, позволяющее переключать двигатель с газообразного топлива на жидкое и обратно.

При переключении рукоятки 1 на положение «дизель» тяга 2 закроет дроссель 3, из-за чего поступление газа в двигатель прекратится и последний будет работать только на жидком топливе.

При установке рукоятки 1 на положение «газодизель» регулятор освобождает рейку топливного насоса и воздействует в данном случае на дроссельную заслонку газовой смеси, в связи с чем двигатель работает по газожидкостному циклу.

Пуск двигателя производится электростартером мощностью 15 л. с.

Двигатель 6 ГСЧ $\frac{15,0}{18,0}$ (ЗД6ГД), работающий на газообразном топливе при 1500 об/мин, развивает мощность ~ 150 л. с.

На рис. 49 представлен бескомпрессорный четырехтактный дизель 6БК-43, переоборудованный для работы на генераторном газе по газожидкостному циклу (проект «Оргкоммунэнерго»).

Степень сжатия $\epsilon = 13$ способствовала проведению переоборудования двигателя без конструктивных изменений крышек цилиндров и топливной аппаратуры. Всасывающий коллектор двигателя заменен коллектором 1 газовой смеси, на котором находится устройство для смешения газа и воздуха.

Общий вид смесительного устройства показан на рис. 50.

Газ подводится в смеситель по патрубку 2, а воздух — по двум тангенциально расположенным к камере смешения 3 патрубкам 4.

Количество воздуха, поступающего в смеситель, регулируется заслонками 5, установленными в патрубках 4.

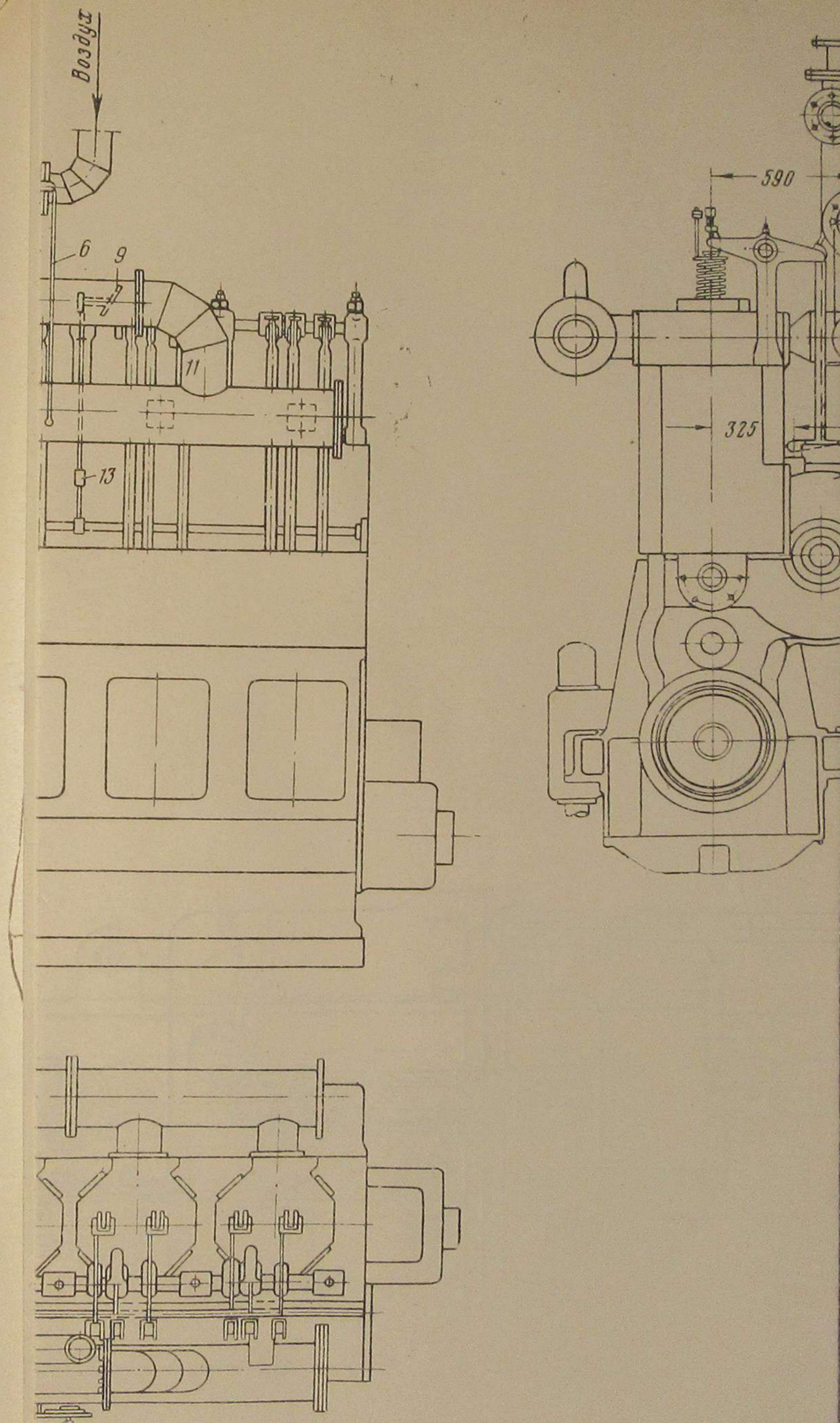
Заслонками управляют при помощи рычага 6 (см. рис. 49) и системы тяг, позволяющих одновременно изменять положение заслонок в патрубках 4 (см. рис. 50).

Регулирование газовой смеси автоматическое, путем воздействия валика 7 (см. рис. 49) на заслонки 8, 9 и 10, установленные в патрубках 11 и 12.

Первоначальная настройка заслонок 8, 9 и 10 производится путем регулирования талрепных соединений 13.

Для гашения взрывной волны на торцевых фланцах газового коллектора предусмотрены предохранительные клапаны 14 (см. рис. 50).

Двигатель имеет приспособление, позволяющее регулировать и поддерживать в заданных величинах количество жидкого топлива, подаваемого в цилиндры для воспламенения газовой смеси, и переводить двигатель в случае надобности на работу только на жидком топливе.



переоборудованный на питание генераторным газом

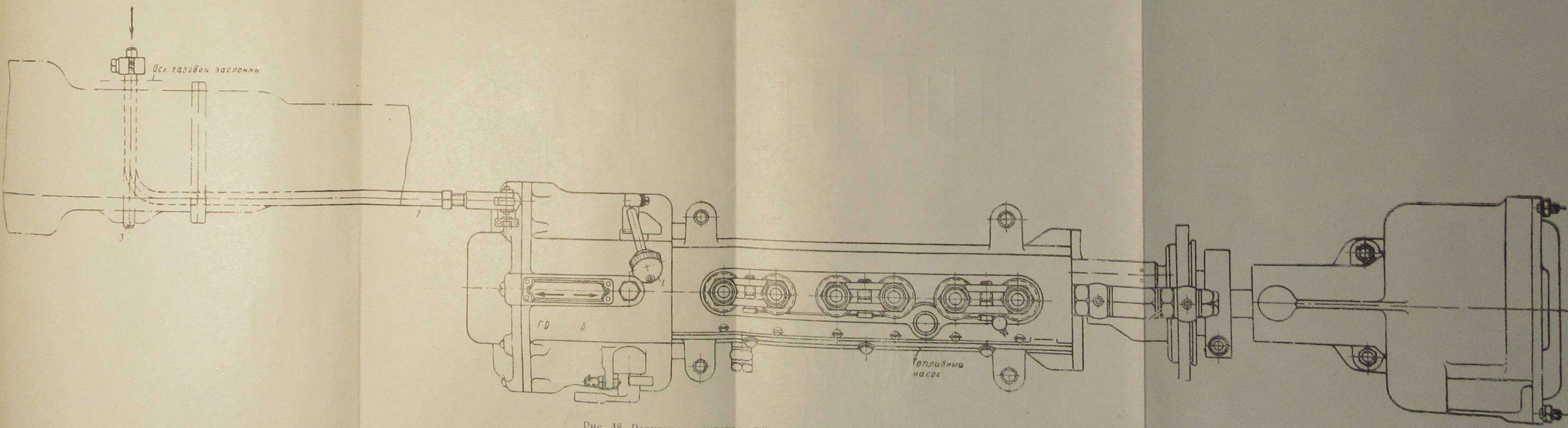


Рис. 48. Регулятор двигателя ЗД6ГД

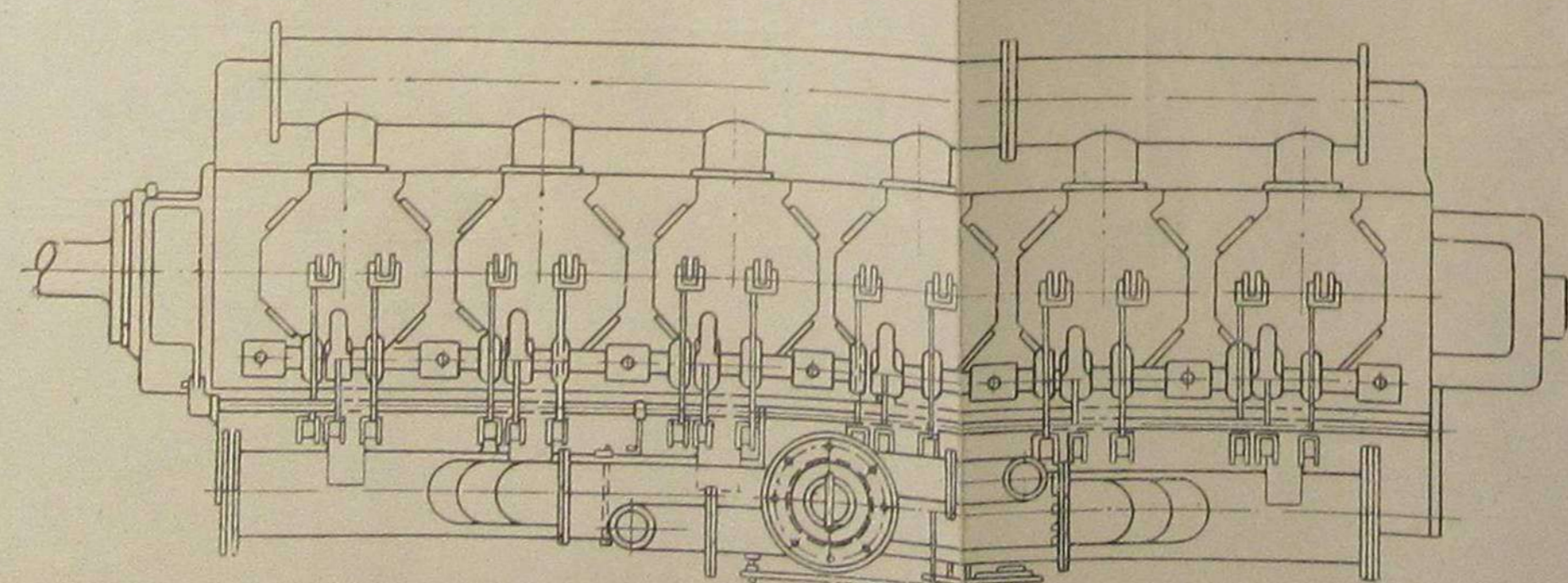
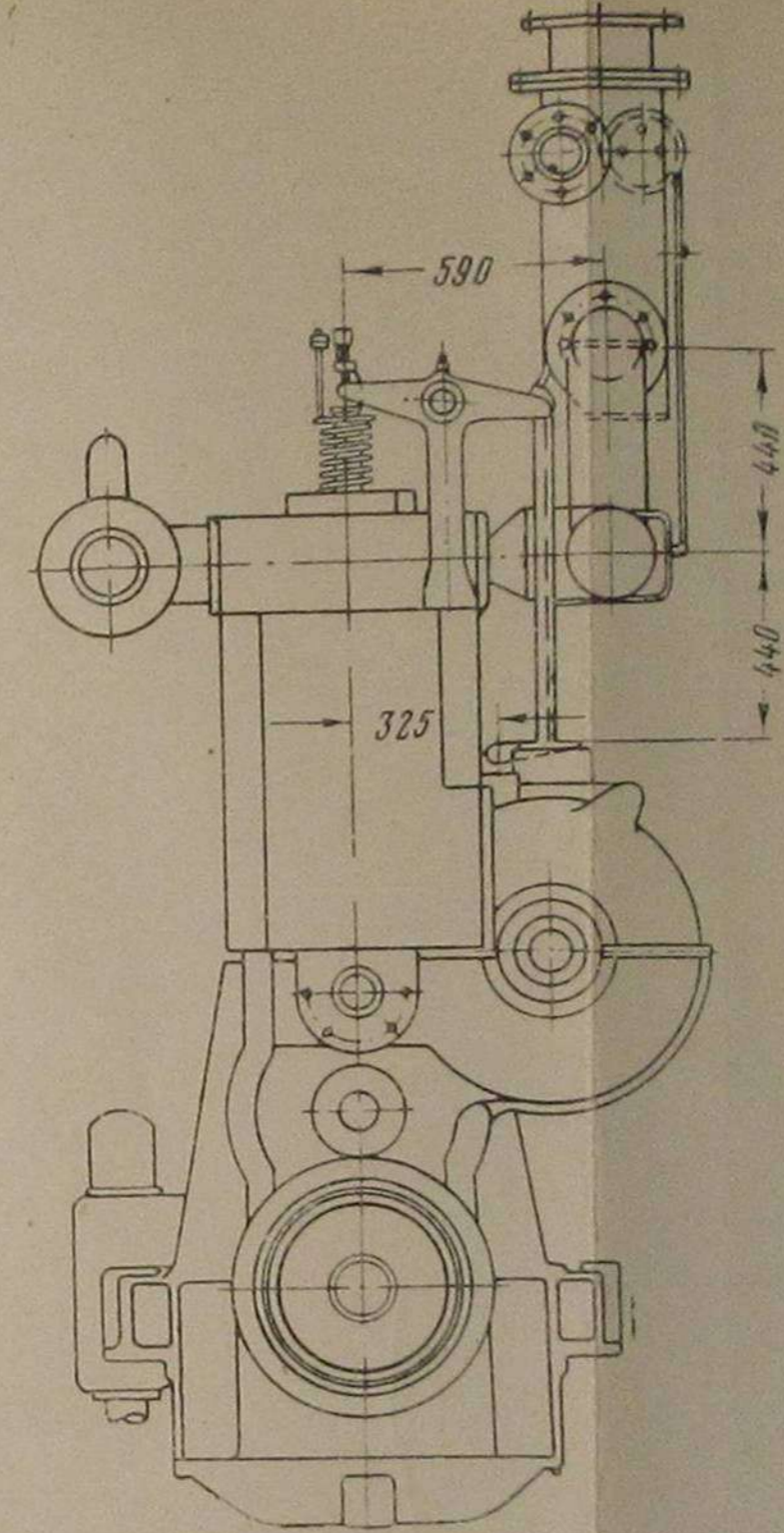
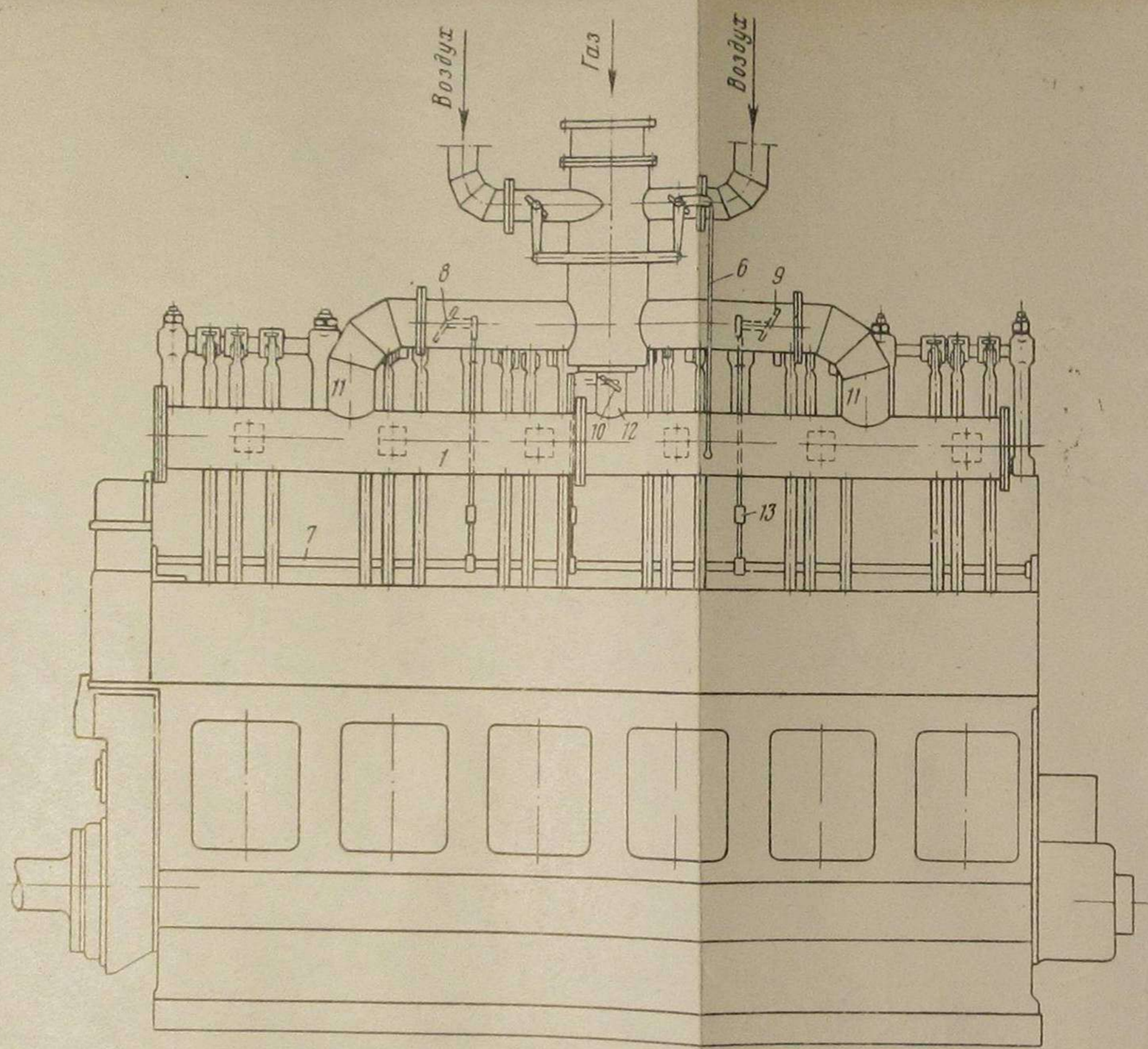
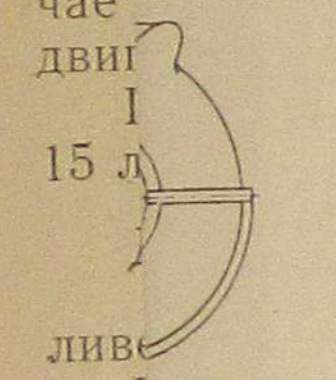
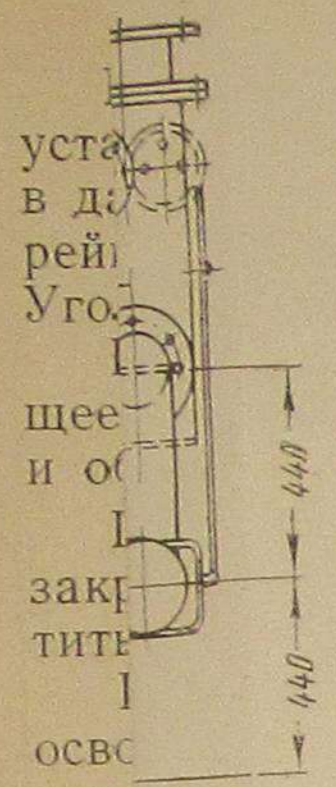


Рис. 49. Двигатель 6БК-43, переоборудованный на питание генераторным газом



танк
заслонка
3
стенки
носки
действующие
путе
носки
(см)
под
под
и по
жид

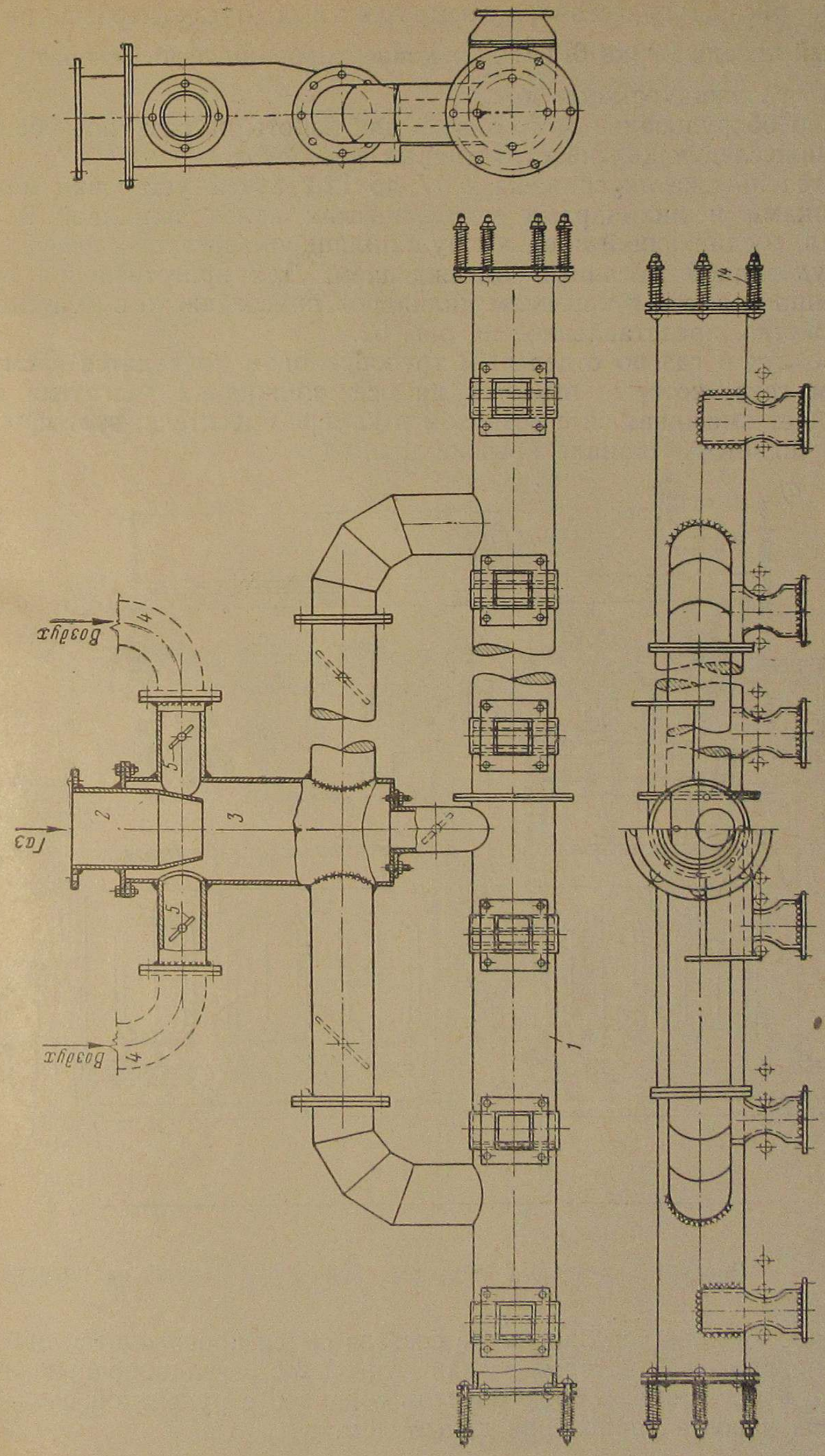


Рис. 50. Смеситель двигателя 6БК-43

На рис. 51 представлен четырехтактный, предкамерный, реверсивный дизель марки 6ГСЧ $\frac{28,5}{42,0}$, конвертированный на генераторный газ по газожидкостному циклу.

Переоборудование этого дизеля для работы на газе потребовало его нижеследующих конструктивных переделок.

Степень сжатия снижена с 17 до 12,2 путем установки между крышками и цилиндрами металлических колец толщиной 9 мм. Канал, соединяющий предкамеру с цилиндром, заглушен форсункой, оборудованной масляным охлаждением. Для приготовления газозвушной смеси к крышкам цилиндров присоединено смесительное устройство, представленное на рис. 52.

Воздух и газ по отдельным трубопроводам подводятся к смесителям газа, которые имеются на всех цилиндрах двигателя. Газ начинает смешиваться с воздухом в камере смесителя; этот процесс заканчивается в канале крышки цилиндра.

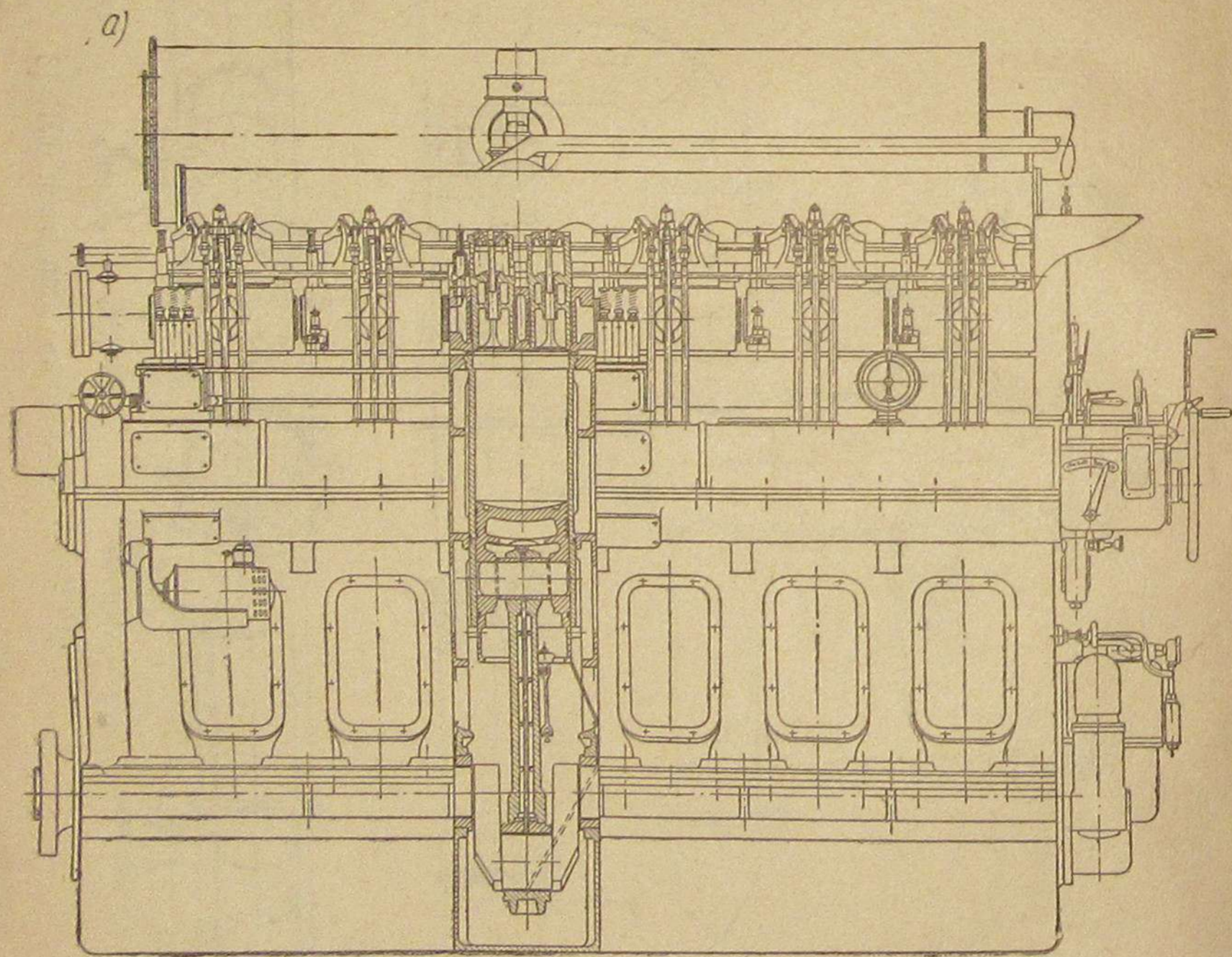
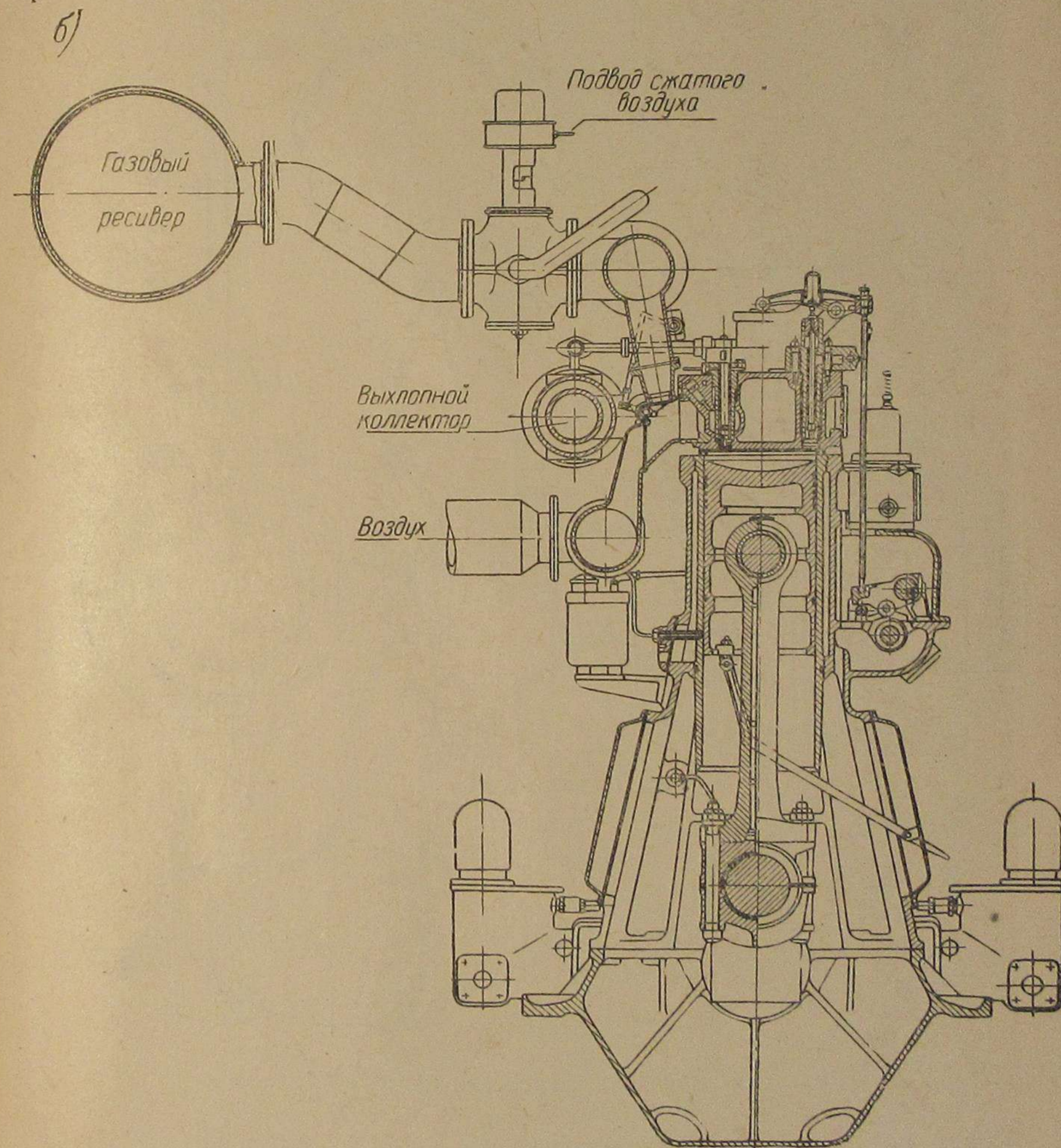


Рис. 51. Двигатель 6СЧ $\frac{28,5}{42,0}$, переоборудованный на питание ген

ераторным газом. *а* — продольный вид, *б* — поперечный разрез

Качественное регулирование состава смеси производится при помощи заслонок 1, которые связаны тягой 2 с регулировочным валиком 3, а последний в свою очередь соединен с рукояткой, расположенной у поста управления двигателем.

Состав смеси регулируется на постоянное смешение для всех цилиндров двигателя. Такой способ регулирования состава смеси непосредственно перед входом ее в каждый цилиндр дает возможность даже при резких изменениях нагрузки и числа оборотов не производить дополнительной регулировки от руки.



ераторным газом. *а* — продольный вид, *б* — поперечный разрез

Количественное регулирование расхода газа производится при помощи клапана, управление которым выведено на пост управления двигателем.

Количество жидкого топлива, подаваемого в цилиндры двигателя

для воспламенения газовой смеси, регулируется путем изменения величины подачи топливного насоса.

Угол опережения подачи жидкого топлива при работе двигателя на генераторном газе составляет 5° , не доходя в.м.т.

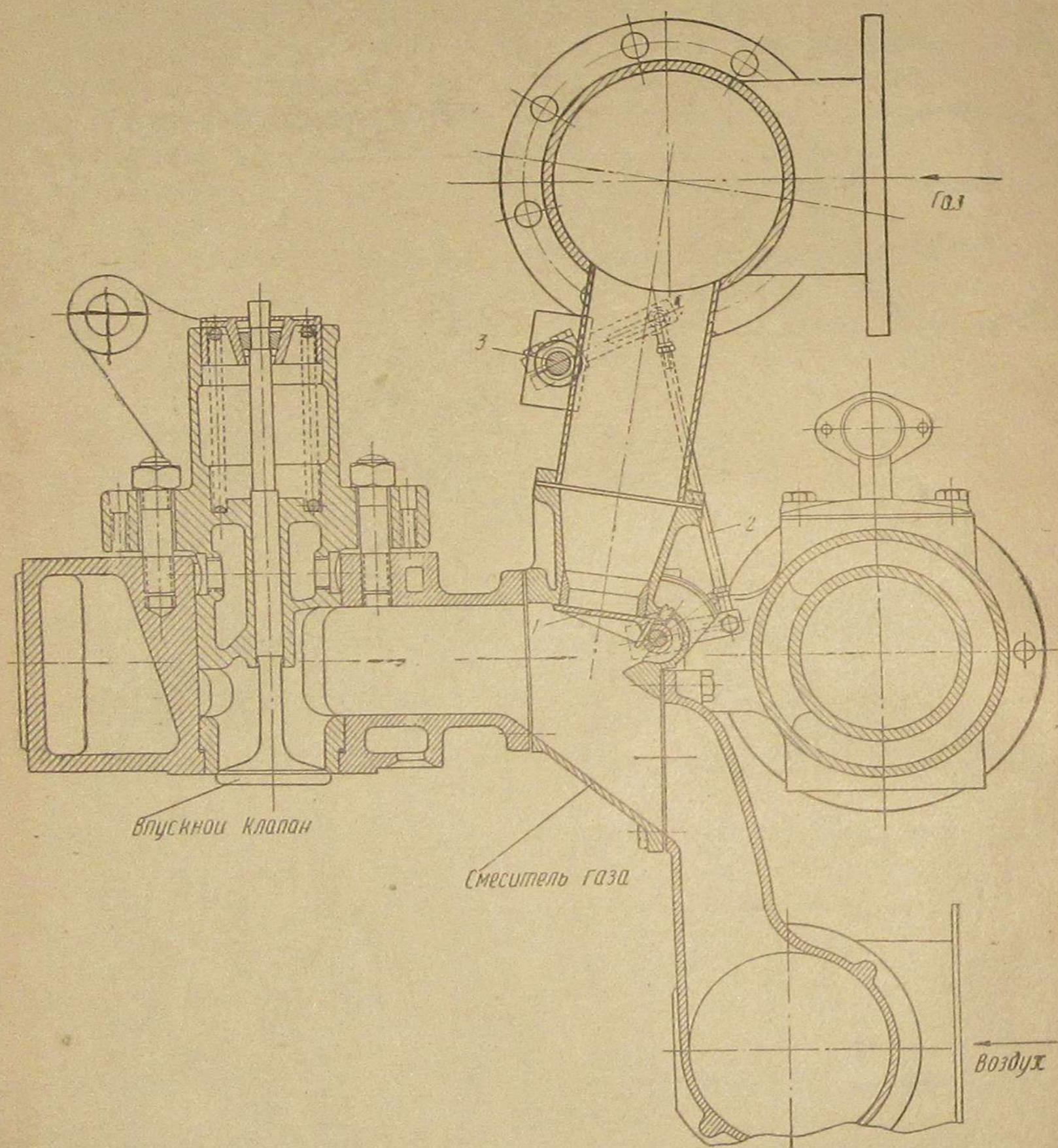


Рис. 52. Смеситель двигателя 6СЧ $\frac{28,5}{42,0}$

Реверсирование двигателя производится на жидком топливе, так как в период данной операции заслонки 1 автоматически закрываются, вследствие чего прекращается поступление газа в цилиндры двигателя. Пуск двигателя производится сжатым воздухом.

Мощность двигателя при работе на газообразном топливе при 400 об/мин составляет 400 л. с.

На рис. 53 представлен калоризаторный двигатель Мелитопольского завода, переоборудованный на питание генераторным газом.

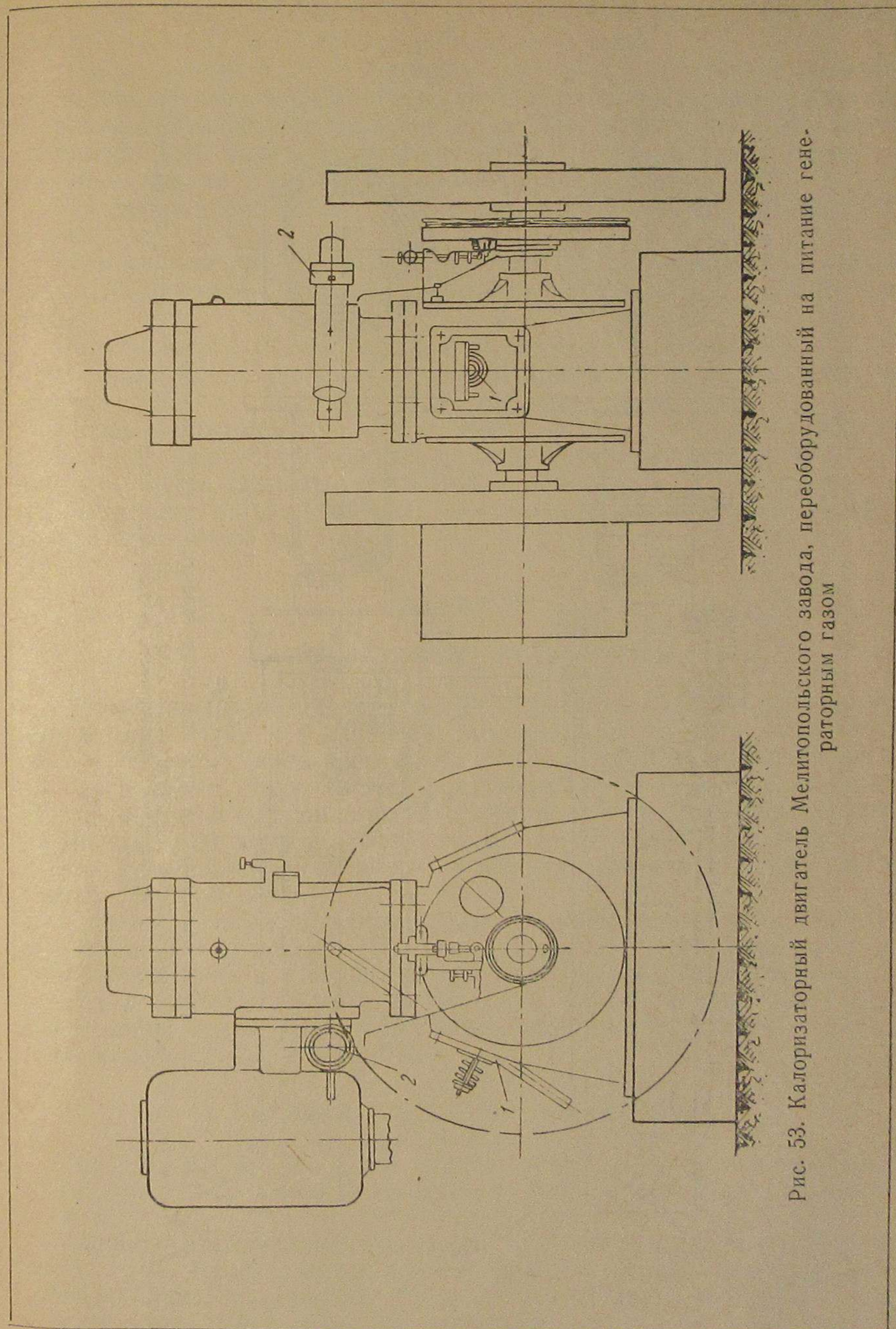


Рис. 53. Калоризаторный двигатель Мелитопольского завода, переоборудованный на питание генераторным газом

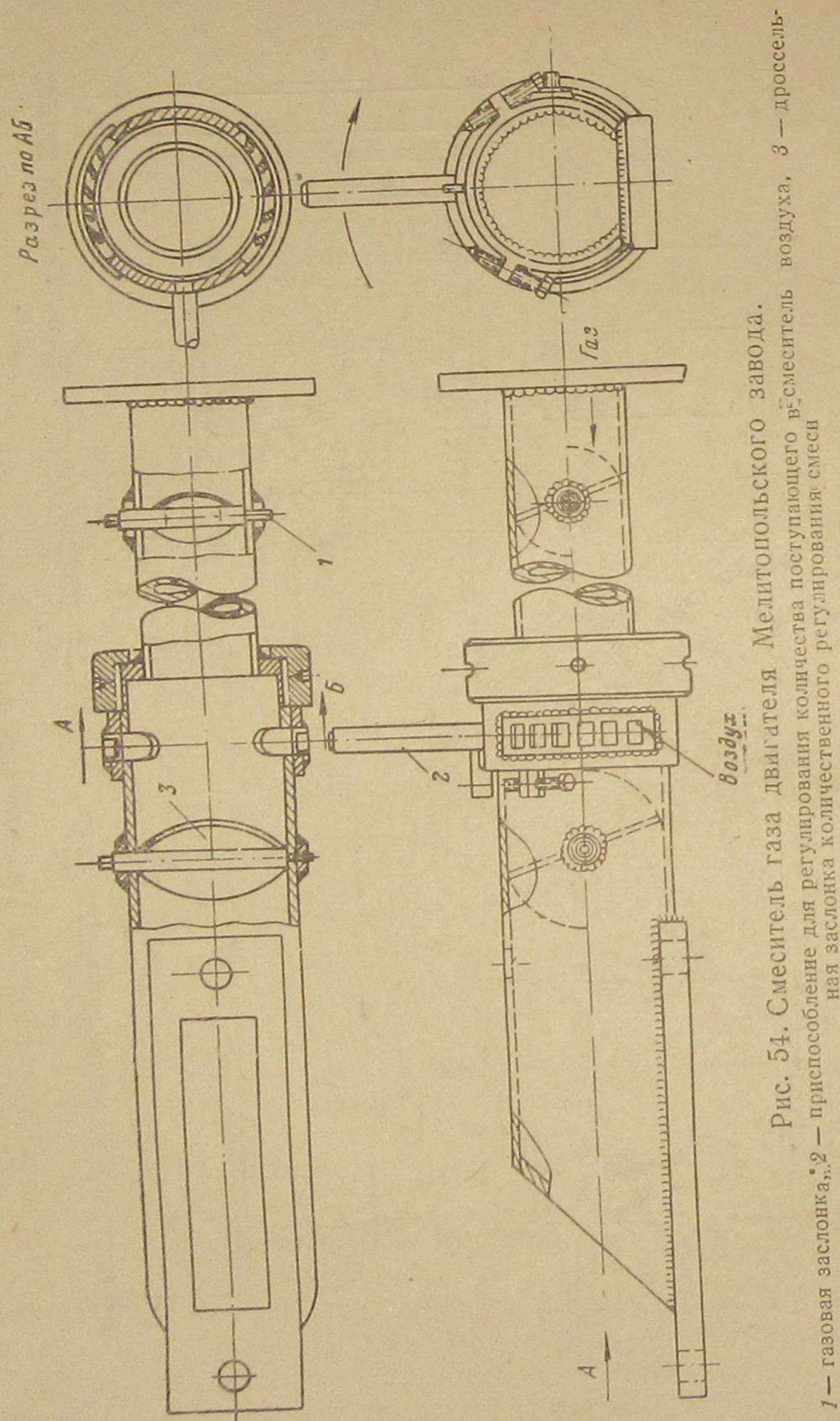


Рис. 54. Смеситель газа двигателя. Мелитопольского завода.
 1 — газовая заслонка, 2 — приспособление для регулирования количества поступающего в смеситель воздуха, 3 — дроссельная заслонка количественного регулирования смеси

Двигатель был переоборудован с учетом возможности его работы как на жидком, так и на газообразном топливе.

Дополнениями к существующей конструкции двигателя являются предохранительный клапан 1, установленный на крышке картера и предназначенный для гашения взрывной волны при взрыве смеси в кривошипной камере и смеситель газа 2, установленный ниже выхлопного канала в специальном окне цилиндра (рис. 53).

Газовоздушная смесь воспламеняется от калоризатора двигателя.

Момент вспышки смеси регулируется путем изменения температуры калоризатора количеством подаваемой в цилиндр двигателя воды.

Регулирование газовоздушной смеси — количественное, при помощи дроссельной заслонки с ручным приводом. Пуск двигателя на жидком топливе, с последующим переводом на газ.

Перевод двигателя с одного вида топлива на другое производится в течение 20—30 секунд, однако невозможность регулирования в широких пределах температуры калоризатора при работе на газе позволяет эксплуатировать двигатель на газообразном топливе только при полной нагрузке.

ГЛАВА IX

ГАЗОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Нормальная эксплуатация газогенераторной установки или станции в ряде случаев зависит от расположения ее отдельных механизмов. Поэтому помещение для газогенераторной установки должно обеспечивать возможность рационального расположения в нем оборудования и механизмов. Для стационарных газогенераторных установок проектируют обособленные здания или помещения, отделенные от машинного зала или производственного цеха каменной стеной (брандмауером).

Судовые газогенераторные установки из-за ограниченных размеров машинных отделений обычно располагаются в одном помещении с двигателем и в редких случаях их отделяют переборками.

Ниже приводятся различные схемы расположения оборудования судовых и стационарных газогенераторных установок с двигателями мощностью от 65 до 450 л. с.

1. СУДОВЫЕ ГАЗОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

На рис. 55 показано размещение механизмов и оборудования в машинном отделении буксирного винтового газохода мощностью 65 л. с.

Машинное отделение площадью 21,12 м² расположено в середине судна. Вход в машинное отделение с главной палубы через люки в крыше надстройки. Главный двигатель марки МГ-17 установлен вдоль диаметральной плоскости судна.

Мощность двигателя передается на гребной винт через реверс-редуктор ($i = 1,7$) и упорный шарикоподшипник.

С правого борта у носовой переборки расположен газогенератор обращенного процесса. Топливом для газогенератора служат древесные чурки.

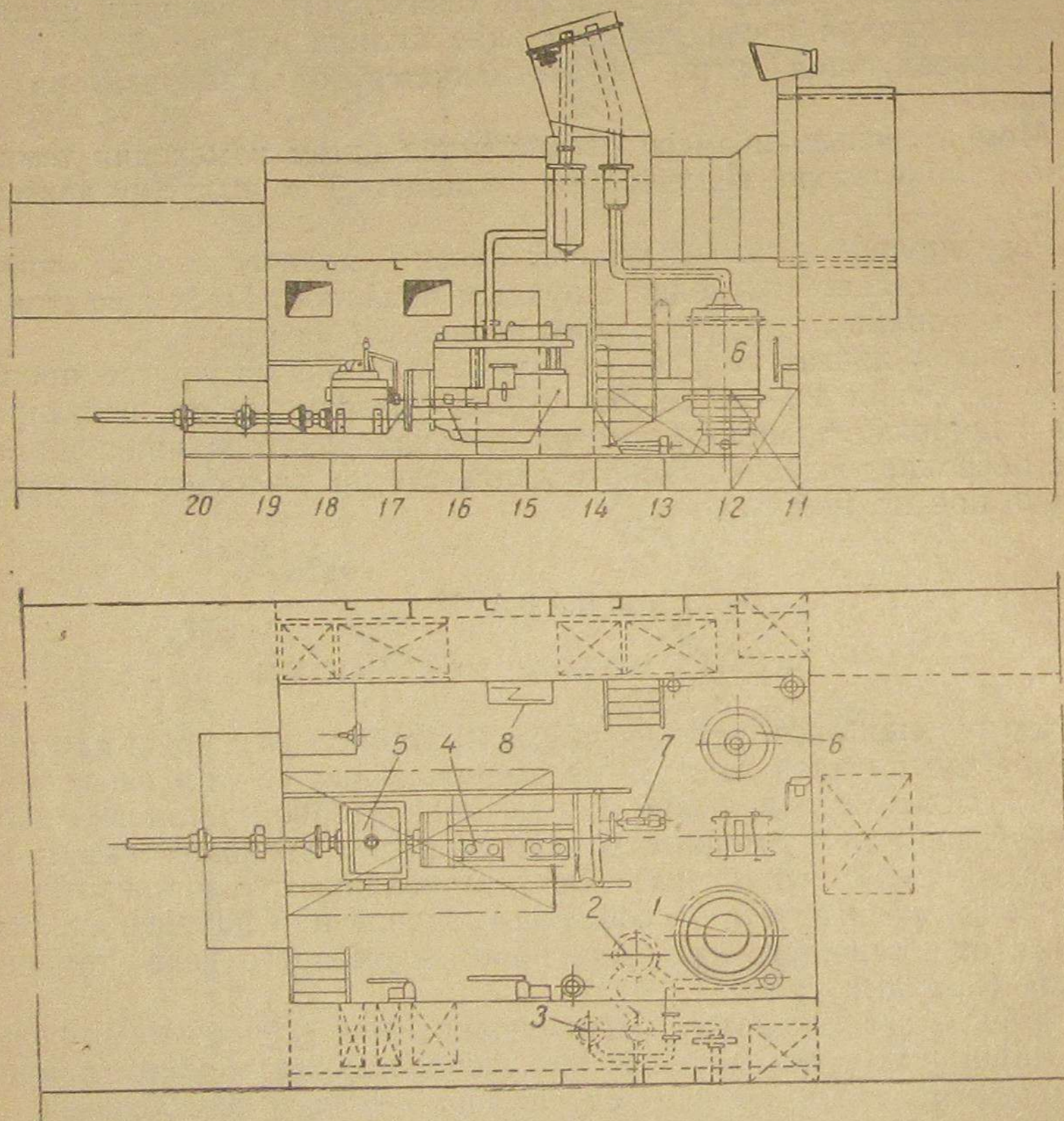


Рис. 55. Машинное отделение буксирного газохода мощностью 65 л. с.; 1 — газогенератор, 2 — скруббер, 3 — фильтр тонкой очистки, 4 — двигатель МГ-17, 5 — реверс-редуктор, 6 — паровой котел, 7 — центробежный насос, 8 — распределительный щит

По правому борту также размещены очистительная аппаратура, санитарный насос и насос для осушения корпуса судна. По левому борту машинного отделения установлены слесарный верстак, распределительный щит и котел парового отопления.

Вода на охлаждение газа и в сеть противопожарных трубопроводов подается центробежным насосом, навешенным на главный двигатель.

Топливные бункеры общей емкостью 14 м³ размещены у носовой переборки машинного отделения.

Освещение судна — электрическое: на ходу от низковольтного электрогенератора, приводимого в действие главным двигателем, на стоянках — от аккумуляторной батареи емкостью 288 А/час.

На рис. 56 показана компоновка механизмов в машинном отделении буксирного винтового газохода с двигателем мощностью 150 л. с.

Машинное отделение находится в середине судна.

Главный двигатель (переоборудованный для работы на газ дизель марки ЗД6) расположен вдоль судна по диаметральной пло-

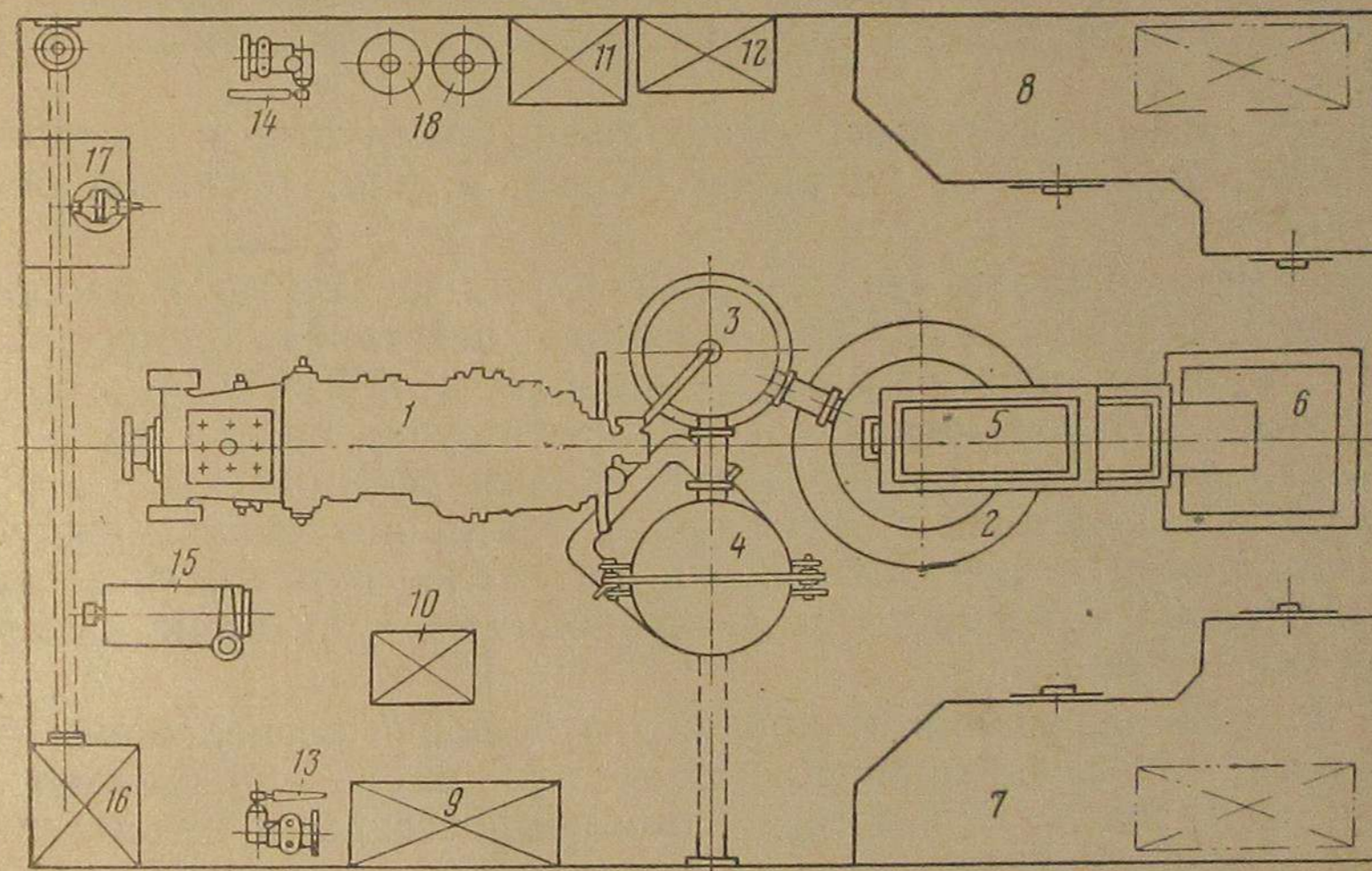


Рис. 56. Машинное отделение буксирного газохода мощностью 150 л. с.: 1 — двигатель, 2 — газогенератор, 3 — скруббер, 4 — фильтр тонкой очистки, 5 — норрия, 6 — расходный бункер, 7 — 8 — топливные бункеры, 9, 10, 11, 12 — цистерны жидкого топлива и смазки, 13 — ручной насос, 14 — ручной насос, 15 — центробежный насос, 16 — теплый ящик, 17 — верстак, 18 — бидоны для масла

скости. Мощность двигателя на гребной вал передается через реверс-редуктор с передаточными числами на передний ход 1 : 3,07 и на задний 1 : 2,96.

Установленный у носовой переборки машинного отделения газогенератор с сухим золоудалением работает по прямому процессу на каменноугольном топливе.

С правого и левого борта размещены топливные бункеры и цистерны для топлива и смазки.

Топливо загружают в бункеры через люки на палубе. Подъем топлива из расходного бункера в газогенератор производится ковшевой норрией.

Механизмы топливоподачи, шлакоудаления, насосы и т. п. приводятся в действие от главного двигателя. Отопление судна паровое от газогенератора.

Корпус осушают ручным насосом, установленным у левого борта.

На рис. 57 показано размещение механизмов и оборудования в машинном отделении двухвального газохода мощностью 300 л. с.

Машинное отделение площадью 37,8 м³ расположено в носовой части судна. Топливные бункеры размещены по бортам машинного отделения и примыкают к его кормовой переборке. Между бункерами установлен газогенератор прямого процесса, работающий на антраците или каменном угле.

Топливо подается в газогенератор скиперным подъемником, расположенным вдоль диаметральной плоскости судна и смещенным от генератора к носовой переборке машинного отделения.

Очистительная аппаратура находится над топливными бункерами.

Скрубберы, под которыми расположены эксгаустер и центробежный насос, установлены у правого борта, а фильтр тонкой очистки — у левого.

Главные двигатели (нереверсивные, четырехтактные, шестицилиндровые, газовые двигатели простого действия мощностью по 150 л. с. каждый, один из которых правого, а другой левого вращения) смещены от диаметральной плоскости судна на 750 мм.

Между двигателями и гребными валами установлены реверсивные муфты в сочетании с редукторами. На кронштейнах между реверсивными муфтами и маховиками двигателей смонтированы электрогенераторы постоянного тока, приводимые в действие системой клиновидных ремней.

У носовой переборки машинного отделения расположены баллоны пускового воздуха и цистерны для масла циркуляционной смазки двигателей. Вспомогательные компрессоры и насосы навешаны на главные двигатели.

Жилые помещения отапливаются при помощи специального котла, установленного у левого борта машинного отделения.

На рис. 58 представлена компоновка машинного отделения винтового буксирного газохода мощностью 450 л. с.

Машинное отделение газохода площадью 45,8 м² расположено в середине судна. Газогенератор, предназначенный для газификации антрацита или каменных углей, установлен у носовой переборки машинного отделения. Подача топлива в генератор производится ковшевой норией из бункеров, расположенных по бортам машинного отделения.

Охладители газа (два скруббера) смещены от газогенератора в корму и симметрично расположены от диаметральной плоскости судна.

Газовый вентилятор (эксгаустер), вспомогательный компрессор и насос установлены у правого борта.

Фильтр тонкой очистки смонтирован между эксгаустером и скруббером.

Главный двигатель (четырёхтактный реверсивный, переоборудованный для работы на газ дизель, мощностью 450 л. с.) с навешенным электрогенератором установлен вдоль диаметральной плоскости судна. Пуск главного двигателя производится сжатым возду-

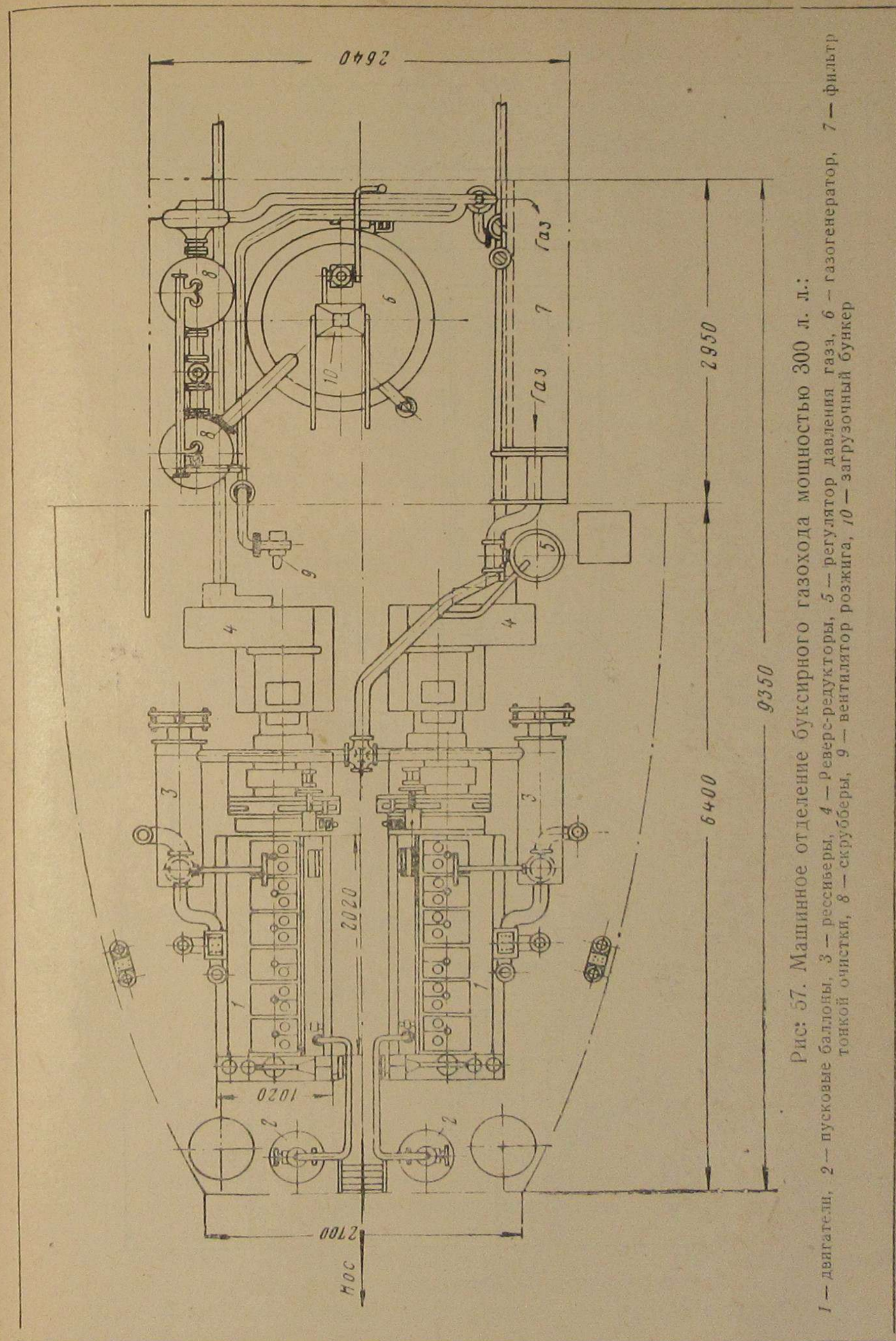


Рис. 57. Машинное отделение буксирного газохода мощностью 300 л. л.:

1 — двигатели, 2 — пусковые баллоны, 3 — ресиверы, 4 — Ревверс-редукторы, 5 — регулятор давления газа, 6 — газогенератор, 7 — фильтр тонкой очистки, 8 — скрубберы, 9 — вентилятор розжига, 10 — загрузочный бункер

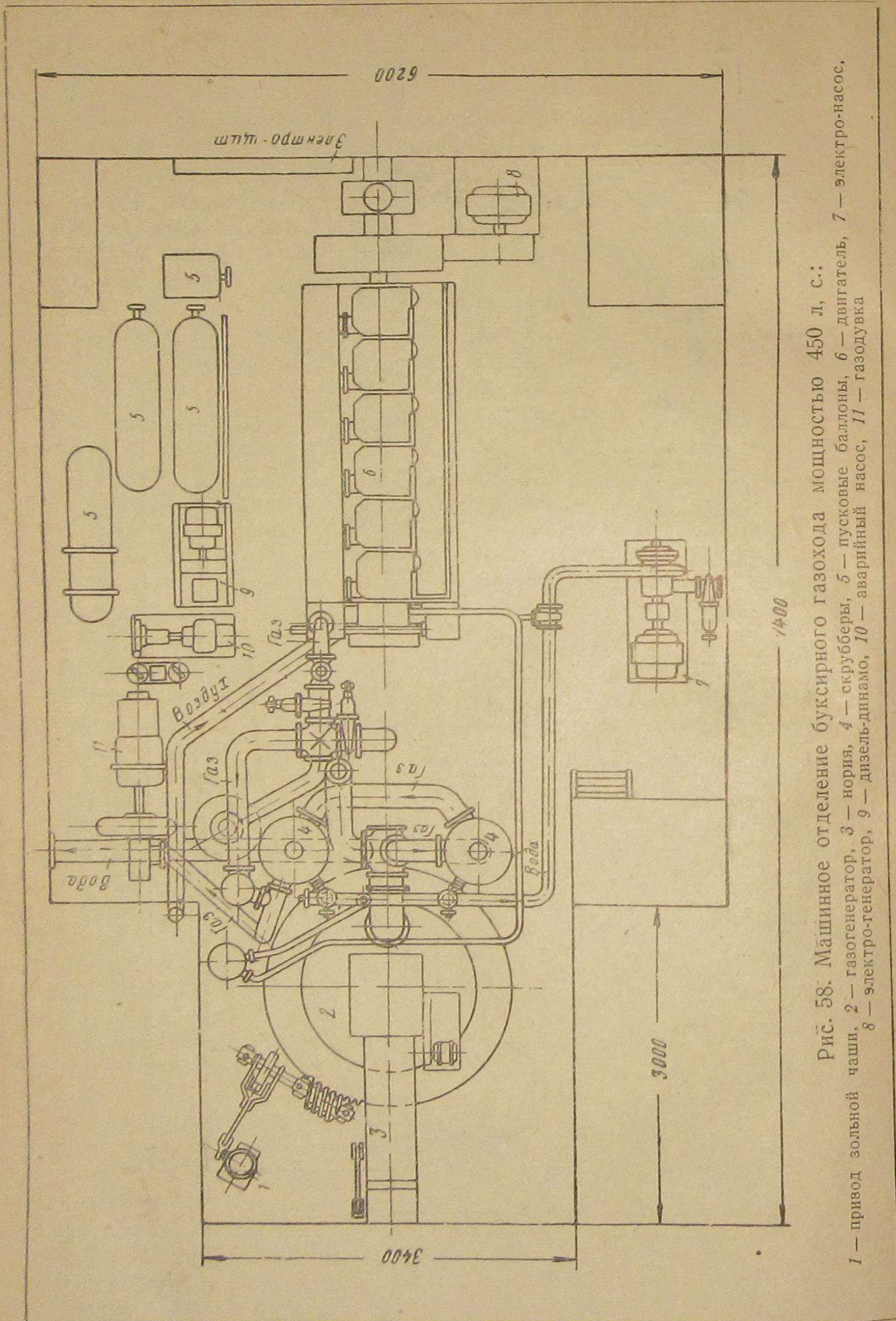


Рис. 58. Машинное отделение буксирного газохода мощностью 450 л. с.:
 1 — привод зольной чаши, 2 — газогенератор, 3 — норья, 4 — скрубберы, 5 — пусковые баллоны, 6 — двигатель, 7 — электро-насос, 8 — электро-генератор, 9 — дизель-динамо, 10 — аварийный насос, 11 — газодувка

хом, для чего у правого борта машинного отделения расположены три пусковых баллона, два из которых емкостью по 500 л, а третий — 250 л.

Для питания силовой и осветительной сети при остановках судна предусмотрено вспомогательное дизель-динамо, установленное по левому борту машинного отделения.

Осушительная система газохода оборудована навешенным на двигатель поршневым насосом и центробежным насосом, находящимся у правого борта в машинном отделении.

Пожарный насос установлен у левого борта.

2. СТАЦИОНАРНЫЕ ГАЗОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Расположение оборудования газогенераторной установки и электростанции мощностью 150 л. с. представлено на рис. 59.

Газ из генератора 1 проходит через скруббер 2 и затем поступает в фильтр 3 тонкой очистки. Отсюда газ по трубопроводу 4, уложенному в траншее, подводится к двигателю 5, установленному в машинном зале.

При розжиге генератора воздух вентилятором 6 по трубопроводу 7 подается в охлаждающий кожух и из последнего поступает под колосниковую решетку.

Топливо (антрацит) подается к питателю генератора при помощи скиперного подъемника 8, оборудованного ручной лебедкой ($Q = 300$ кг).

Очаговые остатки и золу удаляют из генератора через люк 9.

Для отвода газа в атмосферу при розжиге генератора или его остановке между генератором и скруббером установлен трехходовой кран 10.

Газогенераторная установка снабжается водой от сети местного водопровода. Отработавшая в скруббере вода отводится по трубопроводу 11 в гидравлический затвор 12 и далее в сточный коллектор.

В машинном зале установлены двигатель 1 Д6ГД мощностью 150 л. с., электрогенератор 13 переменного тока, а также вспомогательное оборудование и механизмы электростанции.

На рис. 60 показана компоновка оборудования газогенераторной установки и водонасосной станции с двигателем мощностью 150 л. с.

Генератор 1 работает на дровах (швырке) с относительной влажностью не более 30%. Топливо со склада поступает уложенным в металлическое кольцо (кассету) и подается в шахту газогенератора при помощи крана-укосины 2 и ручной лебедки 3.

Трубопроводом 4 газ из генератора направляется в скруббер 5, где происходит его охлаждение и первичная очистка. Отсюда газ поступает в фильтр 6 тонкой очистки и далее по трубопроводу 7, уложенному в траншее, к двигателю 8.

Газогенератор разжигают самотягой, для чего над загрузочным отверстием расположен зонт с вытяжной трубой.

Воздух для газификации поступает в генератор извне помещения по трубопроводу 9.

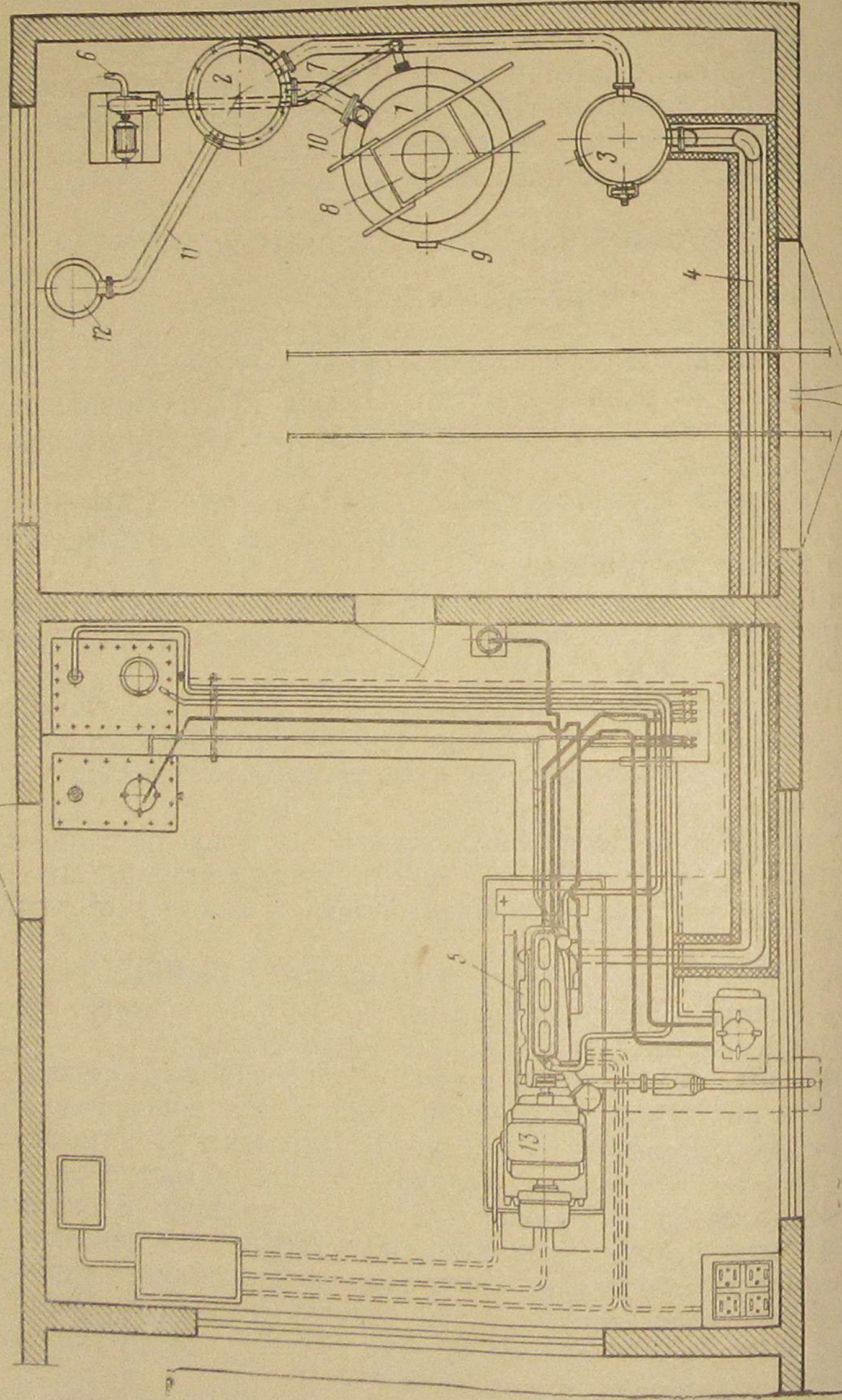


Рис. 59. Машинное отделение электростанции с двигателем мощностью 150 л. с.

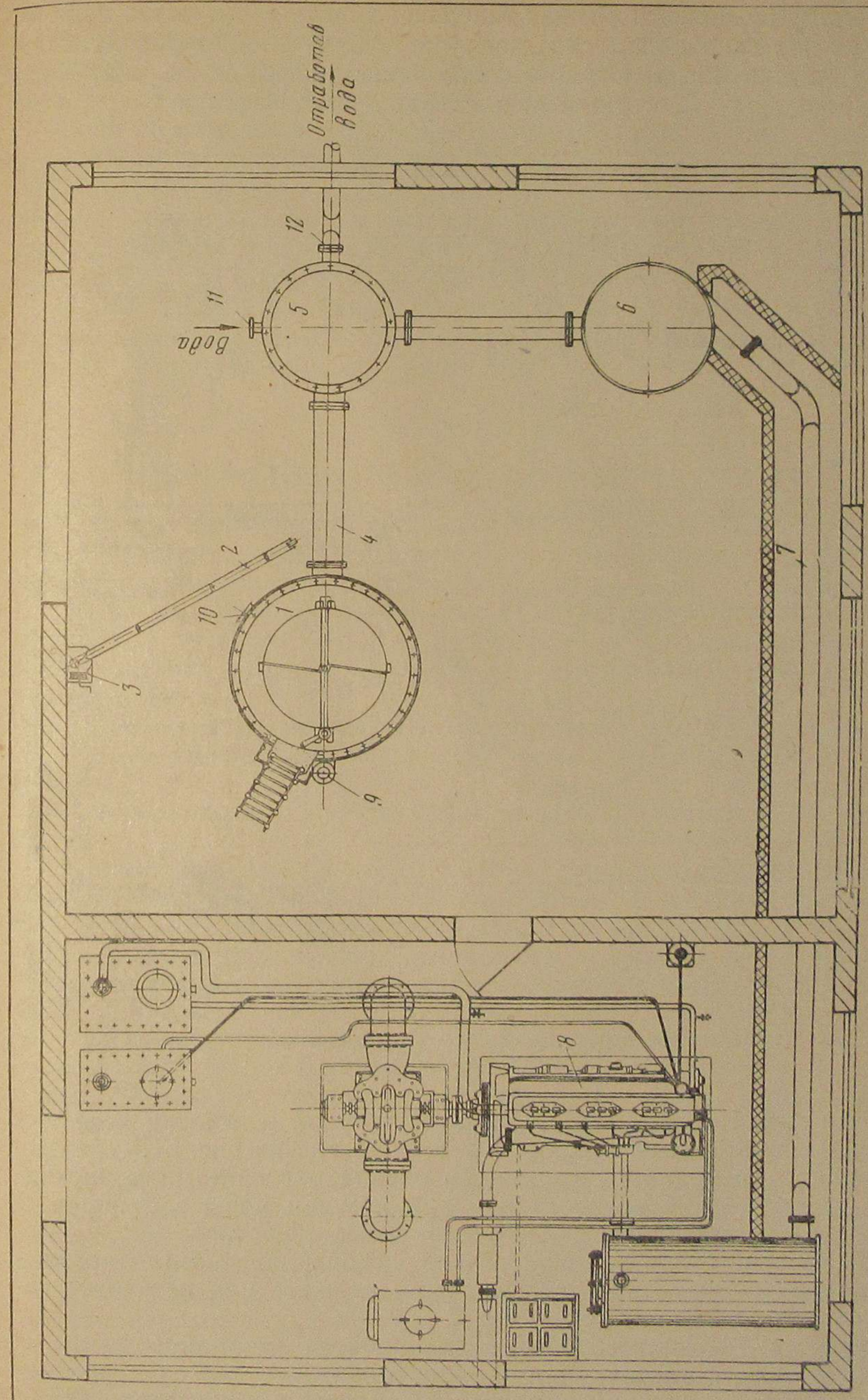


Рис. 60. Машинное отделение водонасосной станции с двигателем мощностью 150 л. с.

Очистку зольника и розжиг генератора производят через люк 10. Вода для охлаждения газа подводится от сети водопровода к патрубку 11 скруббера. Отработавшая вода удаляется из скруббера по трубопроводу 12 в сточный колодец.

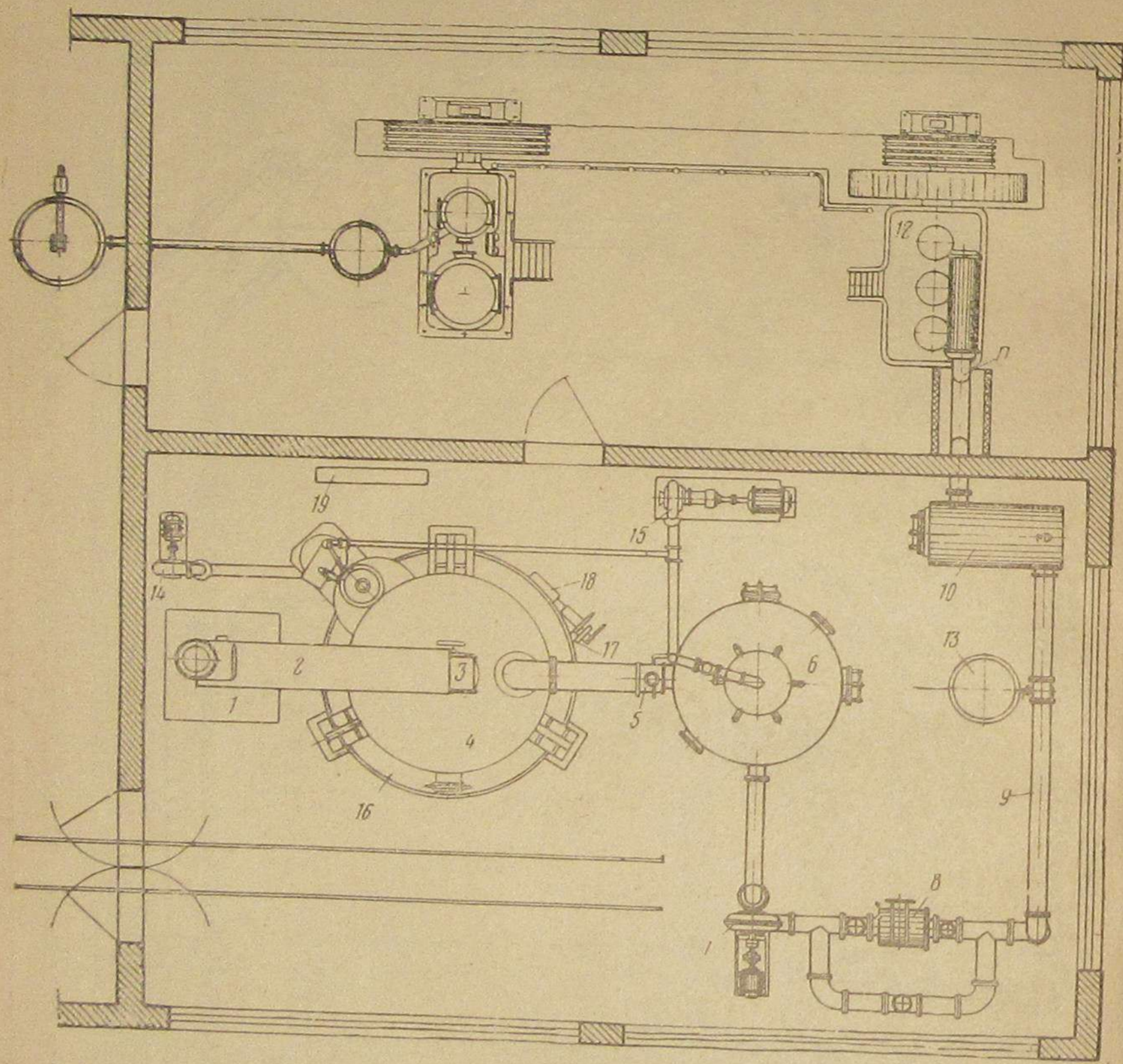


Рис. 61. Машинное отделение компрессорной станции с двигателем мощностью 300 л. с.

Компоновка оборудования газогенераторной установки компрессорной станции с двигателем 300 л. с. показана на рис. 61.

Топливо (антрацит) подается со склада вагонетками к расходному бункеру 1, из которого оно при помощи ковшевой норрии 2 поступает в питатель 3 и далее в шахту газогенератора.

Газ из генератора 4, пройдя трехходовой клапан 5 (предназначенный для отвода дымовых газов при розжиге или остановке генератора), подводится в скруббер 6.

Газодувкой 7 отсасываемый из скруббера газ направляется в фильтр 8 тонкой очистки и по трубопроводу 9 подается к ресиверу 10. Отсюда газ по трубопроводу 11 поступает в двигатель 12.

Для регулирования давления газа на трубопроводе 9 установлен мембранный регулятор 13.

Воздух при розжиге генератора подводится под колосниковую решетку от центробежного вентилятора 14.

Вода в генератор, скруббер и трехходовой клапан подается центробежным насосом 15.

Очаговые остатки и золу удаляют из генератора при помощи лемеха, прикрепленного к охлаждающему кожуху. Зольниковая чаша 16 вращается при помощи храпового колеса 17 и червячной передачи 18 от электродвигателя переменного тока.

Привод всех механизмов газогенераторной установки производится индивидуальными электродвигателями, получающими питание от распределительного щита 19.

ГЛАВА X

ГЕНЕРАТОРНЫЕ И ПОЛУГАЗОВЫЕ ТОПКИ

Широкое применение промышленных печей в различных отраслях народного хозяйства связано с потреблением значительного количества нефтепродуктов (мазута).

Отопление промышленных печей твердым топливом позволяет отказаться от применения дальнепривозного (в большинстве случаев) жидкого топлива и рационально использовать местные топливные ресурсы.

В зависимости от технико-экономических соображений отопление промышленных печей твердым топливом может производиться путем:

а) непосредственного сжигания твердого топлива в топках печей и

б) сжигания газа, полученного в генераторных и полугазовых топках, индивидуальных газогенераторах и на станциях группового или централизованного газоснабжения.

В промышленных печах, отапливаемых твердым топливом, применяются топки с непосредственным сжиганием в них твердого топлива, или генераторные и полугазовые топки, из которых горение полученного газа перенесено в рабочее пространство печи.

В тех случаях, когда стабильность температурного режима и равномерный обогрев рабочего пространства являются основными показателями работы печи, последние оборудуются генераторными или полугазовыми топками.

Генераторная топка представляет собой шахту с горизонтальной или ступенчатой колосниковой решеткой. Первичный воздух с давлением 100—200 мм водяного столба подается под колосниковую решетку от вентилятора.

Дутье увлажняется путем налива воды в зольный приямок или подвода пара от заводской магистрали.

Получение генераторного газа в топке аналогично газификации твердого топлива в газогенераторе прямого процесса. Из свободного объема топки генераторный газ подводится к камере печи, где он

смешивается с нагретым вторичным воздухом и сгорает в рабочем пространстве камеры печи, развивая в нем температуру в зависимости от температуры подогрева воздуха — 1000—1300° С.

В генераторных топках применяются любые виды твердого топлива (антрацит, каменные угли, кусковой торф и т. д.). Высота слоя топлива в генераторных топках составляет 400—900 мм.

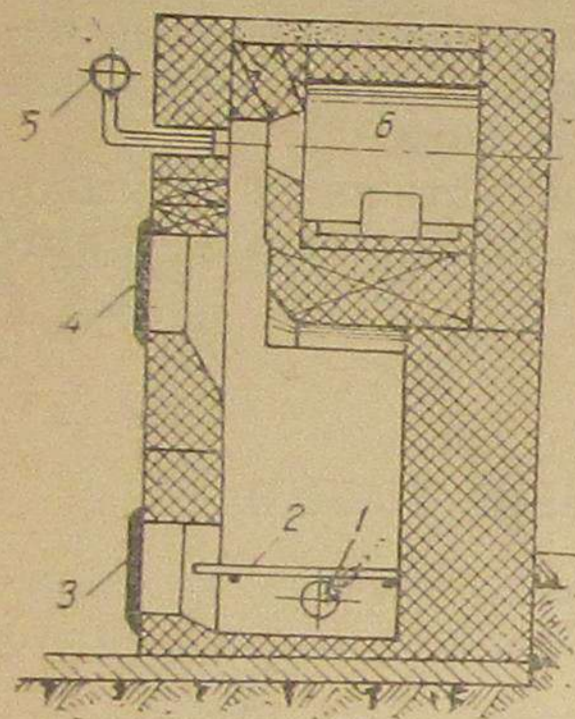


Рис. 62. Схема генераторной топки:

1 — труба для подвода первичного воздуха, 2 — колосниковая решетка, 3 — люк для розжига топки и очистки зольника, 4 — люк для загрузки топлива, 5 — труба для подвода вторичного воздуха, 6 — камера печи

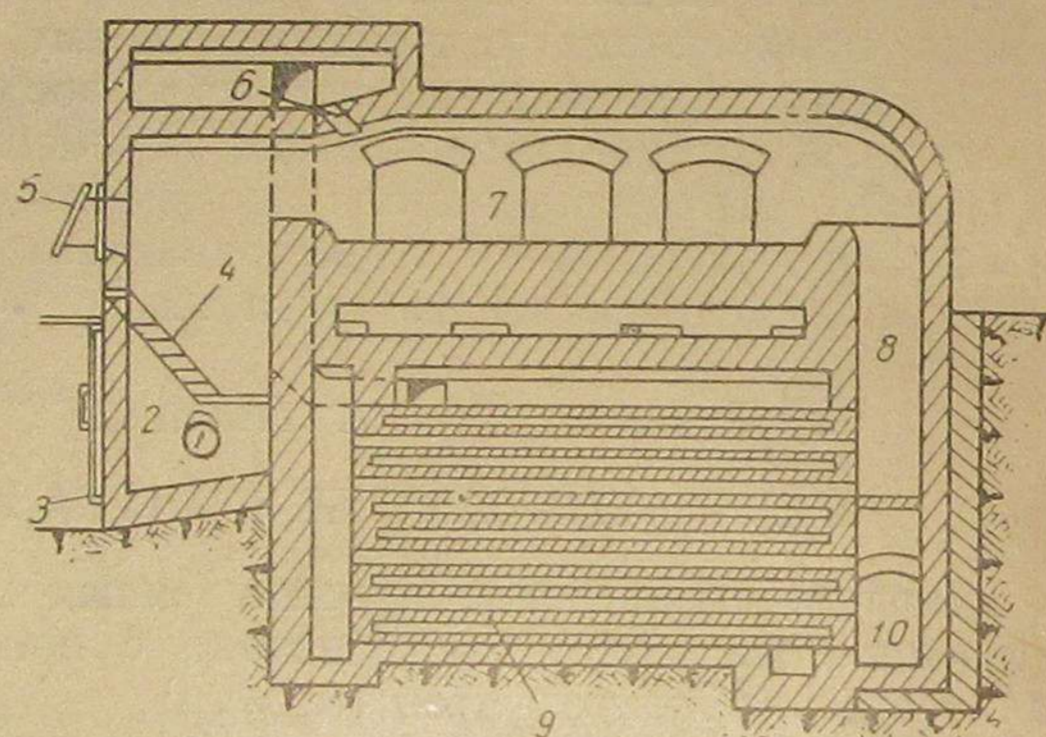


Рис. 63. Схема полугазовой топки:

1 — труба для подвода первичного воздуха, 2 — зольник, 3 — люк для розжига топлива и очистки зольника, 4 — ступенчатая колосниковая решетка, 5 — люк для загрузки топлива, 6 — канал для подвода вторичного воздуха, 7 — камера печи, 8 — дымоход печи, 9 — рекуператор, 10 — боров

Весовое напряжение колосниковой решетки принимается от 100 до 150 кг/м²/час.

Теплотворная способность генераторного газа, полученного в топке, колеблется от 1100 до 1200 кал/м³.

На рис. 62 представлена генераторная топка для каменного угля с горизонтальной колосниковой решеткой.

Конструктивное выполнение полугазовой топки (рис. 63) аналогично генераторной; различие между ними состоит в том, что полугазовая топка работает на пониженном слое топлива (300—500 мм) и теплотворная способность получаемого в ней газа не превышает 900—1000 кал/м³.

Топливом для полугазовых топков обычно служит антрацит или каменные угли.

Необходимый объем генераторной или полугазовой топки — V_m может быть определен по формулам:

1. Свободный объем топки:

$$V_1 = \frac{B \times (Q_n^p + V_2 \times Q_n^g)}{q} \text{ м}^3,$$

где: B — расход топлива, кг/час;

Q_n^p — теплотворная способность топлива, кал/кг;

V_2 — выход газа из одного кг топлива, м³/кг;

Q_n^g — теплотворная способность газа, кал/м³;

q — тепловая нагрузка, кал/м³ час.

2. Объем, занимаемый топливом:

$$V_2 = \frac{B \times Z}{\gamma} \text{ м}^3,$$

где: Z — время пребывания топлива в топке в часах;

γ — насыпной вес топлива в кг/м³.

3. Полный объем топки:

$$V_m = V_1 + V_2 \text{ м}^3.$$

1. КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРНЫХ ТОПОК И ТОПОК С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ СЖИГАНИЕМ ТОПЛИВА

На рис. 64 представлена трехкамерная инструментальная печь с генераторной топкой конструкции ЦНИИ железнодорожного транспорта.

Генераторная топка 1 сечением ~ 0,375 м³ оборудована неподвижной колосниковой решеткой 2 и предназначена для газификации бурых углей или антрацита марок АЗ и АС.

Вентиляторное дутье с давлением 100 мм водяного столба под колосниковую решетку подается по трубопроводу 3.

Генераторный газ из топки поднимается вверх и у порога пода 4 камеры смешивается со вторичным воздухом, подводимым по трубопроводу 5 к фурмам 6.

Газовоздушная смесь сгорает на пороге пода камеры 4, вследствие чего температура в ней может колебаться в зависимости от заданного режима, в пределах 600—1200° С.

Продукты сгорания из камеры 4, опускаясь вниз по каналу 7, последовательно омывают муфель 8 предварительного подогрева металла (температура в котором достигает 800—850° С), затем муфель 9 процесса отпуска и направляются далее в боров печи. Сечение каждого муфеля составляет 0,24 м². Для регулирования температуры в муфеле 9 (в интервале 150—300° С) предусмотрено имеющее заслонку отверстие 10, через которое в камеру поступает воздух из атмосферы.

Производительность печи — 40 кг/час. Расход условного топлива — 22,5—25,0 кг/час.

На рис. 65 представлена медеплавильная печь Георгадзе производительностью 1 т, переоборудованная ЦНИИ железнодорожного транспорта на отопление генераторным газом.

Газ, получаемый в генераторной топке 1, подводится для сжигания в камеру 2, куда через фурмы 3 поступает вторичный воздух, нагретый до температуры 250—275° С. Из камеры 2 продукты сгорания направляются в плавильную камеру 4 и далее по четырем каналам 5 отводятся из печи в дымовую трубу.

Подогревается вторичный воздух в трубчатом рекуператоре 6, омываемом отходящими газами. Для регулирования температуры

газов, омывающих рекуператор, в дымоходе установлены два патрубка с задвижками, через которые происходит подсос атмосферного воздуха.

Металл загружают в печь через окно 7. Наблюдение за процессом плавки производится через окно 8, расположенное сбоку плавленной камеры. Продолжительность процесса плавки равна двум часам.

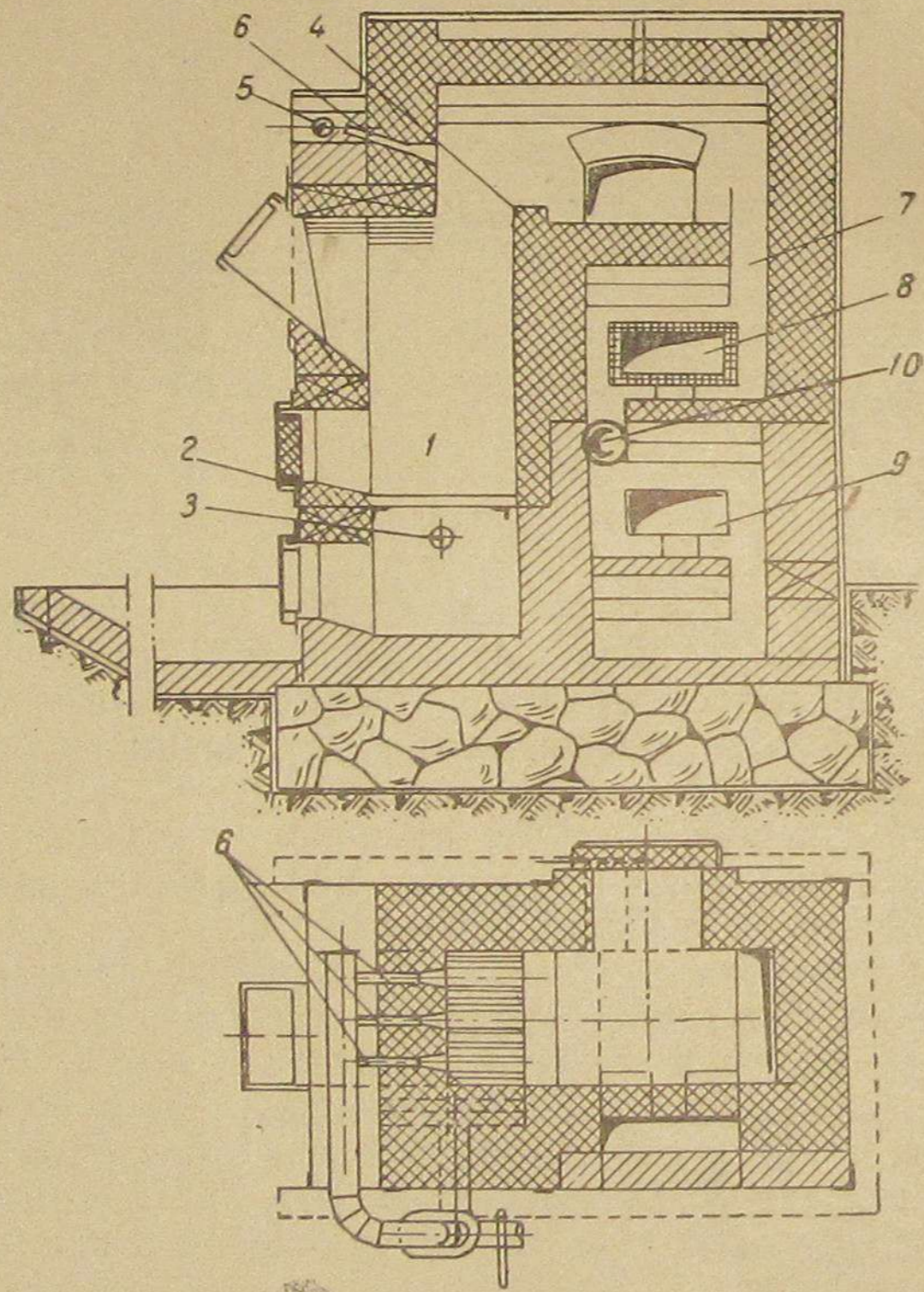


Рис. 64. Трехкамерная инструментальная печь с генераторной топкой

Расплавленный металл выпускают через лётку 9.

Расход условного топлива на тонну расплавленного металла составляет 90—95 кг.

На рис. 66 представлена камерная сушильная печь, предназначенная для сушки литейных стержней.

Рабочая часть сушильной печи представляет собой камеру размерами 1700 × 1300 × 2000 мм, футерованную диатомитовым кирпичом.

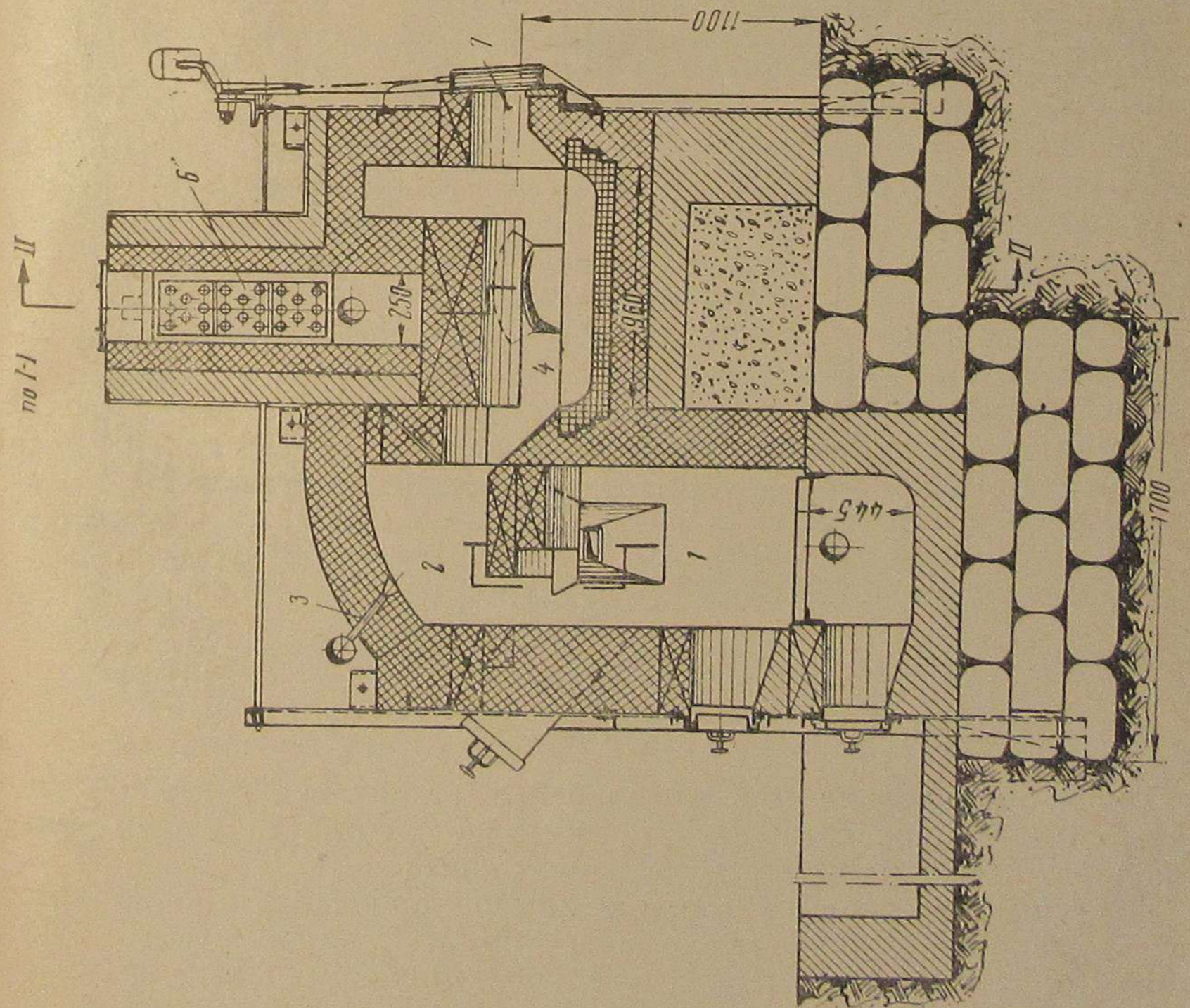
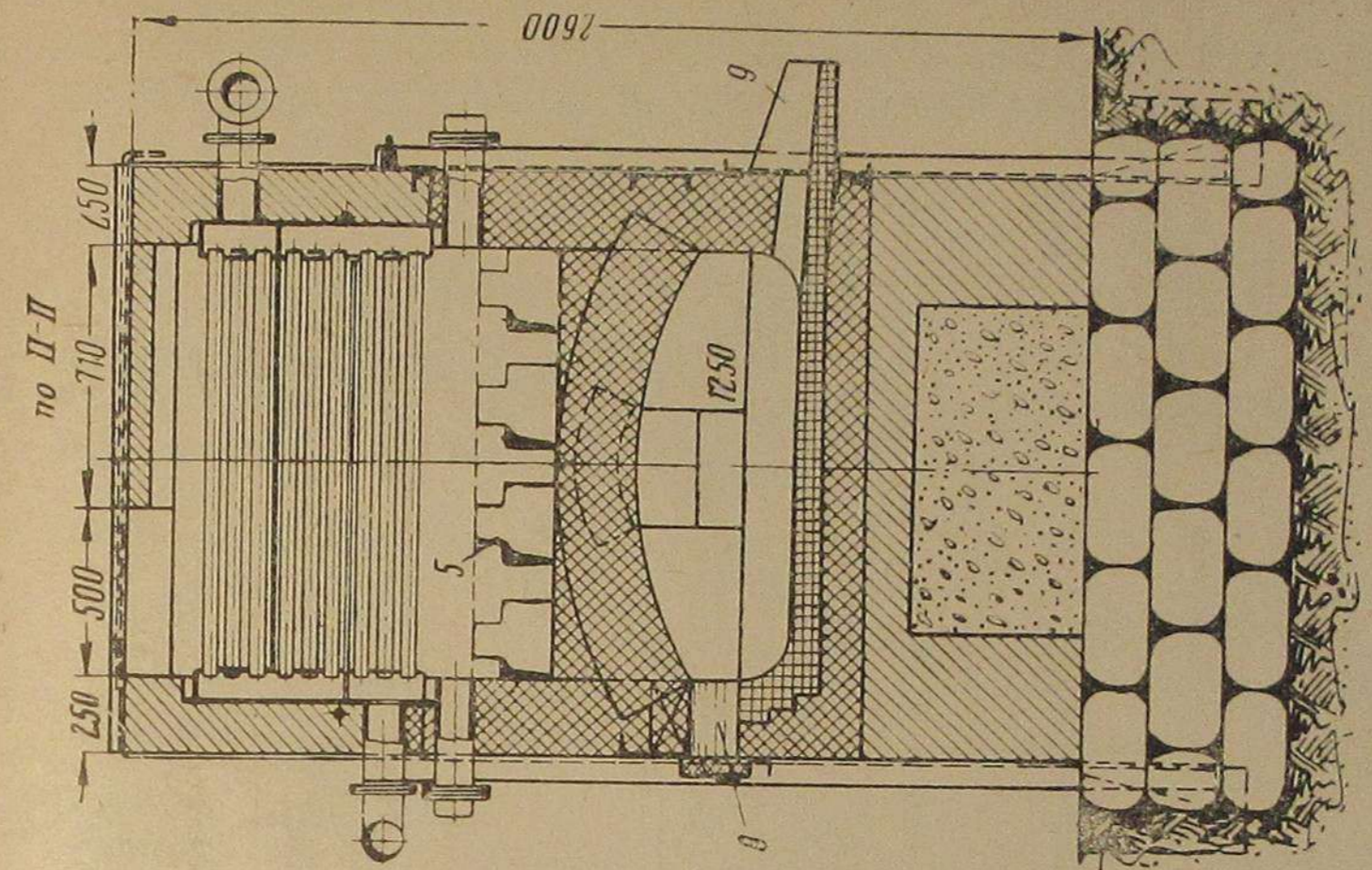


Рис. 65. Металлплавильная печь с генераторной топкой

Стержни сушатся дымовыми газами при температуре 180—260° С. Дымовые газы получаются от сжигания твердого топлива в топке с ручным обслуживанием, расположенной под подом печи.

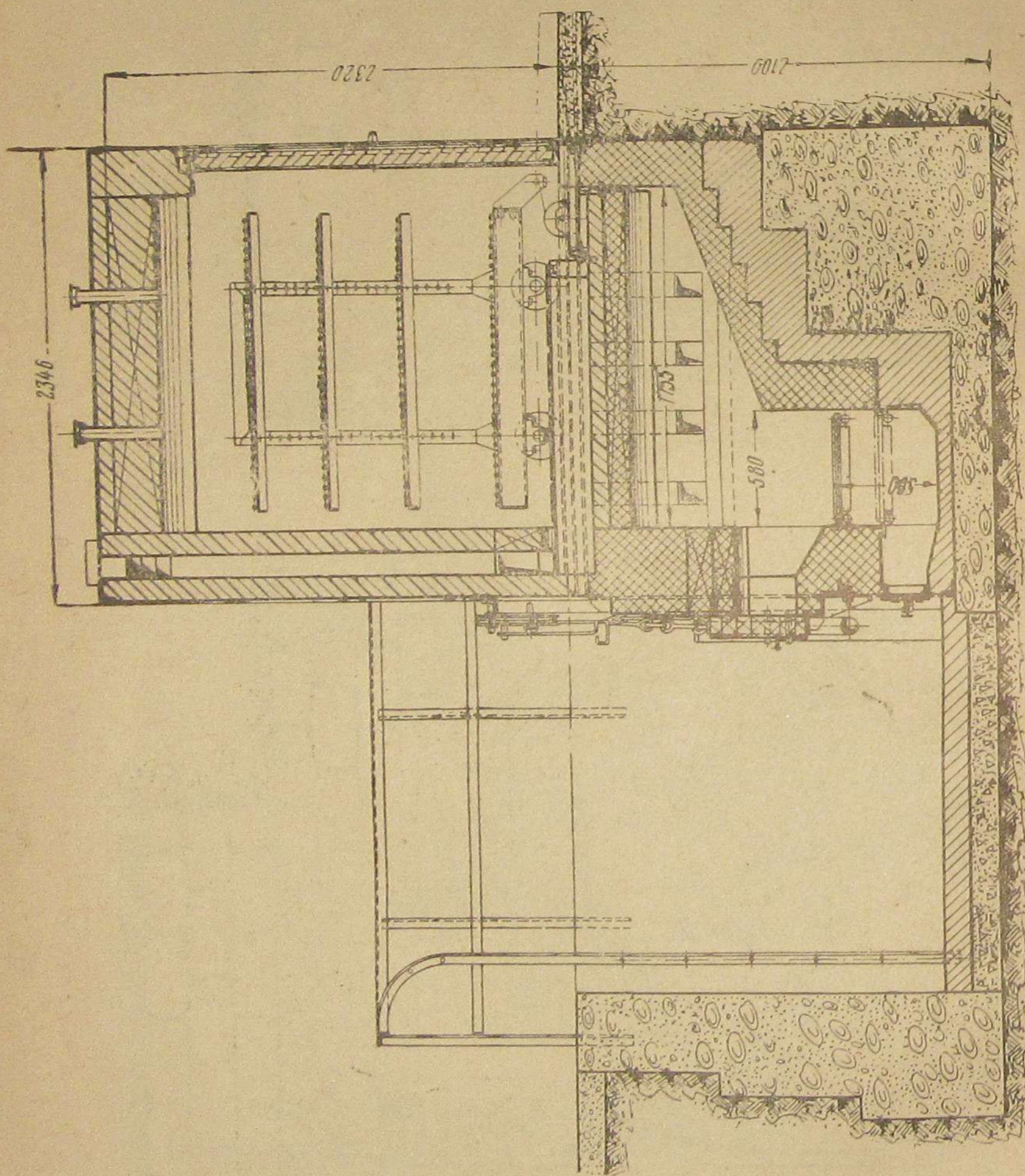


Рис. 66. Камерная сушильная печь с непосредственным сжиганием топлива

Топка оборудована горизонтальной колосниковой решеткой площадью 0,4 м², рассчитанной на сжигание антрацита бурых углей или дров. Топка работает на вентиляторном дутье.

Поступление газов из топки в камеру происходит по каналам, расположенным с двух сторон печи по всей длине камеры. Для снижения температуры газов перед поступлением в камеру, к каналам подведен охлаждающий воздух. Отработавшие газы из камеры направляются в сборный канал, откуда при помощи есте-

ственной тяги отводятся в дымоход, расположенный в задней торцевой стенке печи.

Производительность сушильной печи в зависимости от крупности стержней составляет 300—1200 кг/час сухих стержней, при сушке их с начальной влажностью 8%.

Средний расход антрацита 35—45 кг/час.

При кладке промышленных печей, а также генераторных и полугазовых топок применяются своды различной формы и размеров.

Наиболее распространенными являются полуциркульные и сегментные своды. К полуциркульным сводам относятся своды, в которых стрела равна половине пролета. Сегментные своды выполняются со стрелой, равной от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{12}$ пролета.

Наибольшую устойчивость при больших колебаниях температуры дает стрела свода, равная $\frac{1}{8}$ пролета. Плоские своды с небольшой стрелой применяются в большинстве случаев для малых пролетов.

Огнеупорные изделия для выкладки генераторных и полугазовых топок в зонах высоких температур должны соответствовать ГОСТ 4247—48.

2. ПЕЧИ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ГАЗОГЕНЕРАТОРАМИ

В тех случаях, когда производственные условия не позволяют устраивать генераторную или полугазовую топку, промышленные печи оборудуются индивидуальными генераторами, или снабжаются газом от станции группового или централизованного газоснабжения.

Необходимо отметить, что индивидуальные газогенераторы менее экономичны, чем генераторные или полугазовые топки, и на их изготовление требуется больше материалов и средств.

На рис. 67а представлен продольный разрез кузнечной печи с размерами пода: длина 800 мм, ширина 1230 мм, отапливаемой генераторным газом, получаемым от индивидуального газогенератора.

Газогенератор 1 работает по прямому процессу на антраците марки «АМ». Шахта газогенератора $D = 720$ мм и бункер $D_1 = 1200$ мм футерованы стандартным огнеупорным кирпичом.

На боковой поверхности шахты расположены шуровочные отверстия 2 с трубками и заглушками 3.

Топливо в генератор подается один раз в смену через люк 4, снабженный крышкой 5.

Колосниковая решетка 6 встряхивающего типа приводится в действие при помощи рычага (на рис. не показан). Зольник чистят один раз в смену одновременно с загрузкой генератора.

Воздух вентилятором 7 под давлением 150—200 мм вод. столба нагнетается в кольцевое пространство 8, образуемое кожухом и шахтой газогенератора, откуда он через отверстия 9 поступает под колосниковую решетку. Пар из заводской сети по трубе 10 подводится в зольниковую коробку 11.

Газ через прямоугольные отверстия 12, равномерно расположенные по периметру шахты, отводится в коллектор 13, из которого по трубопроводу 14 поступает в каналы 15 и далее к горелкам 16.

Генератор отключают от печи газовой задвижкой 17, установленной на трубопроводе 14. Вторичный воздух подводится к горелкам по трубам 18 из воздухопровода 19.

На рис. 67б представлена кузнечная печь с площадью пода 0,7 м², оборудованная воздухоподогревателем и отапливаемая газом, получаемым от индивидуального газогенератора.

Газогенератор 1 работает по прямому процессу на буром угле с размерами кусков 30 × 70 мм, дровах и кусковом торфе.

Шахта газогенератора диаметром 660 мм по всей высоте футерована стандартным огнеупорным кирпичом.

Топливо загружается в генератор через люк 2, снабженный гидравлическим затвором 3. Колосниковая решетка 4 встряхивающего типа.

Газ из шахты генератора через прямоугольные отверстия 5 поступает в кольцевой коллектор 6, газопровод 7 и далее в каналы печи 8. Генератор отключают от печи шибером 9, установленным на газопроводе 7.

Вторичный воздух из рекуператора 10 трубопроводами 11 и патрубками 12 подводится в каналы печи 8, где происходит его смешение с газом, после чего газовоздушная смесь через горелки 13 поступает в камеру 14 печи.

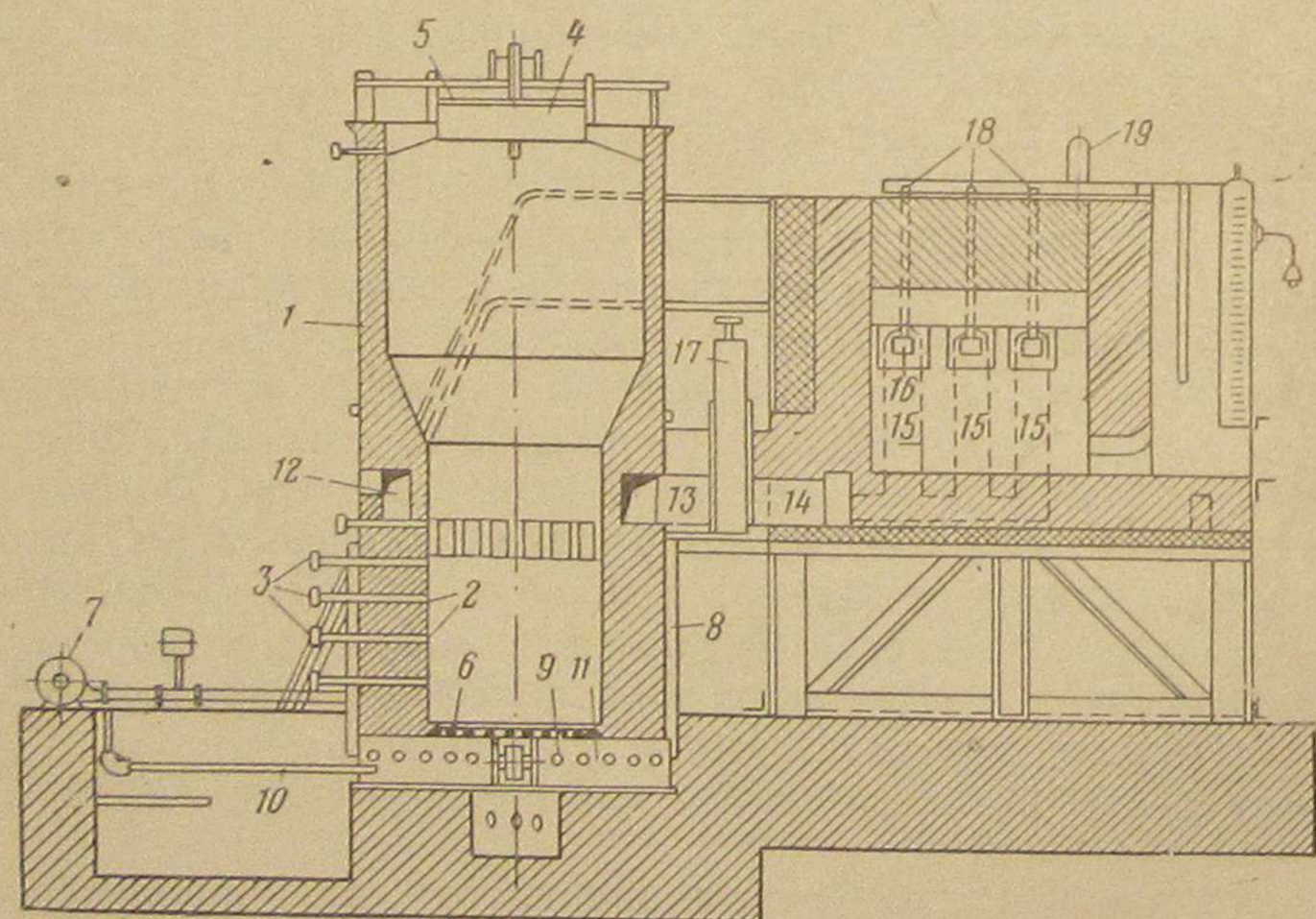


Рис. 67а. Кузнечная печь с индивидуальным газогенератором

Отводимые из печи по каналам 15 и 16 отходящие газы омывают рекуператор 10, после чего направляются в дымовую трубу.

На рис. 68 представлена газовая нагревательная камерная печь с площадью пода 1,04 м², предназначенная для цементации или нагрева под ковку различных деталей.

Генераторный газ с температурой 150° С подается к двум горелкам 1, а необходимый для сжигания газа воздух, нагретый в пластинчатом рекуператоре 2 до 250° С, подводится к патрубкам 3 горелок.

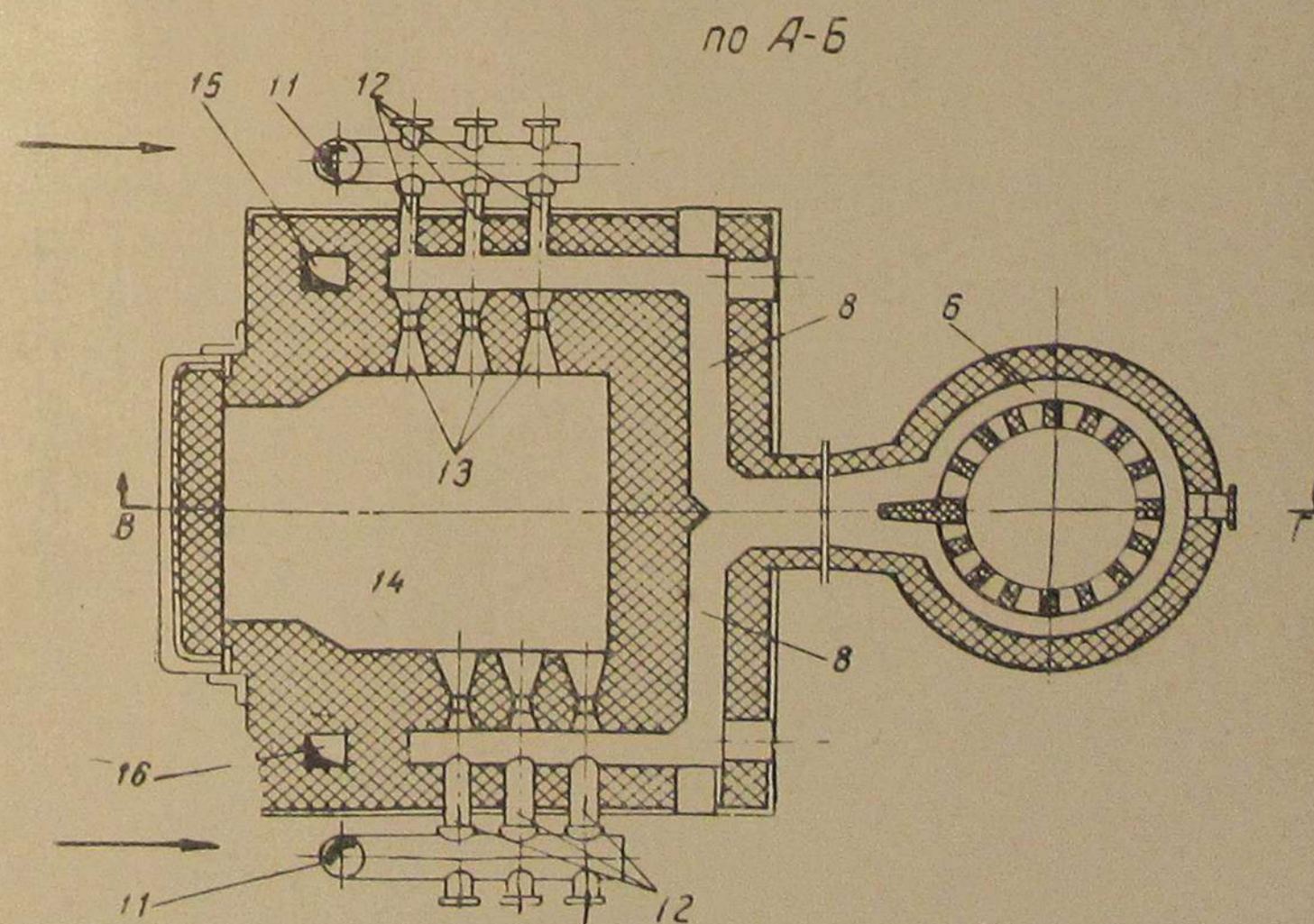
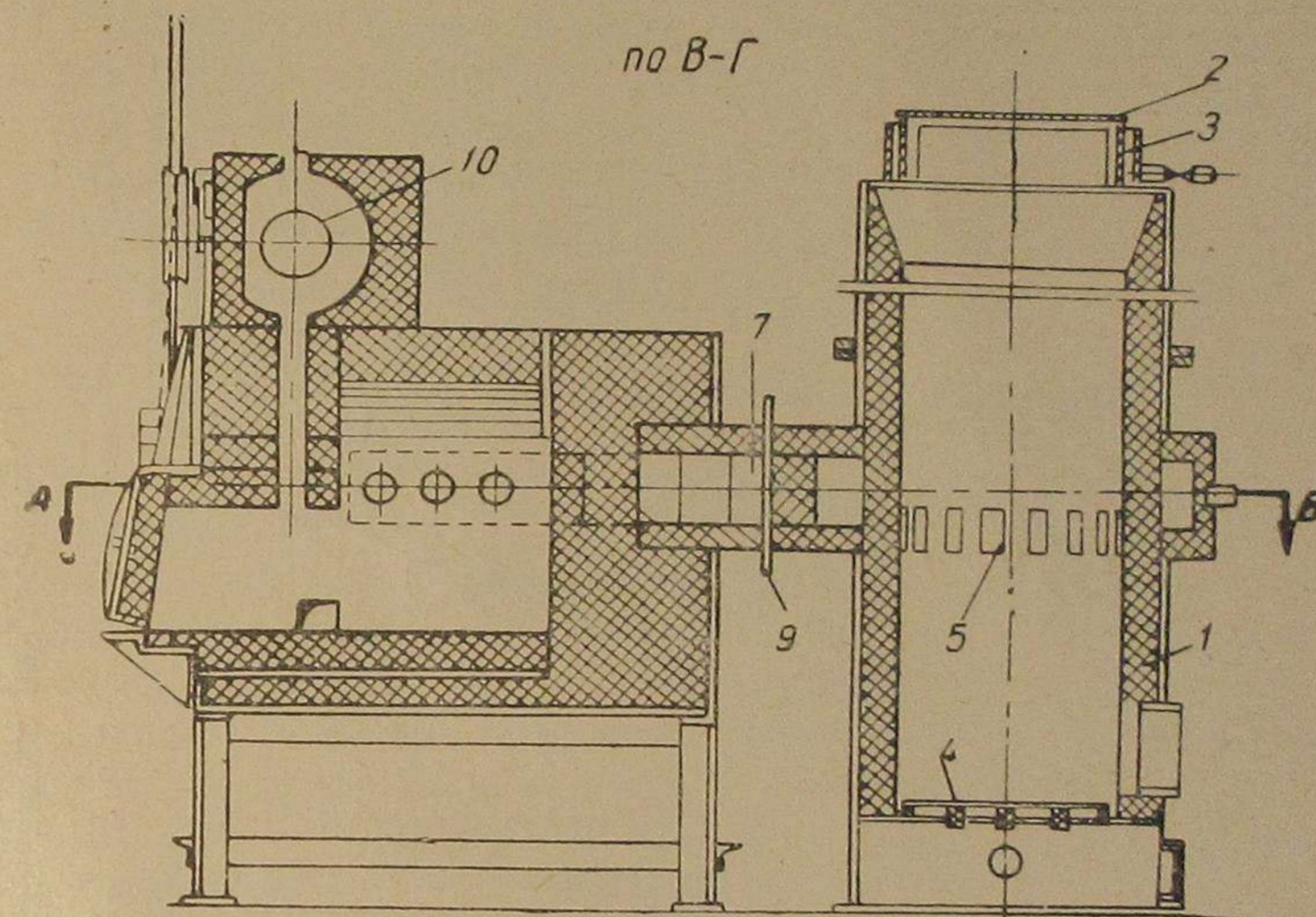


Рис. 67б. Кузнечная печь с индивидуальным газогенератором оборудованная

Обе горелки оборудованы гидравлическими затворами 4.

Дымовые газы через каналы 5 поступают в коллектор 6, поднимаются вверх, проходят рекуператор, после чего отводятся в дымовую трубу.

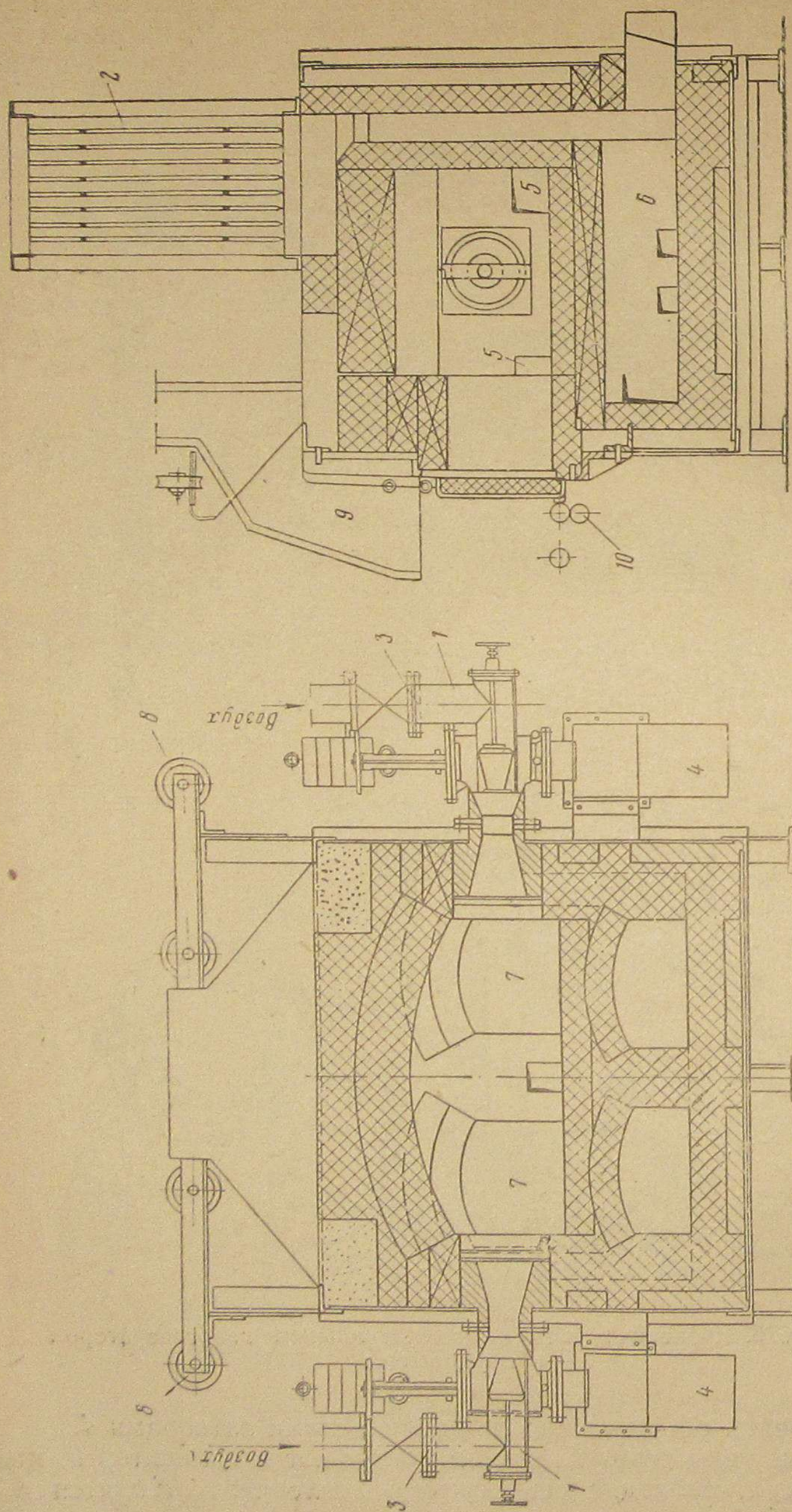


Рис. 68. Нагревательная печь с пластинчатым рекуператором

Загрузка и выгрузка деталей производится через два рабочих окна 7. В целях удобства загрузки тяжелых деталей над рабочими окнами расположены ролики 8.

Для предохранения обслуживающего персонала во время загрузки и разгрузки печи от воздействия высоких температур, предусмотрен вытяжной зонт 9 и отдувочный трубопровод 10, расположенный под рабочими окнами печи.

Часовая производительность печи составляет 260 кг, что соответствует напряженности пода в 250 кг/м^2 .

3. РЕКУПЕРАТОРЫ

В промышленных печах, отапливаемых генераторным газом, получение в рабочей камере температуры $1100\text{--}1400^\circ \text{C}$ сопряжено с необходимостью производить подогрев как первичного, так и вторичного воздуха.

Первичный воздух во избежание прогара колосниковой решетки подогревают до $250\text{--}300^\circ \text{C}$, в то время как температура подогрева вторичного воздуха может быть значительно выше. Поэтому печи с температурным режимом рабочей камеры от 1100°C оборудуются устройствами для подогрева воздуха, — регенераторами или рекуператорами. В печах, работающих с перерывами и на переменных режимах, регенераторы не применяются.

Рекуператор представляет собой воздухоподогреватель, обогреваемый отходящими из печи газами. Рекуператоры в зависимости от материала, из которого они изготовлены, подразделяются на керамические и металлические.

Керамические рекуператоры применяются в печах с большой производительностью и высокой температурой уходящих газов. В печах с небольшими размерами пода, керамические рекуператоры не устанавливаются ввиду их громоздкости и сложности изготовления.

Из металлических рекуператоров наибольшее распространение получили игольчатые, пластинчатые и трубчатые рекуператоры благодаря их компактности, малому весу и удобному расположению в дымоходах печей.

Игольчатый рекуператор представляет собой чугунную трубу овальной или прямоугольной формы, на внутренней и внешней поверхности которой расположены иглы фасонного сечения. Игольчатые рекуператоры изготавливаются отдельными элементами с последующей их компоновкой в секции. На рис. 69а изображен элемент чугунного игольчатого рекуператора конструкции Союзтеплостроя. Собранный из отдельных элементов игольчатый рекуператор устанавливается в дымоходе печи.

Воздух, пропускаемый по каналу 1, нагревается в результате омывания внешней поверхности игл рекуператора отходящими из печи газами.

Коэффициент теплопередачи игольчатого рекуператора при скорости в нем воздуха $3\text{--}4 \text{ м/сек}$ и пересчете на гладкую поверхность элементов составляет в среднем $50 \text{ кал/м}^2 \text{ час } ^\circ \text{C}$.

Пластинчатый рекуператор, представленный на рис. 69 б, состоит из металлического корпуса 1 прямоугольного сечения, разделенного перегородками 2 на ряд отдельных каналов. Узкие каналы 3 предназначены для прохода воздуха, а широкие 4 — для продуктов горения.

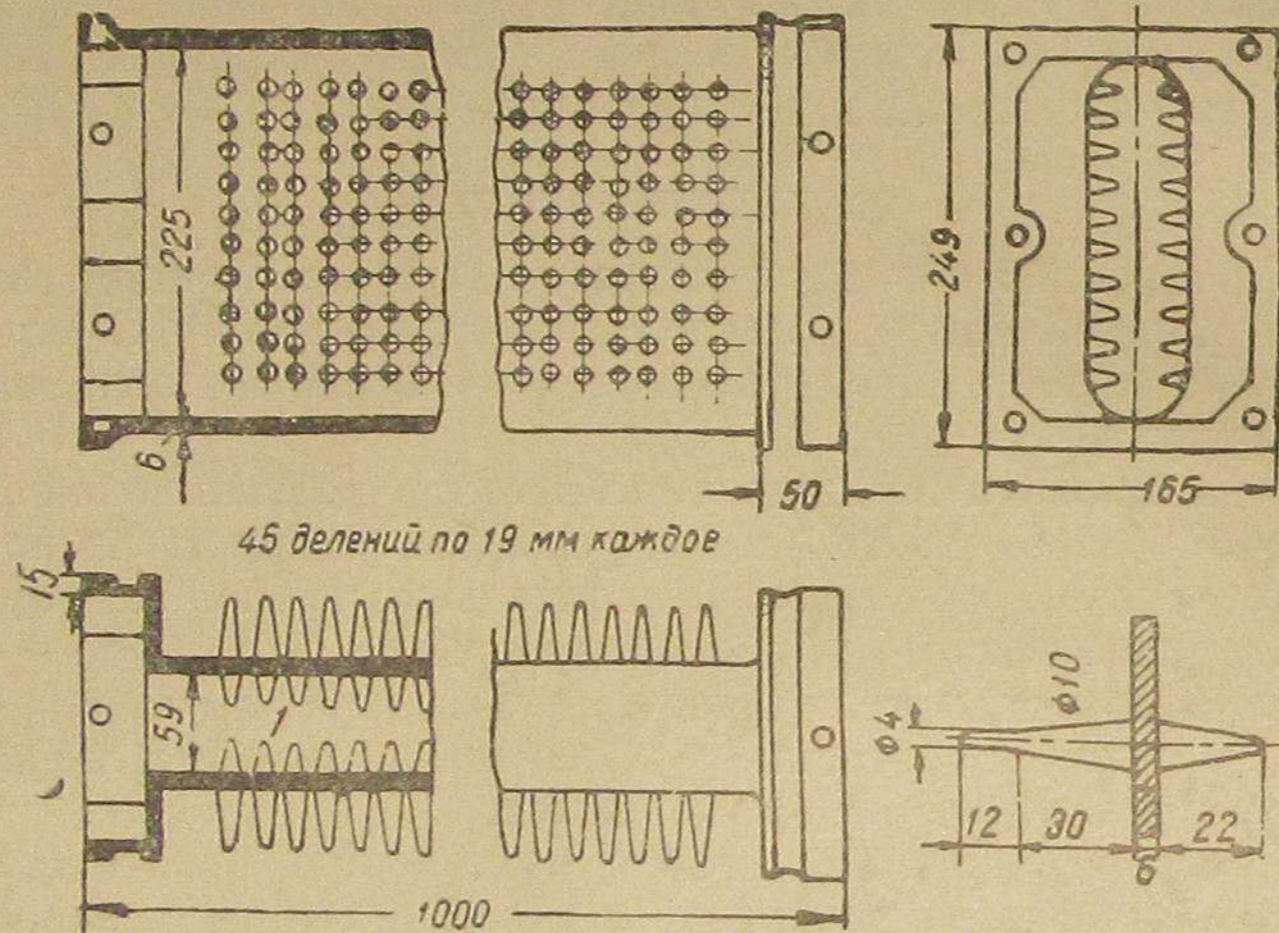


Рис. 69а. Игольчатый рекуператор

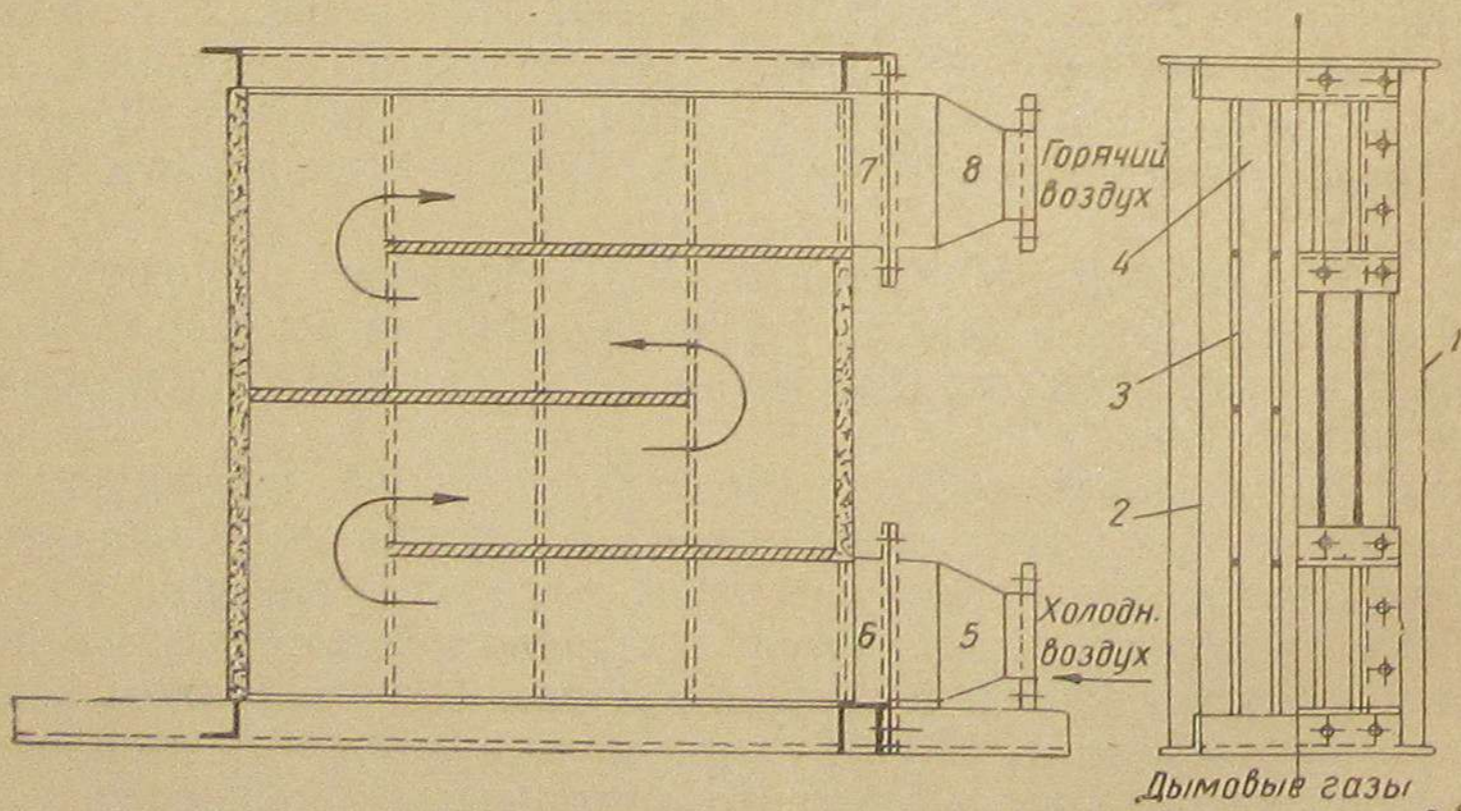


Рис. 69б. Пластинчатый рекуператор

Холодный воздух по патрубку 5 подводится к коллектору 6, из которого он поступает в каналы 3, имеющие повороты, вследствие чего происходит неоднократное изменение направления его потока и затем нагретый до заданной температуры воздух по коллектору 7 подводится к выходному патрубку 8.

Продукты горения по каналам 4 движутся снизу вверх и, пройдя рекуператор, отводятся в дымовую трубу.

Пластинчатые рекуператоры данной конструкции устанавливаются над печью, что создает благоприятные условия для контроля и наблюдения за их работой.

Скорость воздуха в пластинчатых рекуператорах принимается от 5 до 6 м/сек, а скорость дымовых газов 0,5—0,6 м/сек. Сопротивление пластинчатого рекуператора по воздушной стороне колеблется от 35 до 40 мм водяного столба, а сопротивление его по газовой стороне настолько ничтожно, что рекуператор может работать и при естественной тяге.

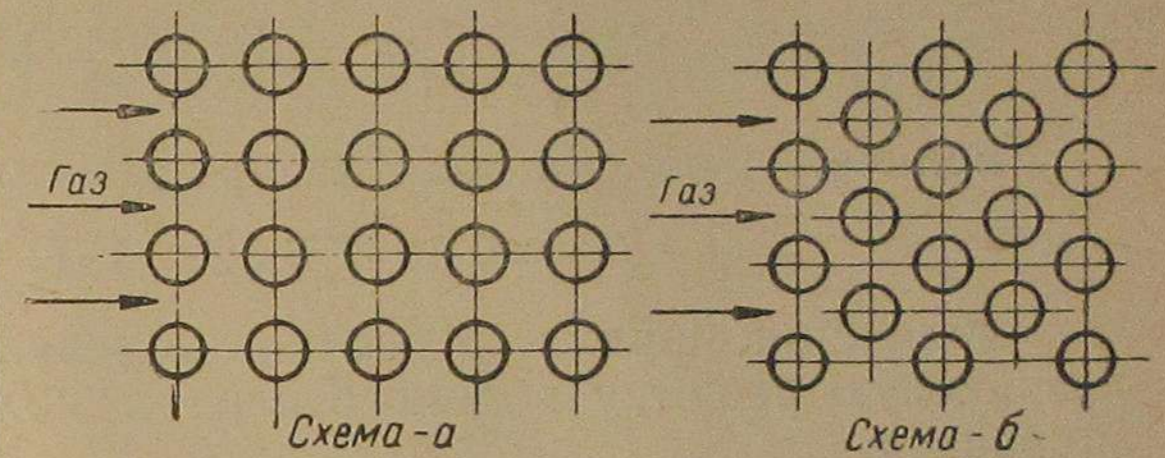


Рис. 70. Схема расположения труб в рекуператоре

Пластинчатые рекуператоры обычно применяются для подогрева воздуха до температуры 250—300° С.

Трубчатые рекуператоры из газовых или цельнотянутых труб устанавливаются в дымоходах печей с температурой уходящих газов не выше 500° С.

При более высоких температурах уходящих газов для рекуператоров применяются трубы из жароупорной стали.

Система расположения труб (рис. 70) рекуператора может быть коридорная (схема а) или шахматная (схема б). Скорость воздуха в трубчатых рекуператорах принимается 4—5 м/сек.

Приближенный расчет трубчатого рекуператора для кузнечной печи, оборудованной полугазовой топкой

Исходные данные для расчета:

Топливо	антрацит
Часовой расход топлива (без подогрева вторичного воздуха)	120 кг/час
Теплотворная способность топлива	6700 кал/кг
Температура дымовых газов, поступающих в рекуператор	850°С
Температура воздуха, поступающего в рекуператор	20°С
Температура подогрева вторичного воздуха	400°С
Материал для рекуператора	цельнотянутые трубы ГОСТ 301—50 по противотоку коридорная
Схема работы рекуператора	$i = 0,2\%$
Система расположения труб	$\alpha = 1,15$
Содержание незаконченных продуктов горения в дымовых газах	
Коэффициент избытка воздуха	
Состав дымовых газов:	
Углекислота (CO ₂)	16%
Кислород (O ₂)	3,0%
Водяные пары (H ₂ O)	6,4%
Азот (N ₂)	74,6%

Объем дымовых газов на 1 кг антрацита по формуле Розина составляет:

$$G' = \frac{9,915}{1000} Q_p^n + 1,5 = \frac{0,915}{1000} 6700 + 1,5 = 7,6 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Теоретический объем воздуха для горения 1 кг антрацита по формуле Розина будет равен:

$$G = \frac{1,01}{1000} Q_p^n + 0,5 = \frac{1,01}{1000} 6700 + 0,5 = 6,82 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Увеличение объема воздуха при избытке его в 15% составит:

$$G_2 = 0,15 \times 6,82 = 1,02 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Увеличение продуктов горения в результате подвода под колосниковую решетку водяного пара в количестве 0,4 кг на 1 кг антрацита:

$$\frac{0,4}{0,804} = 0,5 \text{ м}^3/\text{кг},$$

где 0,804 — вес 1 м³ водяных паров при 0° и 760 мм рт. столба.

Объем продуктов горения на 1 кг антрацита при 0° и 760 мм ртутного столба будет равен:

$$A = 7,6 + 1,02 + 0,5 = 9,12 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Количество вторичного воздуха (при 0° и 760 мм ртутного столба), подводимого в печь, принимаем равным 55% от теоретического:

$$G'' = 0,55 \times G = 0,55 \times 6,82 = 3,75 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Расход антрацита в час при подогреве вторичного воздуха до 400°С определяем по формуле:

$$B' = \frac{Q_{\text{полезн.}} + Q_{\text{потерь}}}{Q_p^n + Q_{\text{подогр. возд.}} + A(c_p \times t_2 + i \times Q_{\text{н. п.}})} \text{ кг/час.},$$

где:

$$Q_{\text{полезн.}} + Q_{\text{потерь}} = B[Q_p^n - A(c_p \times t_1 + i Q_{\text{н. п.}})] = 120[6700 - 9,12(0,36 \times 850 + 0,002 \times 2900)] = 462000 \text{ кал/час};$$

c_p — объемная теплоемкость дымовых газов, равная 0,36 кал/м³ °С;

$Q_{\text{н. п.}}$ — средняя теплотворная способность незаконченных продуктов сгорания, равная 2900 кал/м³;

$Q_{\text{под.}}$ — теплосодержание подогретого воздуха;

$$Q_{\text{под.}} = (t'_1 - t'_2) C'_p \times C_2 = (400 - 20) 0,32 \times 1,02 = 125 \text{ кал/кг};$$

C_p — объемная теплоемкость воздуха, равная 0,32 кал/м³ °С.

Подставляя числовые значения, получаем часовой расход антрацита B' равным:

$$B' = \frac{462000}{6700 + 125 - 9,12(0,36 \times 850 + 0,002 \times 2900)} = 116 \text{ кг/час}.$$

Экономия топлива составляет:

$$\frac{120 - 116}{120} = 3,3\%.$$

Количество дымовых газов на часовой расход антрацита составит:

$$G_3 = B' \times A \times K = 116 \times 9,12 \times 0,95 \cong 1000 \text{ м}^3/\text{час},$$

где K — коэффициент, учитывающий потери дымовых газов, равный 0,95.

Количество вторичного воздуха будет равно:

$$G = B' \times G'' = 116 \times 3,75 = 435 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Средняя температура воздуха:

$$t'_m = \frac{t'_1 + t'_2}{2} = \frac{400 + 20}{2} = 210^\circ \text{С},$$

где:

t'_1 — температура выходящего из рекуператора воздуха, равная 400°С;

t'_2 — температура поступающего в рекуператор воздуха, равная 20°С.

Температура дымовых газов, выходящих из рекуператора, определяется по формуле:

$$t_2 = t_1 - a(t'_1 - t'_2)^\circ \text{С},$$

где t_1 — температура дымовых газов, поступающих в рекуператор, равная 850°С.

$$a = \frac{G_4 C'_p}{\eta' G_3 C_p} = \frac{435 \times 0,316}{0,95 \times 1000 \times 0,36} = 0,404,$$

где:

C'_p — объемная теплоемкость воздуха при 210°С согласно таблице 32, равная 0,316 кал/м³ °С;

C_p — объемная теплоемкость дымовых газов, определяемая по уравнению $C_p = \text{CO}_2 \times C_{p\text{CO}_2} + \text{O}_2 \times C_{p\text{O}_2} + \text{H}_2\text{O} \times C_{p\text{H}_2\text{O}} + \text{N}_2 \times C_{p\text{N}_2}$ кал/м³ °С,

принимая по таблице 32 величины $C_{p\text{CO}_2}$, $C_{p\text{O}_2}$, $C_{p\text{H}_2\text{O}}$ и $C_{p\text{N}_2}$ при $t_1 = 850^\circ \text{С}$ и имея заданный состав дымовых газов, объемная теплоемкость их при указанной температуре будет равна $0,36 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3 \text{ } ^\circ \text{С}}$.

Подставляя числовые значения, получаем:

$$t_2 = 850 - 0,404(400 - 20) = 696^\circ \text{С}.$$

Средняя температура дымовых газов:

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{850 + 696}{2} = 773^\circ \text{С}.$$

Таблица 32
Средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении

t°	O ₂ , N ₂ , CO, H ₂ , воздух	CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂ O (водяные пары)	CO ₂ , SO ₂
0	0,312	0,343	0,420	0,372	0,397
100	0,314	0,379	0,469	0,373	0,410
200	0,316	0,414	0,518	0,375	0,426
300	0,318	0,450	0,567	0,376	0,442
400	0,320	0,486	0,616	0,378	0,456
500	0,322	0,522	0,666	0,380	0,467
600	0,324	0,557	0,715	0,383	0,477
700	0,326	0,593	0,764	0,385	0,487
800	0,328	0,629	0,813	0,389	0,497
900	0,330	0,664	0,862	0,394	0,505
1000	0,332	0,700	0,911	0,398	0,511
1100	0,334	0,736	0,960	0,402	0,517
1200	0,336	0,771	1,009	0,407	0,521
1300	0,338	0,807	1,058	0,413	0,526
1400	0,340	0,843	1,107	0,418	0,530
1500	0,342	0,879	1,157	0,424	0,536

Разность температур дымовых газов и воздуха при входе в рекуператор:

$$\Delta t_n = t_1 - t'_1 = 850 - 400 = 450^\circ \text{C}.$$

Разность температур дымовых газов и воздуха в конце рекуператора:

$$\Delta t_k = t_2 - t'_2 = 696 - 20 = 676^\circ \text{C}.$$

Отношение разности температур составит:

$$\frac{\Delta t_n}{\Delta t_k} = \frac{450}{676} = 0,67.$$

Количество тепла, передаваемого рекуператором вторичному воздуху в течение часа:

$$Q = G_4 \times C_p'' (t'_1 - t'_2) = 435 \times 0,32 \times 380 = 53000 \text{ кал/час},$$

где C_p'' — объемная теплоемкость воздуха (при 380°С), равная 0,32 $\frac{\text{кал}}{\text{м}^3 \text{С}}$.

Поверхность рекуператора:

$$F = \frac{Q}{\eta' \times K \times n (t_m - t'_m)} = \frac{53000}{0,95 \times 7,7 \times 0,97 \times 563} = 13,1 \text{ м}^2,$$

где:
 K — коэффициент теплопередачи, равный 7,7 кал/м² час °С;
 n — коэффициент пропорциональности, выбираемый по диаграмме рис. 71 при $\left(\frac{\Delta t_n}{\Delta t_k} = 0,67\right) = 0,97$.

Принимаем для рекуператора цельнотянутые трубы с внутренним диаметром, равным 40 мм и толщиной стенки, равной 4,5 мм. Скорость воздуха в трубах при 0° и 760 мм рт. ст. составляет:

$$v = \frac{G_4}{3600 \times n_1 \times \frac{\pi \times d_b^2}{4}} = \frac{435}{3600 \times 24 \times \frac{3,14 \times 0,04^2}{4}} = 4,02 \text{ м/сек},$$

где:

n_1 — количество труб, равное 24;
 d_b — внутренний диаметр трубы, равный 40 мм.

Длина трубы будет равна:

$$l = \frac{F}{n \times \pi \times d_b} = \frac{13,1}{24 \times 3,14 \times 0,04} = 4,35 \text{ м}.$$

Скорость дымовых газов при 0° и 760 мм рт. ст.:

$$v_1 = \frac{G_3}{3600 \left(b \times h - \frac{n_1 \times \pi \times d_n^2}{4} \right)} = \frac{1000}{3600 \left(0,8 \times 0,45 - \frac{24 \times 3,14 \times 0,049^2}{4} \right)} = 0,88 \text{ м/сек},$$

где:

b — ширина дымового канала, равная 800 мм;
 h — высота дымового канала, равная 450 мм.
Максимальная температура стенки трубы:

$$t_{cm} = t_1 - \frac{k (t_1 - t'_1)}{\alpha} = 850 - \frac{7,7 (850 - 400)}{10,5} = 520^\circ \text{C},$$

где α — суммарный коэффициент теплопередачи от дымовых газов к стенкам труб, равный 10,5 кал/м² час °С.

Средняя температура стенки трубы:

$$t_{cm}^{cp} = t_m - \frac{k}{\alpha} (t_m - t'_m) = 773 - \frac{7,7}{10,5} (773 - 210) = 356^\circ \text{C}.$$

Общий вид трубчатого рекуператора с коридорным расположением труб представлен на рис. 72.

Рекуператор установлен непосредственно над печью.

Дымовые газы по каналу 3 поступают в нижнее междутрубное пространство рекуператора, затем поднимаются в верхнее, меняя по пути свое направление, после чего они отводятся в дымовую трубу 4.

Холодный воздух подводится в рекуператор по патрубку 1, из которого он по трубам 5 проходит верхнюю часть рекуператора,

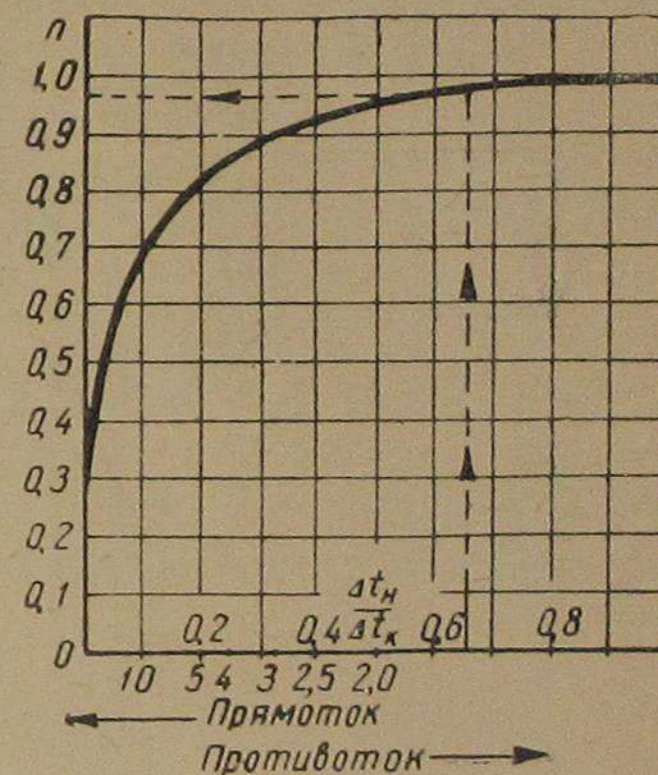


Рис. 71. Диаграмма коэффициента пропорциональности

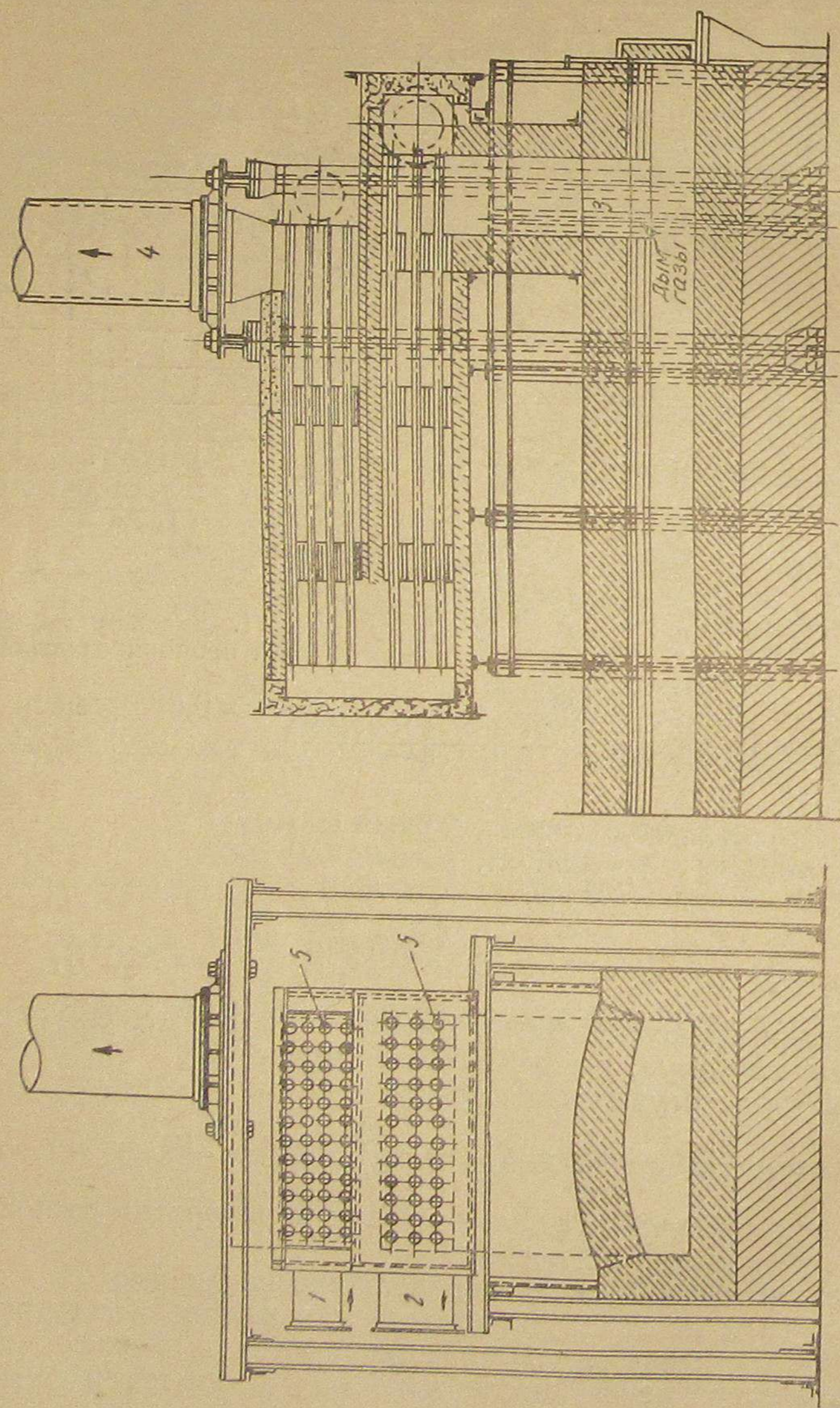


Рис. 72. Общий вид трубчатого рекуператора
 1 — патрубок для подвода холодного воздуха, 2 — патрубок для отвода горячего воздуха, 3 — канал для подвода дымовых газов, 5 — трубы рекуператора

опускается вниз и по трубам 5 подводится к выходному патрубку 2.

В данной конструкции рекуператора применена схема противотока, т. е. горячие газы движутся навстречу холодному воздуху.

ГЛАВА XI

ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СИЛОВЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Механизация процессов подачи топлива, воздуха и пара, транспорта газа и т. п. связана с применением дополнительного оборудования и контрольно-измерительных приборов.

1. МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТОПЛИВА

Топливо подается к питателям механизированных газогенераторов при помощи ковшевых элеваторов, скиперных подъемников и тому подобных транспортных механизмов, в зависимости от удобства применения той или иной конструкции.

Ковшевые элеваторы

Общий вид ковшевого элеватора, применяемого для подачи топлива в газогенераторы, производительностью 600—700 м³ газа в час показан на рис. 73.

Пластинчатая тяговая цепь 1 с установленными на ней ковшами 2 заключена в металлический корпус 3. В нижней части элеватора находятся расходный бункер 4, дозировочный барабан 5 и ведомый барабан 6. В верхней части корпуса элеватора установлены поддерживающие ролики 7 и ведущий барабан 8.

Привод элеватора осуществляется цепной передачей 9 от электродвигателя или при помощи трансмиссионного вала от главного двигателя.

Топливо из расходного бункера подается дозировочным барабаном в ковши элеватора строго определенными порциями.

Производительность дозировочного барабана регулируется путем изменения плеча эксцентриковой тяги.

Включение и выключение элеватора автоматическое, при помощи реле и электромагнитного устройства.

Производительность ковшевого элеватора может быть определена по формуле:

$$Q = 3,6 \times \varphi \frac{i}{a} \gamma \times v \text{ т/час,}$$

где:

φ — коэффициент наполнения, равный 0,6—0,7;

i — емкость ковшей в м³;

γ — удельный вес топлива, равный 0,7—0,86 т/м³;

v — скорость движения, равная 0,3—0,6 м/сек;

a — расстояние между ковшами в м.

Подъемники

Подъемник, схематически показанный на рис. 74, состоит из ковша 1 емкостью 250 кг, рельсового пути 2, троса 3, электролебедки и конечных реле (выключателей) 4.

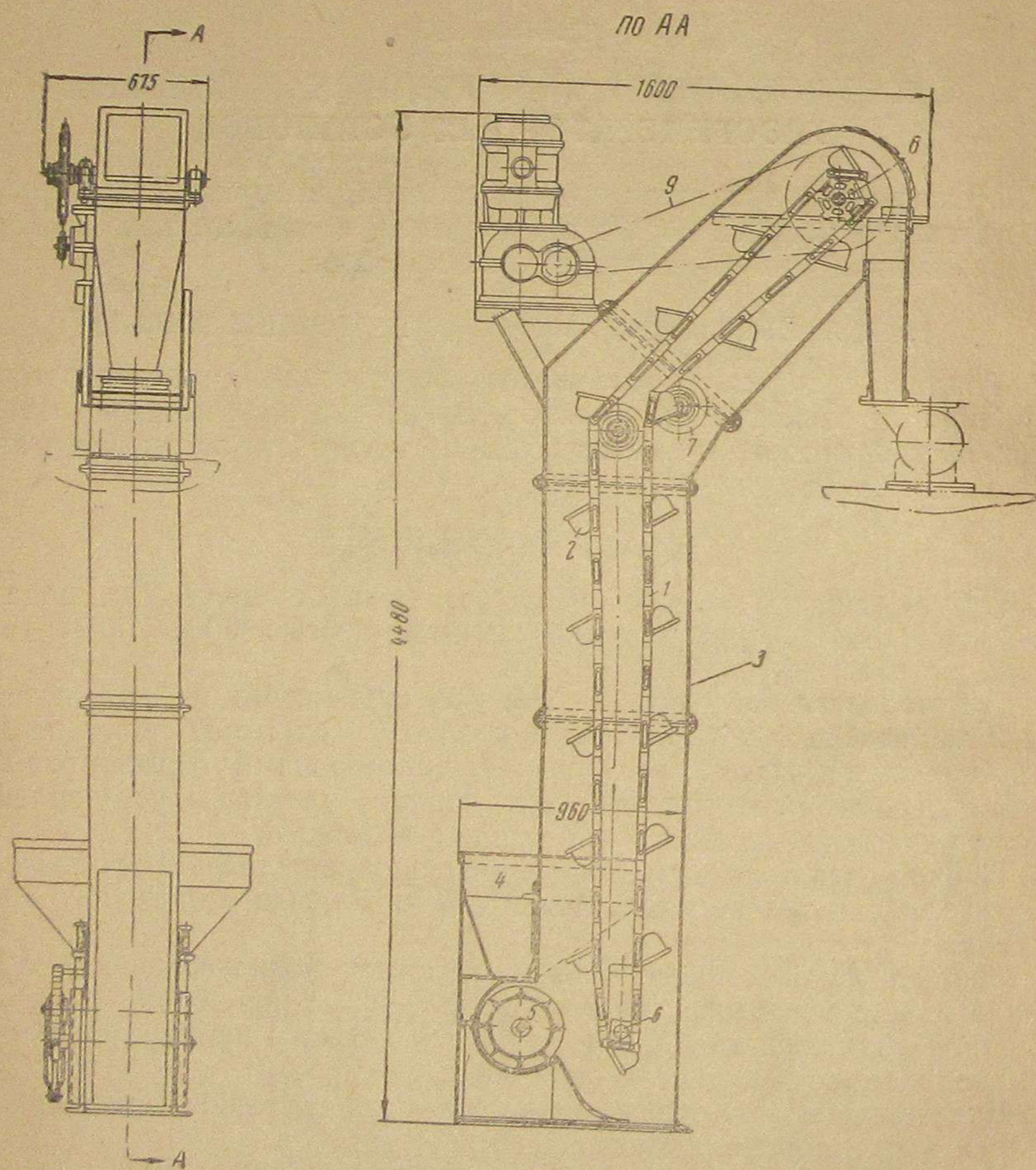


Рис. 73. Общий вид ковшевого элеватора

Загруженный топливом ковш электролебедкой поднимается вверх. Дойдя до стопорной планки, установленной на конце рельсового пути, ковш опрокидывается, а конечный выключатель прекращает работу лебедки. Ковш опускают вниз путем изменения стороны вращения вала электродвигателя лебедки.

Установленное в нижнем конце пути реле выключит электродвигатель лебедки, когда ковш опустится в исходное положение.

2. МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВОЗДУХА И ГАЗА

Воздух к газогенераторам, работающим под давлением, и к горелкам термических печей подается центробежными вентиляторами высокого давления различных конструкций.

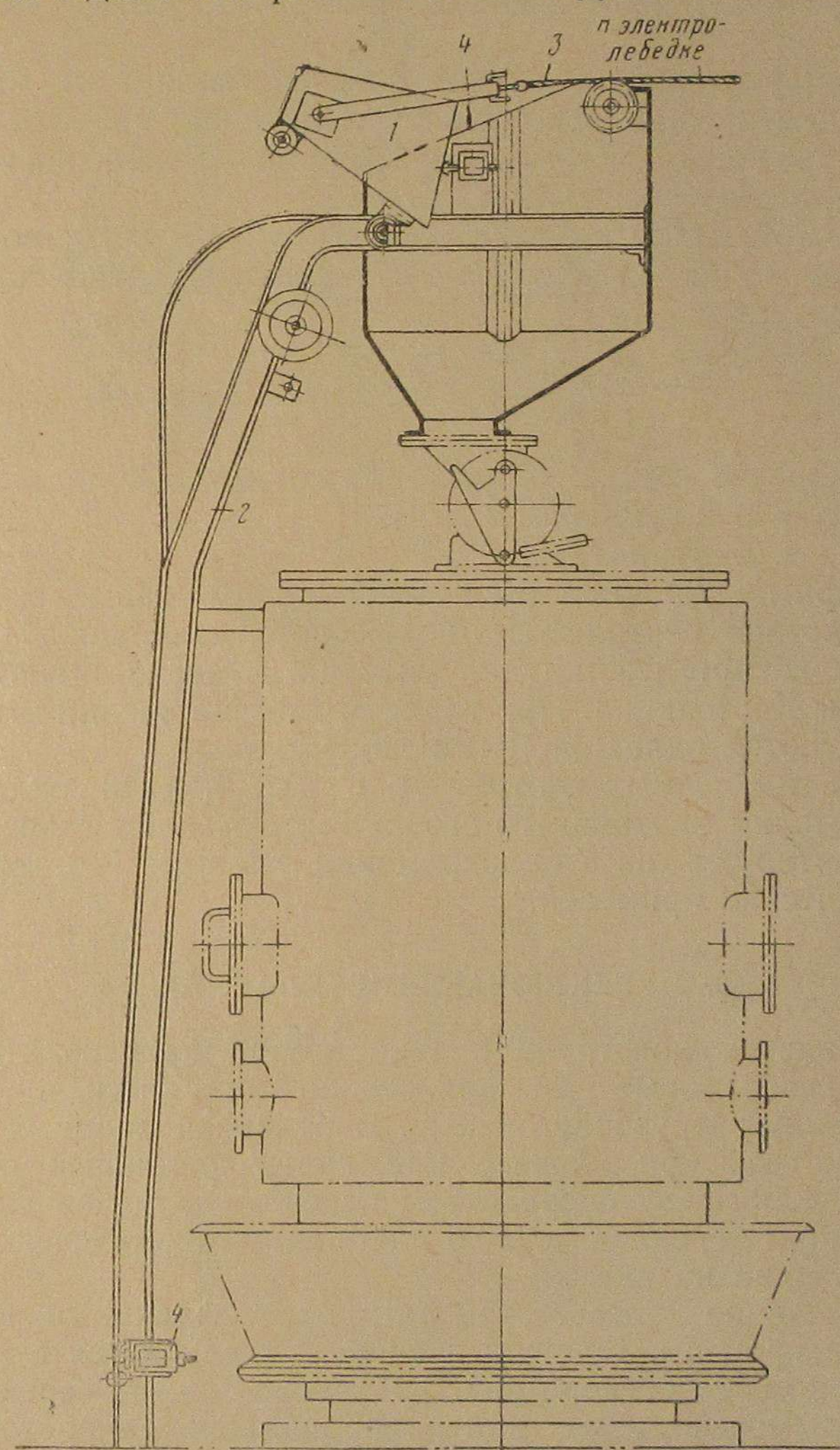


Рис. 74. Общий вид ковшевого подъемника

При заданном расходе и требуемом напоре воздуха выбор дутьевого вентилятора производят следующим образом.

1. Производительность вентилятора определяется по формуле:

$$L = \frac{273 + t}{273} \times Q \times k \times k_1 \text{ м}^3/\text{час},$$

где:
 t — температура поступающего в вентилятор воздуха °С;
 Q — часовой расход воздуха м³/час;
 k — коэффициент запаса, равный 1,25;
 k_1 — коэффициент, учитывающий потери в сети, принимаемый 1,15.

Если суммарное сопротивление сети составляет n мм вод. ст., то для определения напора вентилятора величину n необходимо умножить на коэффициент 1,3, учитывающий возможное повышение нагрузки и засорение воздухопроводов.

Необходимый напор вентилятора: $H_g = 1,3 \times n$ мм вод. ст.

Мощность электродвигателя для привода вентилятора определяется из формулы:

$$N = \frac{L \times H_g \times k}{3600 \times 102 \times \eta_{\text{в}}} \text{ кВт,}$$

где:
 k — коэффициент запаса мощности, принимаемый при соединении муфтой в пределах 1,1 — 1,15;
 $\eta_{\text{в}}$ — к. п. д. вентилятора.

Генераторный газ подается к горелкам термических печей и паровых котлов вентиляторами высокого давления.

Наибольшее применение для указанных целей имеют вентиляторы системы Косточкина. При горячем газоснабжении эти вентиляторы оборудуются охлаждаемыми подшипниками.

Кроме центробежных вентиляторов для подачи охлажденного газа к двигателям внутреннего сгорания применяют газососы, которые транспортируют газ и одновременно очищают его от механических и химических примесей.

3. ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ КЛАПАНЫ

В большинстве конструкций генераторов производительностью 50—150 м³/час дымовые газы при розжиге отводятся в атмосферу через горловину загрузочного люка. В механизированных генераторах дымовые газы при розжиге или кратковременных остановках отводятся в атмосферу посредством переключающихся клапанов.

Конструкция переключающего клапана с гидравлическим затвором представлена на рис. 75.

Корпус клапана 1 имеет три патрубка с фланцами, к которым крепятся газопроводы. Боковой фланец 2 соединяется с газоотборным патрубком газогенератора. Патрубки 3 и 4, через которые отводятся дымовые газы или направляется генераторный газ к скрубберу, снабжены стальными гильзами 5.

Внутри клапана на оси 6 смонтирован золотник 7 с направляющими шпильками 8, а на наружном конце — ее рычаг с противовесом (на рис. не показаны). Во время розжига газогенератора рычаг устанавливается в положение, при котором патрубок 4 будет перекрыт золотником 7, и дымовые газы через патрубок 3 поступят в атмосферу.

По окончании розжига и готовности генератора к действию рычаг переводят в обратную сторону, золотник 7 закроет патрубок 3, и газ по патрубку 6 будет направлен в магистраль газа.

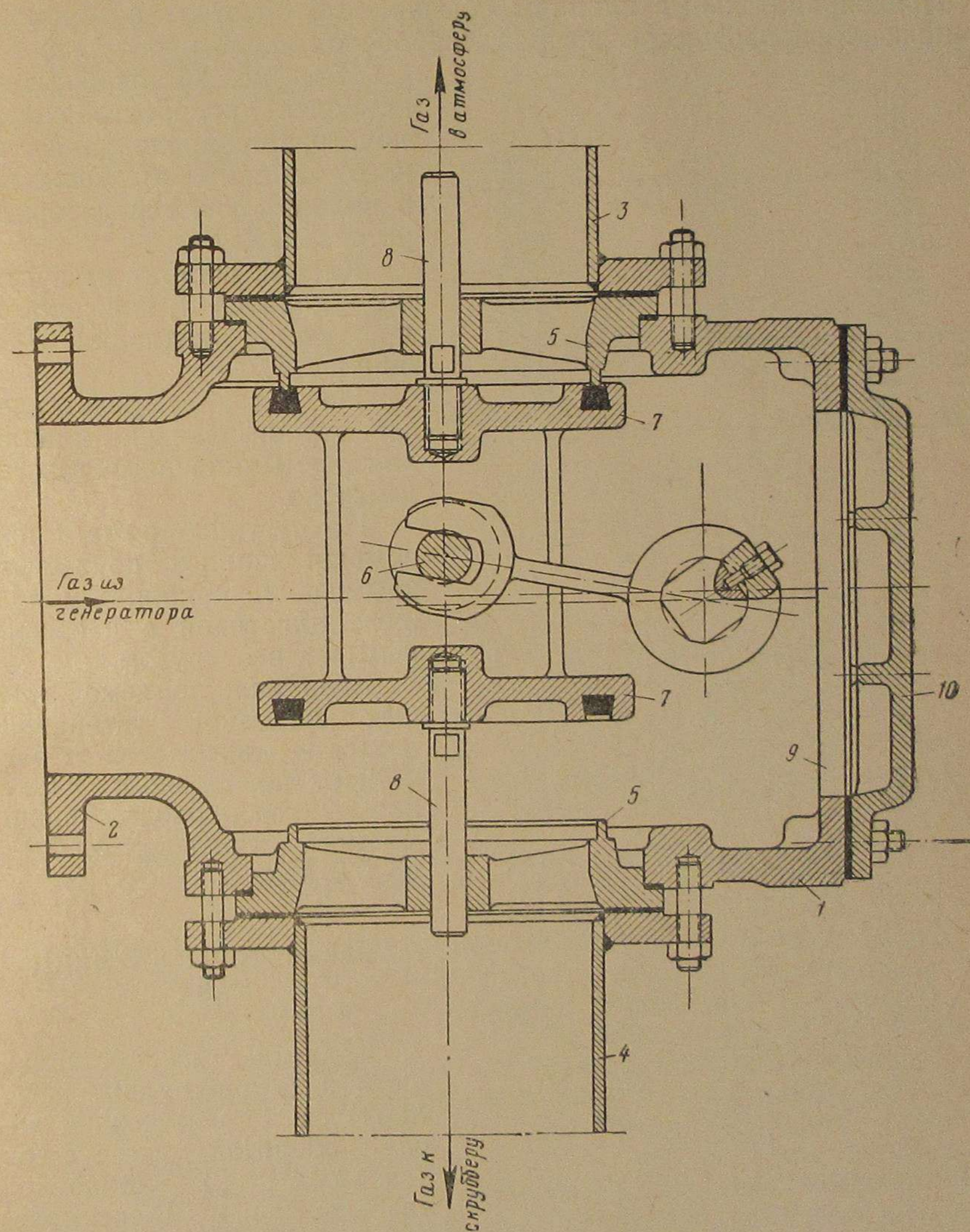


Рис. 75. Общий вид переключающего клапана

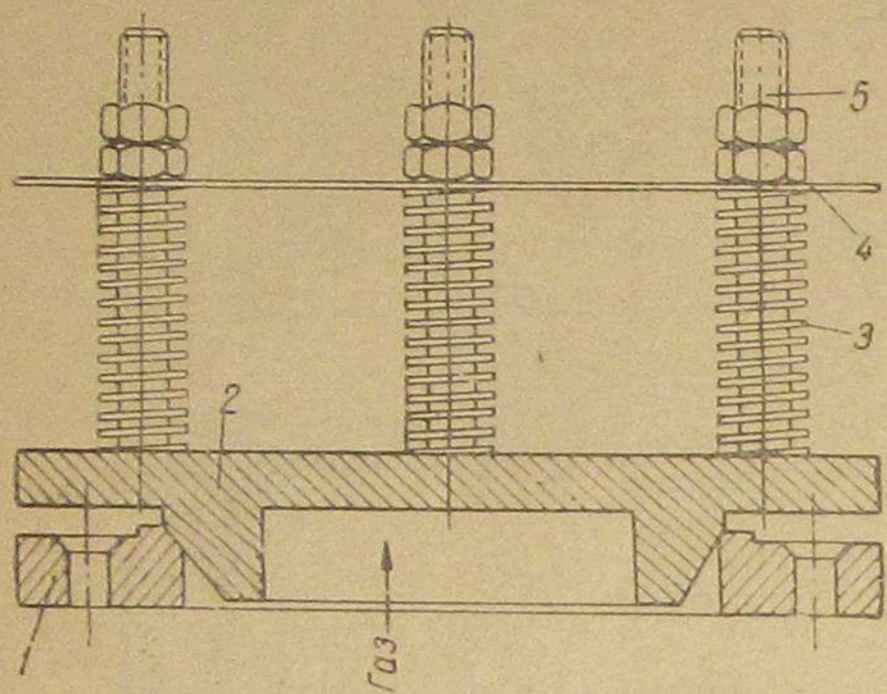
Осмотр и очистка запорных поверхностей золотника производятся через отверстие 9, закрываемое крышкой 10.

Во избежание подсоса воздуха в трубопровод горячего газа при неплотном прилегании золотника к гильзе патрубка 3 патрубок до определенного уровня заполняется водой.

Излишек воды удаляется через сливную трубу (на рис. не показано).

4. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ КЛАПАНЫ

Предохранительные клапаны обычно монтируются на торцевых стенках газопроводов, ресиверов, скрубберов, фильтров и т. д.



На рис. 76 изображена наиболее распространенная конструкция предохранительного клапана, применяемая в силовых газогенераторных установках.

Клапан состоит из чугунного корпуса 1, крышки 2, пружин 3, накладки 4 и шпилек 5.

На рис. 77 представлен предохранительный клапан для промышленного газогенератора.

На чугунной раме 1 при помощи шпилек подвешена крышка 2, прижимаемая к раме пластиной с навешенным на нее грузом.

Величина подъема крышек клапанов устанавливается в зависимости от расчетного избыточного давления в газопроводе, принимаемого в пределах от 0,025 до 0,2 кг/см².

5. РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Давление газа, поступающего к потребителям, регулируется: 1) изменением числа оборотов эксгаустера (газососа); 2) установкой газгольдеров и 3) специальными регуляторами.

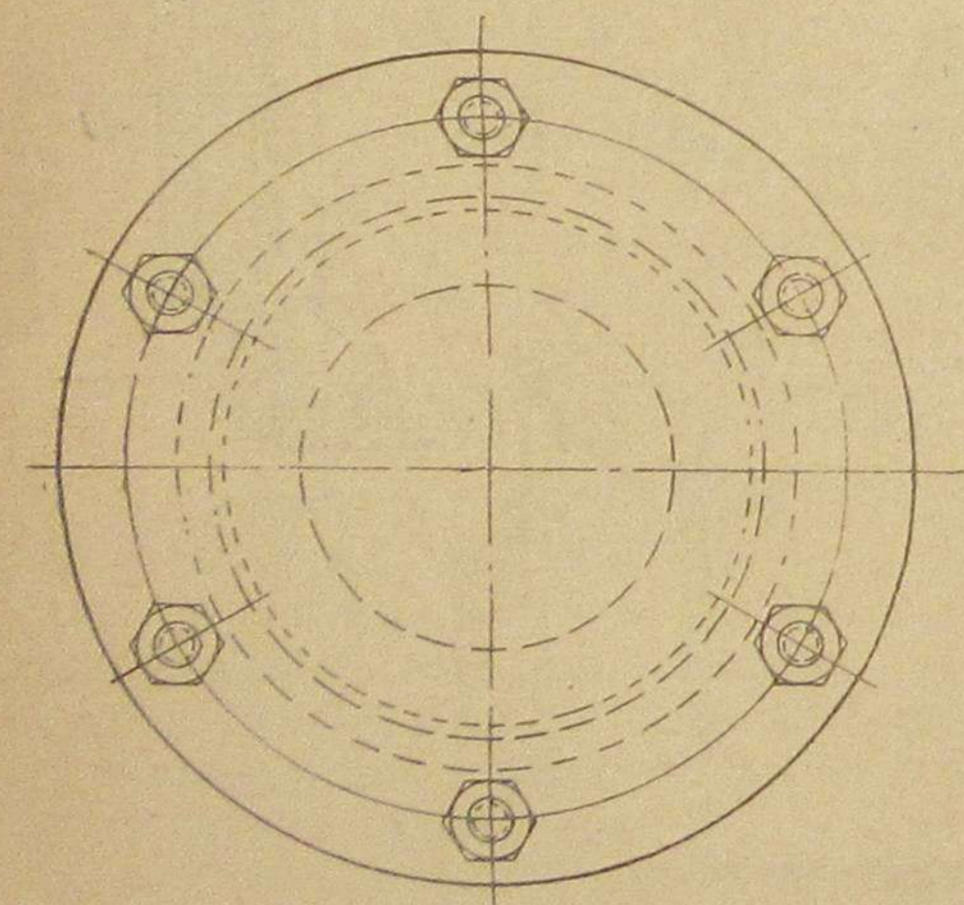


Рис. 76. Общий вид предохранительного пружинного клапана

Регулирование давления газа путем изменения числа оборотов эксгаустера не сложно и не требует дополнительного оборудования, однако необходимость наличия постоянного тока весьма ограничивает его применение.

Газгольдеры устанавливают только в газогенераторных станциях большой производительности, так как значительные затраты по

изготовлению и монтажу делают их неэкономичными для установок небольших мощностей.

Наибольшее распространение получили мембранные регуляторы давления газа различных конструкций.

На рис. 78 представлен мембранный регулятор для газогенераторной установки производительностью 600 м³/газа в час.

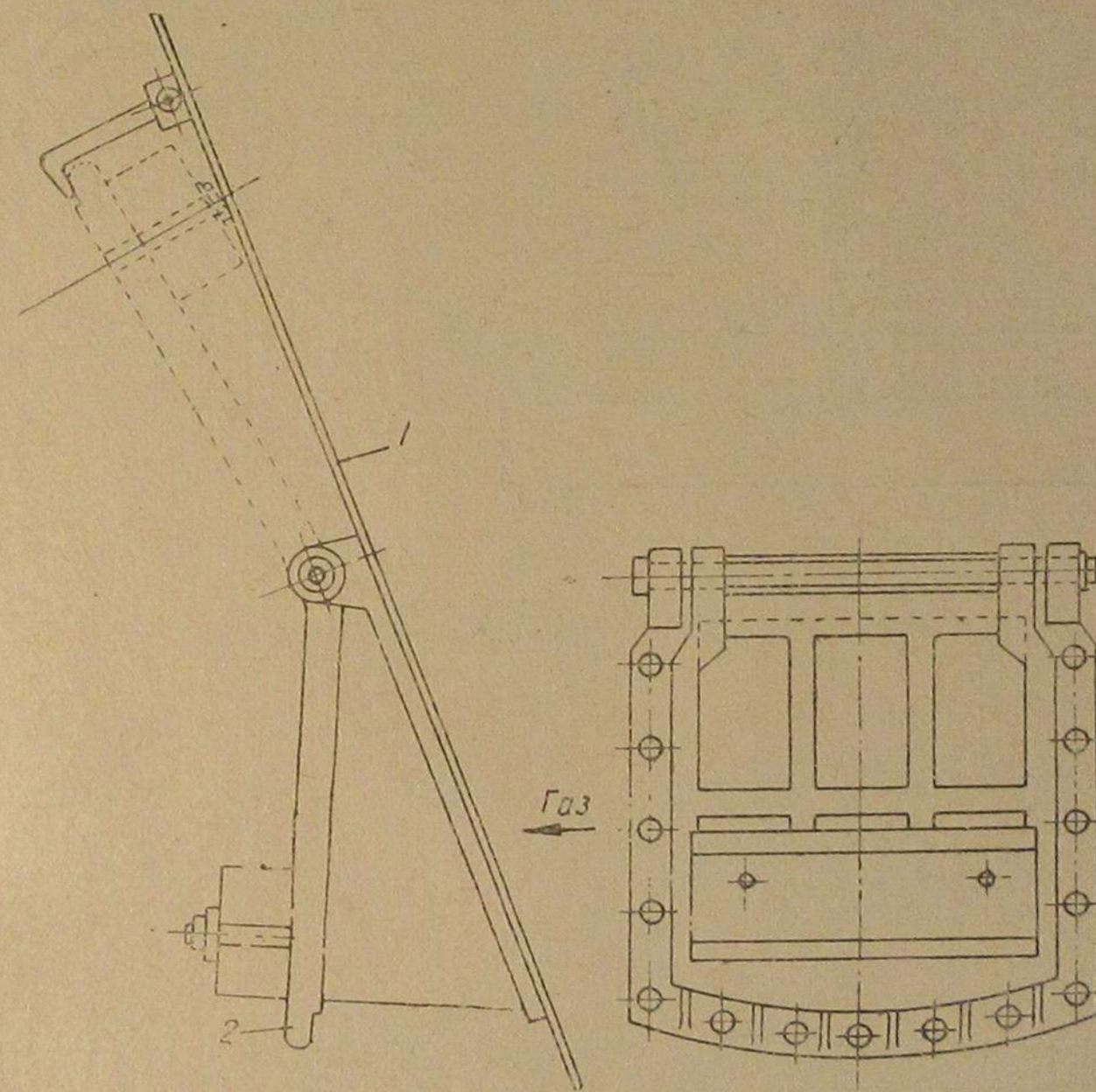


Рис. 77. Общий вид предохранительного клапана для промышленных газогенераторов

Принцип работы регулятора заключается в нижеследующем.

Отрегулированная на заданное давление газа заслонка 1 будет занимать в трубопроводе определенное положение.

При повышении давления в трубопроводе давление по трубе 2 распространится на мембрану 3, которая под действием напора газа переместится вверх, вследствие чего валик 4 повернется на определенный угол, а заслонка 1 уменьшит площадь прохода газа.

Уменьшение давления газа вызовет перемещение мембраны вниз, и соединительный валик повернет заслонку, чем будет увеличено живое сечение трубопровода. Требуемое давление газа достигается путем установки металлических пластинок 5 на рычаг противовеса 6.

С увеличением веса пластин будет увеличиваться и величина давления газа в сети. Данная конструкция регулятора в зависимости от веса пластин на противовесе позволяет поддерживать постоянное давление газа в пределах от 10—100 мм водяного столба.

Давление газа, которое поддерживает регулятор в трубопроводе, фиксируется показанием стрелки 7 на циферблате 8, градуированном в мм водяного столба.

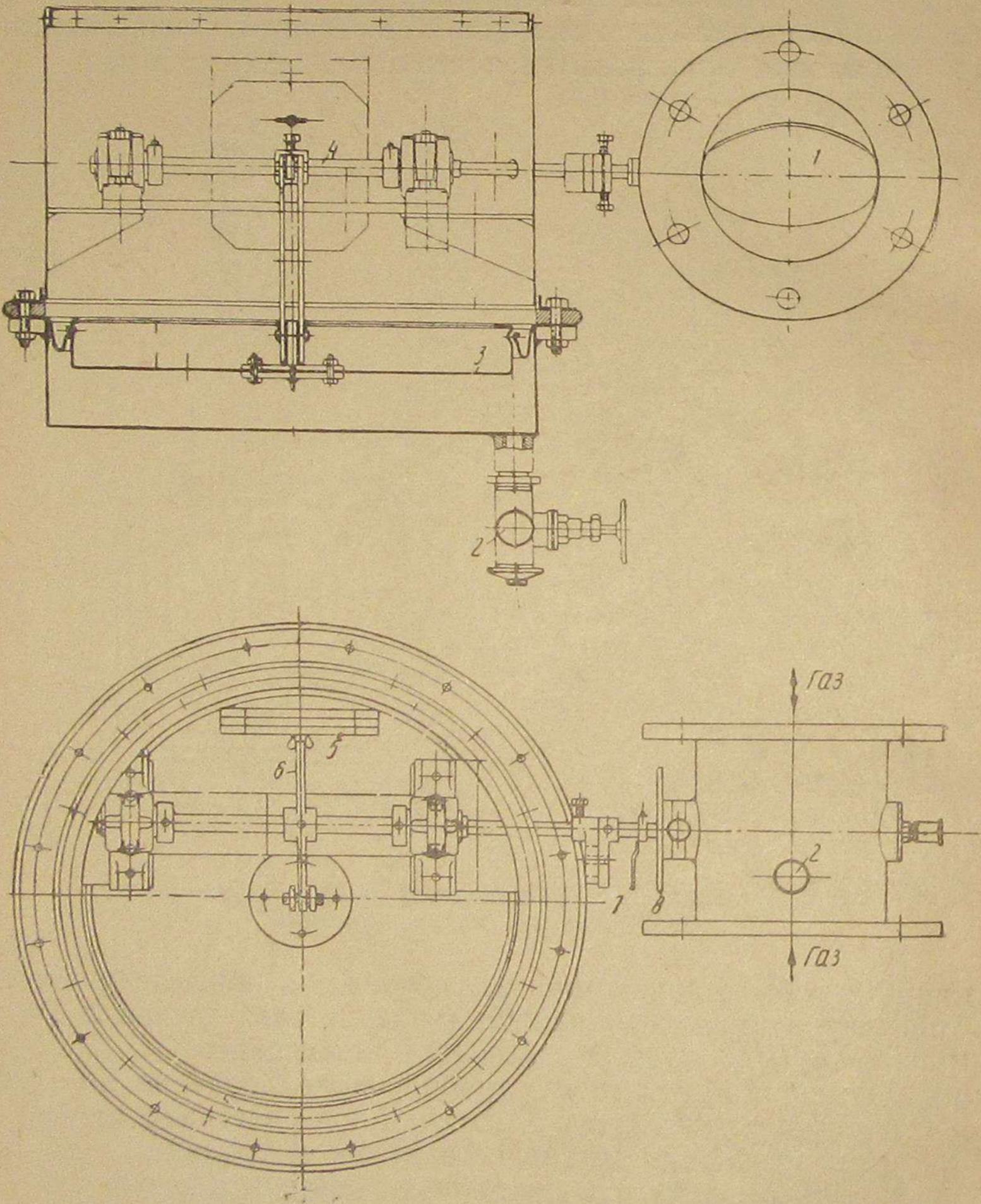


Рис. 78. Общий вид регулятора газа

Регулятор обычно монтируется на участке газопровода после фильтра тонкой очистки.

6. ГАЗОПРОВОДЫ

Газопроводы горячего газа

Транспортирование горячего газа к термическим печам обычно производится при наличии коротких газопроводов.

Горячий газ перед поступлением в трубопровод пропускается через пылеуловитель, в котором осаждаются от 60—80% пыли. Не уловленная очистителями пыль отлагается на стенках трубопроводов. Поэтому в трубопроводах горячего газа устанавливаются специальные люки (являющиеся одновременно предохранительными клапанами) для очистки внутренних поверхностей труб от скопившейся пыли и сажи. Кроме этого магистрали горячего газа имеют трубы для отвода воздуха в атмосферу при розжиге газогенератора.

Обычно трубопровод горячего газа укладывают в тоннелях и весьма редко над землей.

Расчет трубопроводов как горячего, так и холодного газа производится после составления принципиальной схемы сети. Диаметр трубопровода для каждого участка схемы определяется по максимальному расходу и принятой скорости газа. Величины скоростей газа в зависимости от назначения трубопроводов приведены в табл. 33.

Таблица 33

Назначение трубопроводов	Скорость газа в м/сек
Нагнетательные воздухопроводы	6—14
Нагнетательные газопроводы холодного очищенного газа	4—7
Всасывающие газопроводы холодного очищенного газа	3—6
Газопроводы горячего газа	2—5

Для определения тепловых потерь, температуры и сопротивлений сети по отдельным участкам и в целом производят тепловой и гидравлический расчет трубопроводов.

Средняя температура газа на участке определяется по формуле:

$$t_{ср. \text{ газа}} = t_{н. з} - 0,5 \Delta t l,$$

где:

- $t_{н. з}$ — температура газа в начале участка;
- Δt — падение температуры газа на пог. м длины участка;
- l — длина участка в м.

Падение температуры газа на пог. м.

$$\Delta t = \frac{Q}{v \times c},$$

где:

- v — расход газа в $\text{м}^3/\text{час}$;
 - c — теплоемкость газа, $\text{кал}/\text{м}^3$;
 - Q — потеря тепла на 1 пог. м газопровода, $\text{кал}/\text{м. час}$.
- Величина Q определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi (t_{\text{газа}} - t_{\text{воздуха}})}{\frac{1}{d \times d_1} + \frac{1}{2 \times \lambda} \ln \frac{a_0}{d_1} + \frac{1}{d_2 \times d_2}},$$

где:
 d_1 — внутренний диаметр газопровода в м;
 d_1 — внутренний диаметр изоляции в м;
 d_2 — наружный диаметр изоляции в м;
 α_1 — коэффициент теплопередачи от газа к трубе в кал/м² час °С,
 λ — коэффициент теплопроводности изоляции, принимаемый равным 0,01 кал/м. час °С;
 α_2 — коэффициент теплопередачи от поверхности изоляции к воздуху в кал/м² час °С, принимаемый по табл. 34.

Таблица 34

Наружный диаметр изоляции в м	Скорость воздуха в м/сек			
	1	2	3	4
	коэффициент теплопередачи α_2			
0,052	16,2	21,7	35,3	54,2
0,076	14,2	19,3	31,6	48,1
0,102	13,1	17,8	29,1	44,5
0,127	12,3	16,8	28,4	41,7
0,152	11,8	16,0	26,2	39,8
0,203	11,0	15,0	24,3	36,9
0,300	10,0	13,4	21,6	32,4
0,500	9,2	12,2	19,2	28,6
0,700	8,6	11,4	17,6	26,2

Тепловое удлинение трубы при использовании упругой деформации прямого участка газопровода, расположенного под углом к основной магистрали, может быть воспринято путем самокомпенсации и подсчитано по формуле:

$$\Delta = 1,2 \times l \frac{t}{100},$$

где:
 l — длина газопровода в м;
 t — средняя температура газа, условно принимаемая за максимальное изменение температуры стенки трубы.

Минимально необходимая длина газопровода для самокомпенсации того или иного удлинения принимается по графику, изображенному на рис. 79.

Суммарное сопротивление в сети газопроводов складывается из сопротивления трения газовой среды в трубах и потери давления от местных сопротивлений.

Сопротивление трения на 1 пог. м трубопровода в зависимости от удельного веса газа, перемещаемого количества газа (м³/сек) и его скорости (м/сек), принимается по таблицам справочника по отоплению и вентиляции.

Потери напора определяются по формуле:

$$h = \varphi \frac{W^2}{2g} \cdot \gamma,$$

где:
 φ — коэффициент местного сопротивления, принимаемый из справочника по отоплению и вентиляции;
 W — скорость газа в м/сек;
 γ — объемный вес газа в кг/м³.

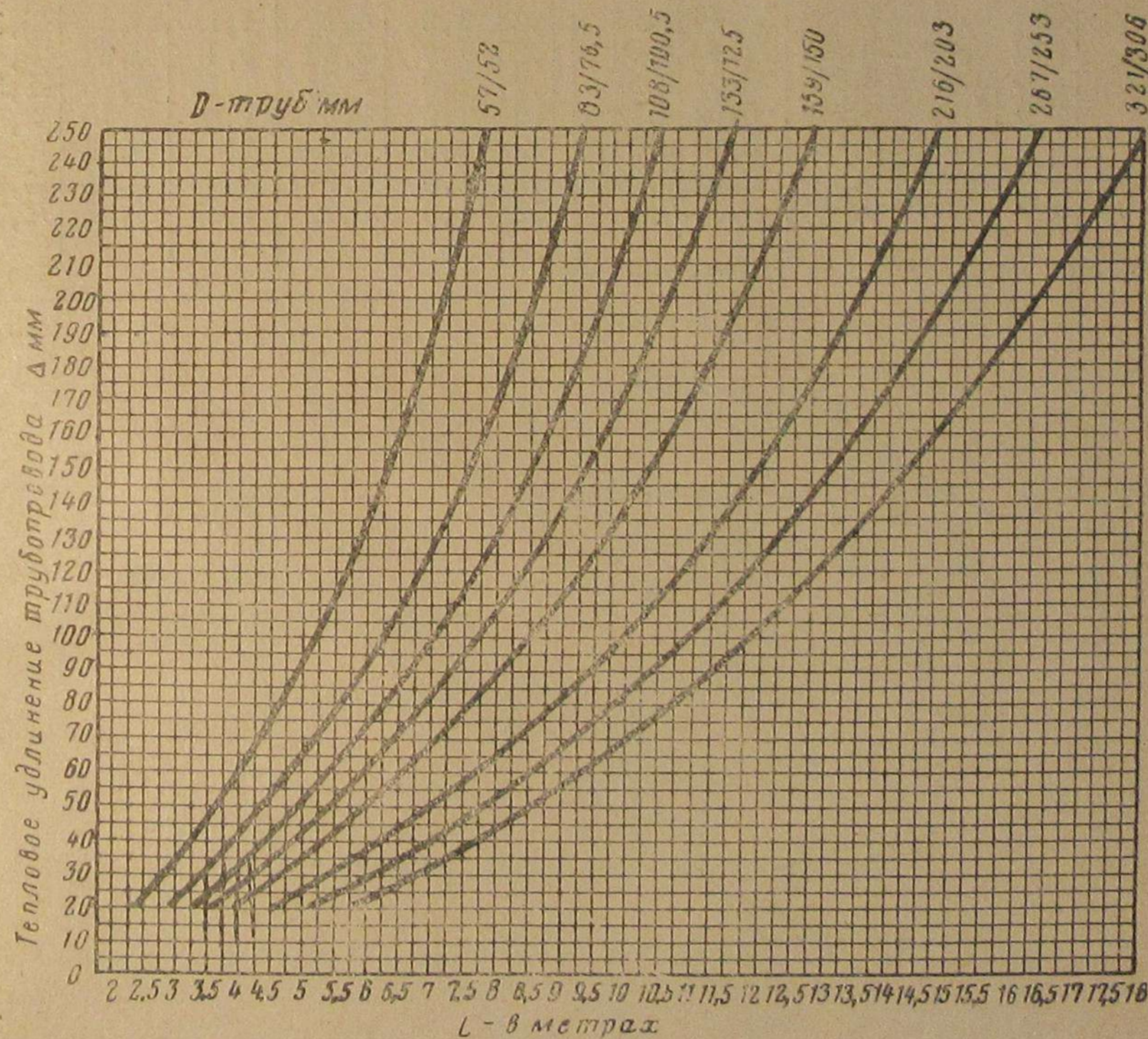
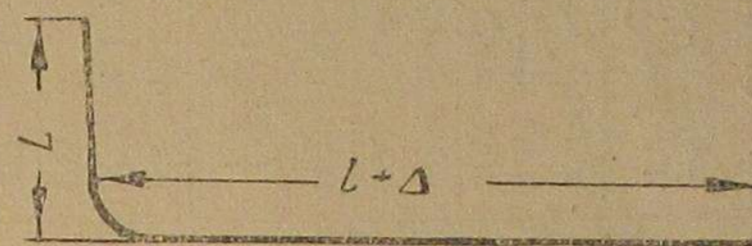


Рис. 79. График зависимости удлинения труб от температуры транспортируемого газа

Суммируя потери напора и сопротивление трения на отдельных участках, получают величину общего сопротивления сети.

Графическое изображение примерной расчетной схемы воздухопровода показано на рис. 80, а сводные результаты представлены в табл. 35.

При наличии нескольких разветвленных сетей воздухоудовку или эксгаустер выбирают по сети с наибольшим сопротивлением.

Таблица 35

№ участка	Длина участка <i>l</i> м	Диаметр трубы на участке <i>d</i> мм	Сечение трубы на участке <i>f</i> м ²	Количество пере- щаемого воздуха <i>v</i> м ³ /сек	Скорость воздуха на участке ω м/сек	Сопротивление на трение				Местное сопротивл.		Суммарное сопро- тивление участка $Rl\eta + h$ мм вод. ст.
						R мм вод. ст.	объемный вес γ кг	поправка $\left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,852}$	на участке $Rl\eta$ мм вод. ст.	коэффициент местн. сопро- тивления, ζ	потеря напора <i>h</i> мм вод. ст.	
1	8	350	0,0965	1,29	13,40	0,53	1,2	1,0	4,24	1,1	12,1	16,34
2	5	250	0,0492	0,562	11,40	0,52	1,2	1,0	2,60	0,4	3,8	6,40
3	18	250	0,0492	0,396	8,07	0,31	1,2	1,0	5,58	1,45	5,75	11,33
4	4	250	0,0492	0,276	5,62	0,13	1,2	1,0	0,52	1,60	3,10	3,62
5	4	250	0,0492	0,155	3,15	0,049	1,2	1,0	0,196	1,40	0,85	1,046
6	2,5	250	0,0492	0,034	0,69	0,0017	1,2	1,0	0,044	1,40	0,04	0,084
7	10,4	100	0,0079	0,034	4,32	0,3	1,2	1,0	3,12	1,65	1,58	4,700
Давление воздуха перед горелками печи												200,00
Итого												245,00

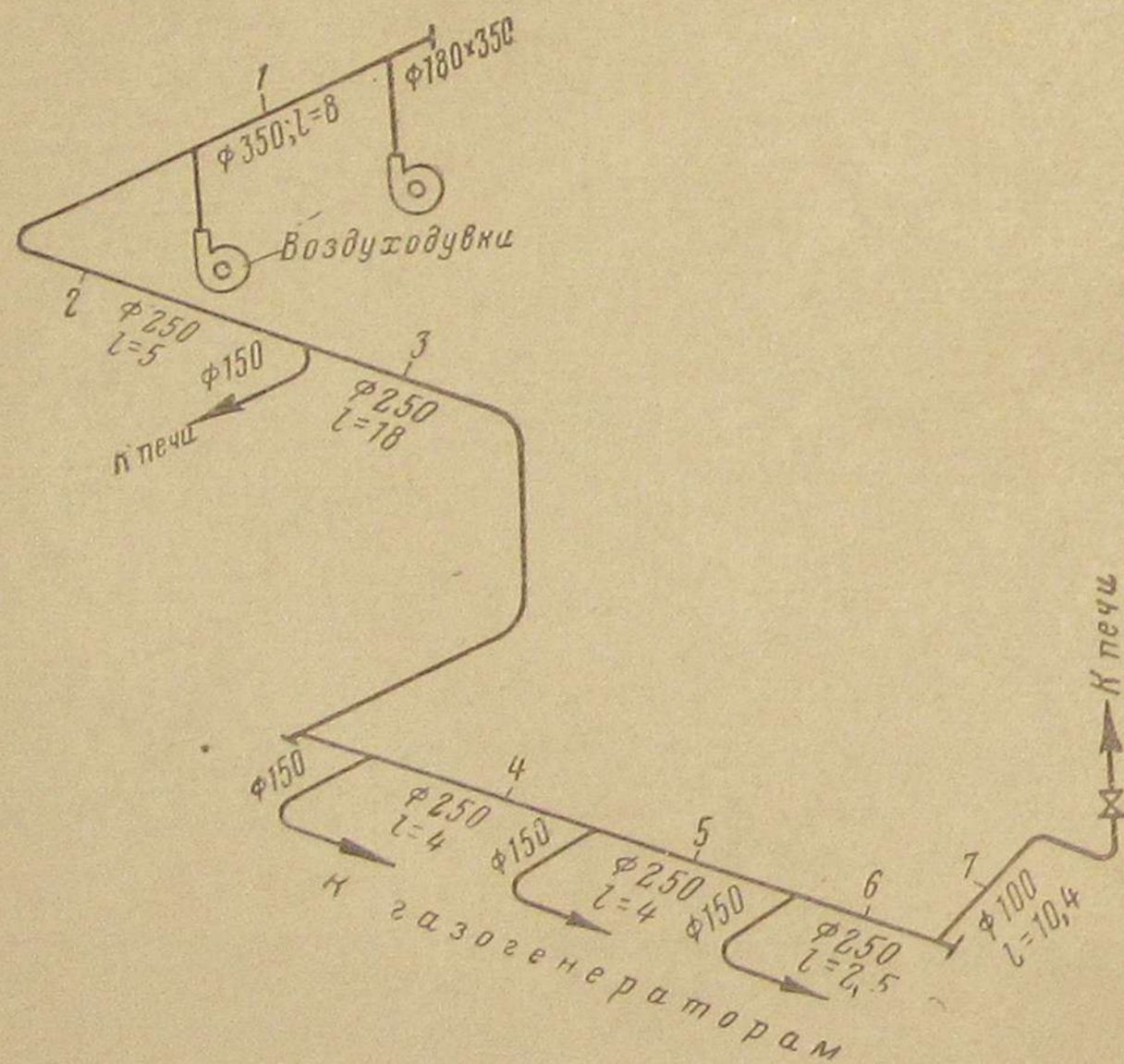


Рис. 80. Примерная схема воздухопровода

Газопроводы холодного газа

При газификации топлива с повышенной влажностью или при значительной длине трубопроводов, а также при использовании газа в двигателях внутреннего сгорания газ подвергают охлаждению и очистке, после чего его направляют к местам потребления. По-

этому трубопроводы холодного газа не требуют применения изоляции, установки люков для очистки и труб для выпуска воздуха в атмосферу при розжиге генератора. Магистраль холодного газа устанавливается с уклоном 1 : 100 в сторону мест потребления для стока выделившегося конденсата.

Собранный в нижней части трубопровода конденсат по дренажной трубе отводится в гидравлический затвор и далее в сточный колодец или канализацию.

7. ГОРЕЛКИ

В зависимости от назначения печей применяются горелки различных типов и конструкций.

На рис. 81 представлена горелка инжекционного типа конструкции РИЖТ МПС, получившая широкое применение в газопечном хозяйстве железнодорожного транспорта.

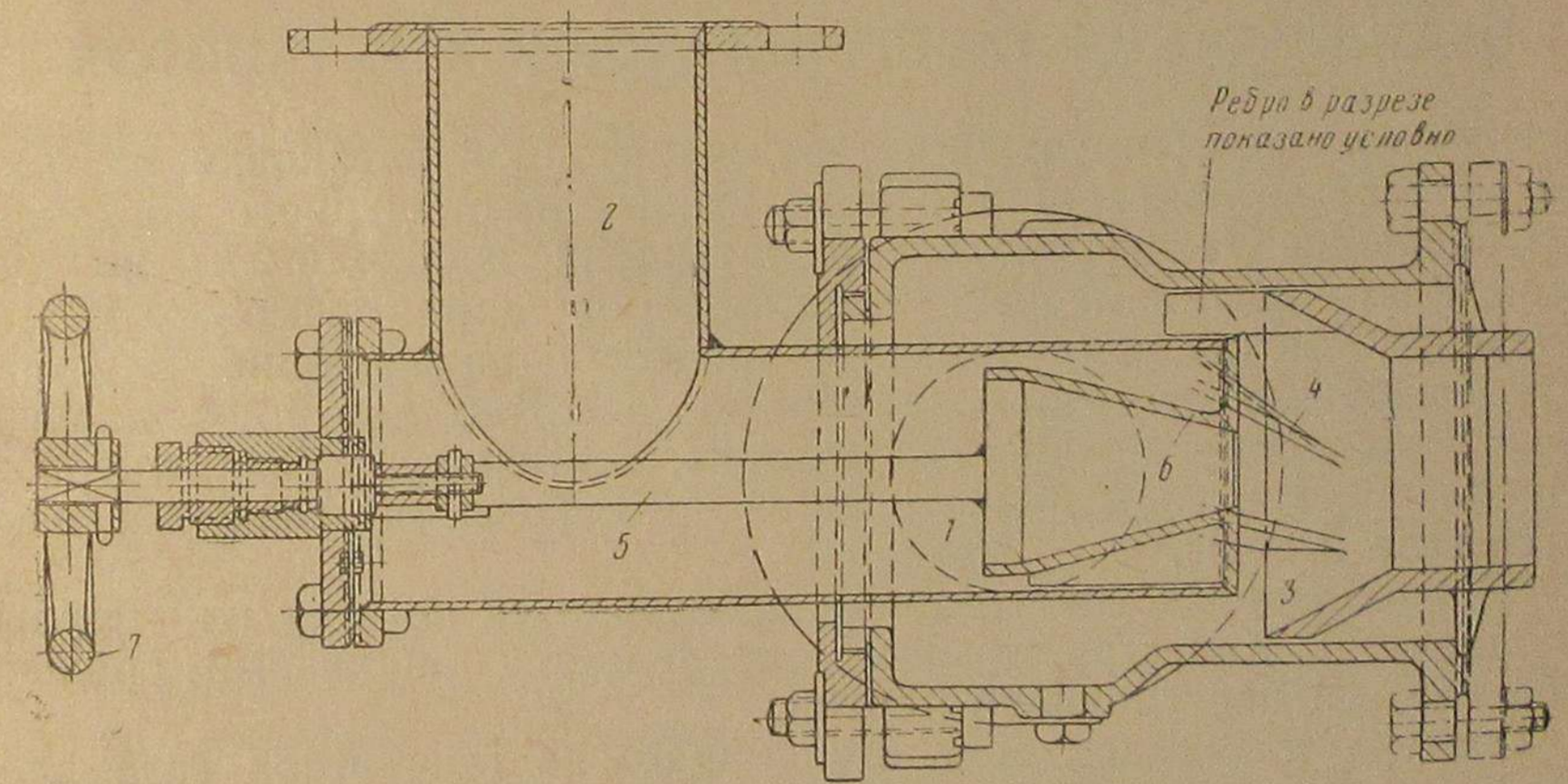


Рис. 81. Горелка инжекционного типа

Генераторный газ подводится к горелке по патрубку 1, а воздух — по патрубку 2. Воздух и газ смешиваются в камере 3, снабженной завихрителями 4.

На шпинделе 5 установлен конусообразный клапан 6, который при повороте штурвала 7 в ту или иную сторону открывает или закрывает отверстие для прохода воздуха. Горелка данной конструкции имеет производительность от 55 до 160 м³/газа час. Давление газа перед горелкой не менее 50 мм вод. ст., а воздуха — 130 мм вод. ст. Коэффициент избытка воздуха составляет 1,05—1,12.

8. АРМАТУРА

Правильный выбор арматуры имеет большое значение для нормальной эксплуатации любого агрегата.

На газопроводах с диаметром условного прохода от 50 до 150 мм и температурой газа, не превышающей 300° С, устанавли-

ваются типовые газовые с выдвижным шпинделем и ручным приводом задвижки, изготовленные заводами Главармалита.

При больших диаметрах газопроводов и температурах проходящего газа задвижки заказываются специализированным предприятиям.

Для сетей водопровода в зависимости от условий эксплуатации газопроводов применяют: фланцевые, проходные, сальниковые краны по ГОСТ 2423—44, а на стационарных установках — муфтовые краны по ГОСТ 2422—44.

Для наблюдения за уровнем воды в охлаждающих кожухах газогенераторов прямого процесса обычно устанавливают водоуказатели типа «Клингер» от $N = 0$ до $N = 8$.

ГЛАВА XII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Нормальная эксплуатация газогенераторной установки во многом зависит от надлежаще поставленного аппаратного контроля.

Оснащение газогенераторной установки необходимым количеством контрольно-измерительных приборов дает возможность по показаниям последних управлять процессом газификации и устранять отклонения от заданного режима. Обычно контролю подвергаются количество и качество топлива, температура газа, паровоздушной смеси и воды, поступающей на охлаждение газа; давление дутья газа и воды.

Количественный учет топлива производится по весу или мерными ящиками. Качество топлива определяется анализами средних проб каждой поступающей партии.

Температурный контроль выходящего из генератора газа дает возможность в достаточной мере анализировать процесс газификации и предупреждать возможные его изменения. Измерение температуры паровоздушной смеси (в генераторах прямого процесса) позволяет регулировать количество пара или воздуха, поступающих под колосниковую решетку.

Измерение температуры поступающей и отработавшей в скруббере воды дает возможность судить о степени охлаждения газа.

Измерение давления дутья под колосниковой решеткой и газа в выходном патрубке генератора прямого процесса позволяет судить о высоте слоя топлива, наличии прогаров и степени шлакования топлива.

В генераторах обращенного процесса измерение разрежения газа в выходном патрубке дает возможность судить о засоренности камеры газификации или зольника.

Замеры давлений (или разрежений) газа за скрубберами, фильтрами тонкой очистки и перед потребителем позволяют видеть, как велико сопротивление перечисленных агрегатов, и принимать надлежащие меры к устранению замеченных дефектов.

1. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Приборы для измерения температур

Температуру до 100°C измеряют при помощи технических термометров в металлической оправе. Для дистанционного измерения температур паровоздушной смеси, газа и воды применяются манометрические термометры.

Манометрический термометр (рис. 82) состоит из измерителя 1, смонтированного в металлическом корпусе, соединительной трубки 2, заполненной жидкостью, и приемника 3, присоединяемого к месту измерения температуры.

Принцип работы термометра основан на расширении заключенной в соединительной трубке жидкости под действием температуры измеряемой среды.

Нагретая в приемнике 3 жидкость окажет давление на винтовую трубчатую пружину (смонтированную в корпусе измерителя), которая через рычажный поводковый механизм приведет к повороту стрелки на угол, пропорциональный измеряемой температуре.

Манометрические термометры изготавливаются четырех типов со шкалами предельных измерений до $+120$, $+160$, $+200$ и $+300^{\circ}\text{C}$.

Максимальная длина соединительной трубки составляет 60 м.

Температуру выше 300°C измеряют с помощью термопар.

Термопара состоит из двух проволок различных металлов. Верхние концы проволок подключены к контактным клеммам, а нижние — соединены между собой посредством горячего спая. При нагревании конца спая в термопаре возбуждается электродвижущая сила. Присоединенный к клеммам термопары гальванометр показывает величину электродвижущей силы в милливольтках. Обычно гальванометры имеют двойную шкалу измерений в милливольтках и градусах стандартной шкалы.

В зависимости от величины измеряемой температуры применяются термопары с характеристиками, приведенными в табл. 36.

Приборы для измерения давлений

Измерение давлений газа (положительного или отрицательного) производится посредством V-образных водяных манометров.

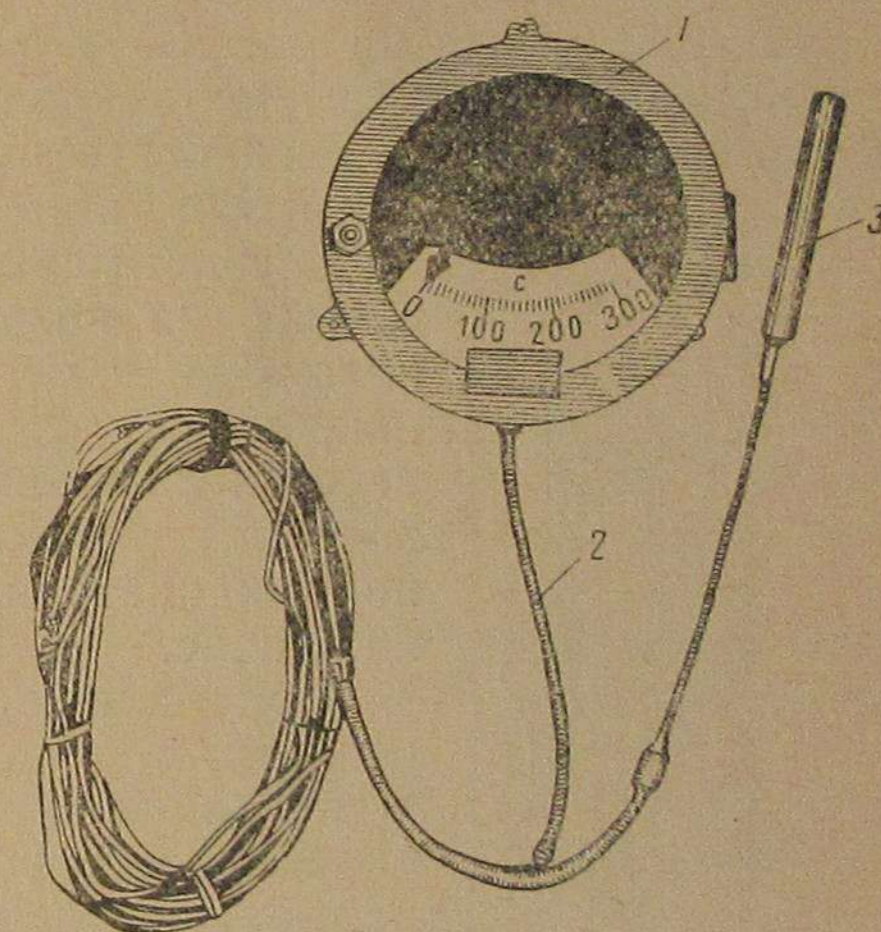
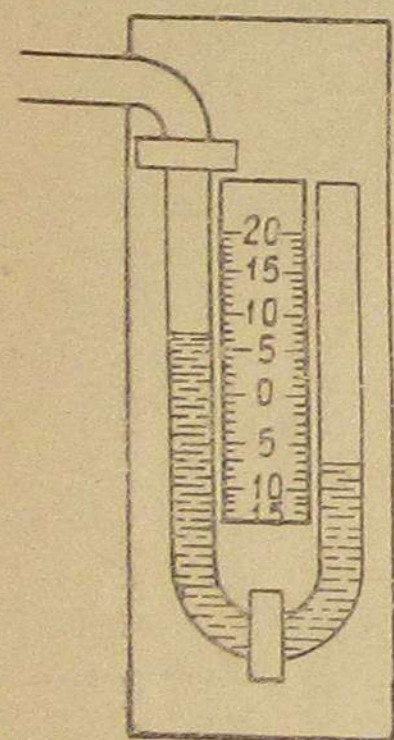


Рис. 82. Манометрический термометр

Наименование термопары	Температуры измерений в °С
Медноконстантановая	не свыше 400
Железokonстантановая	не свыше 800
Никель-никельхромовая	от 800 до 1100
Платино-платинородиевая	от 1100 до 1600

Изображенный на рис. 83 V-образный водяной манометр представляет собой изогнутую стеклянную трубку, соединенную одним концом при помощи резинового шланга или металлической трубки с местом замера, а вторым — с атмосферой.



Трубка манометра укреплена на деревянной планке, на которой между ветвями трубки расположена измерительная шкала с ценой делений, равной 2 мм водяного столба. Для измерения небольших давлений (от 100 до 300 мм вод. ст.) трубка заливается водой, подкрашенной индикаторной краской до нулевой отметки на шкале.

При наличии давлений, превышающих 300 мм вод. ст., трубка манометра заполняется ртутью. В подключенном в газопровод манометре уровни воды в трубках будут смещены, и разность их покажет величину давления или разрежения в мм вод. ст.

Контроль напора воды, поступающей на скрубберы, производится при помощи пружинных манометров.

На водяной магистрали, подающей воду на охлаждение газа, устанавливаются манометры типа МТ-160, позволяющие измерять избыточное давление воды при температуре не выше 60° С.

В табл. 37 приведены данные пружинных манометров для различных величин давления воды.

Таблица 37

Предельное значение шкалы в кг/см ²	Наибольшее допустимое рабочее давление в кг/см ²	Предельное значение шкалы в кг/см ²	Наибольшее допустимое рабочее давление в кг/см ²
2	1,35	5	3,40
3	2,00	6	4,00
4	2,70	8	5,40

2. СХЕМЫ АППАРАТУРНОГО КОНТРОЛЯ

На рис. 84 показана принципиальная схема аппаратурного контроля и регулирования на газогенераторной установке для двигателя 6БК-43 ($N_e = 300$ л. с.).

Воздух в газогенератор засасывается через патрубок 1. Измерение величины разрежения под колосниковой решеткой производится V-образным манометром 2, а температура паровоздушной смеси контролируется дистанционным манометрическим термометром 3.

Количество подаваемого в трубопровод 4 пара регулируется клапаном 5, приводимым в действие дистанционным термоэлементом 6.

Температура выходящего из генератора газа измеряется термопарой, соединенной с гальванометром 7, а величина разрежения газа в выходном патрубке 8 фиксируется V-образным водяным манометром 9. По патрубку 10 генераторный газ поступает в скруббер 11 для охлаждения и первичной очистки.

Температура охлаждающей газ воды, подаваемой центробежным насосом 12 по трубе 13, контролируется ртутным термометром 14, заключенным в металлическую оправу, а давление — пружинным манометром 15. Из скруббера газ по трубопроводу 16 направляется в газодувку 17.

Разрежение газа в трубопроводе 16 фиксируется V-образным водяным манометром 18, а температура газа — ртутным термометром 19.

Охлажденный и прошедший предварительную очистку газ по трубопроводу 20 направляется газодувкой в фильтр тонкой очистки 21. Давление газа после газодувки и фильтра тонкой очистки измеряется V-образными водяными манометрами 22 и 23.

Давление газа, поступающего в ресивер 24, регулируется автоматическим мембранным регулятором 25.

Давление газа во всасывающем коллекторе двигателя контролируется V-образным водяным манометром 26.

Для удобства наблюдений контрольно-измерительная аппаратура смонтирована на двух щитках, на одном из которых установлены V-образные водяные манометры, а на другом — гальванометр, манометр и термометр паровоздушной смеси.

На рис. 85 представлена схема аппаратурного контроля на генераторной установке горячего газа.

Воздух в газогенератор подается вентилятором 1. Количество воздуха, подводимого под колосниковую решетку, регулируется дроссельной заслонкой 2, связанной при помощи тяги с автоматическим мембранным регулятором 3.

Величина напора воздуха измеряется V-образным водяным манометром 4.

Пар по трубе 5 подводится в зольник, где он смешивается с воздухом, поступающим по патрубкам 6.

Температура паровоздушной смеси под колосниковой решеткой фиксируется дистанционным манометрическим термометром 7. Тем-

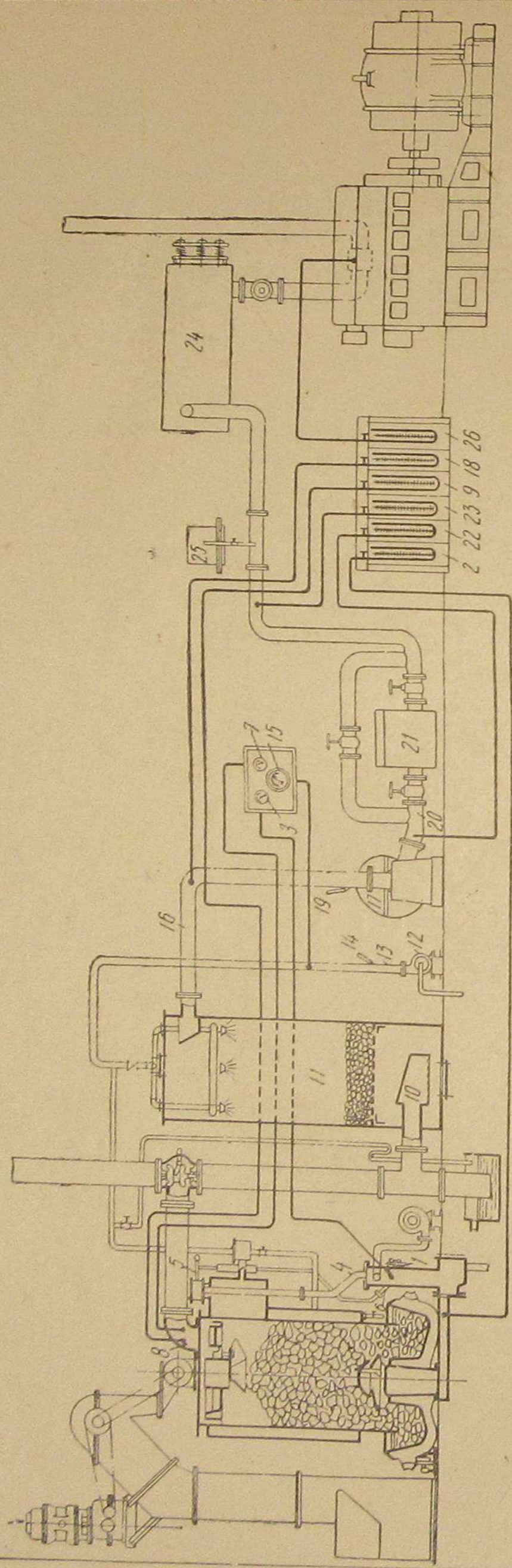


Рис. 84. Принципиальная схема аппаратурного контроля и регулирования на газогенераторной установке для двигателя 6БК-43

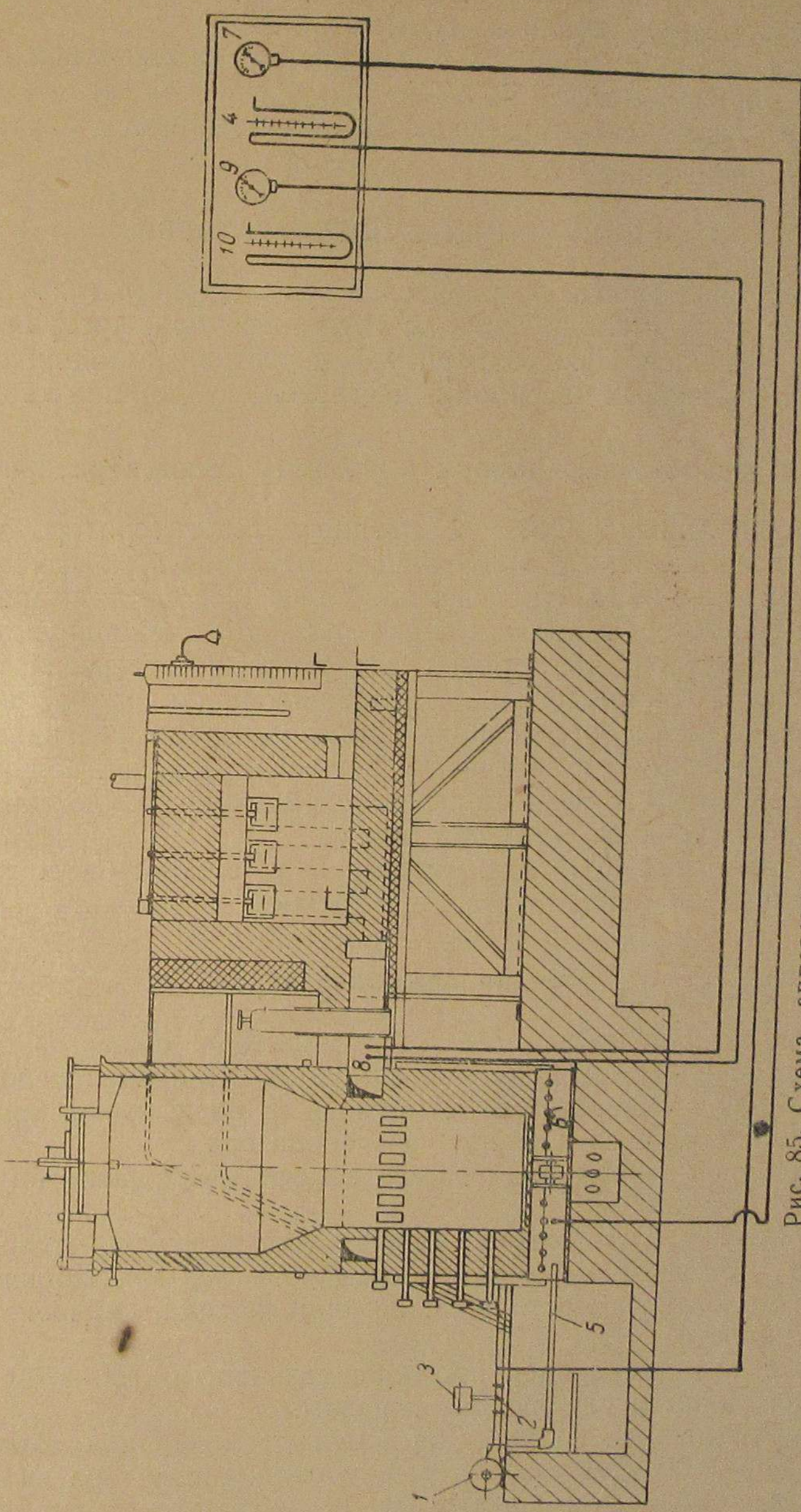


Рис. 85. Схема аппаратурного контроля на установке горячего газа

пература и давление выходящего из генератора газа измеряются в коллекторе 8 при помощи термопары, соединенной с гальванометром 9, и V-образного водяного манометра 10.

Все перечисленные приборы для удобства наблюдений смонтированы на общем щите.

Температура в рабочей камере печи определяется переносным оптическим пирометром.

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Бесперебойная работа потребителей генераторного газа во многом зависит от нормальной работы газогенератора, которая характеризуется стабильностью температуры и состава выходящего газа, отсутствием шлаковых настилов и несгоревшего топлива в зольнике.

Подготовительные работы к розжигу газогенератора

Подготовительные работы к розжигу газогенератора состоят в осмотре и приведении в надлежащее состояние всех его механизмов и контрольно-измерительных приборов. Особое внимание в генераторах прямого процесса должно быть обращено на уплотнение загрузочного устройства, пробок шуровочных отверстий, люков, а также плотности прилегания переключающих клапанов и задвижек. В генераторах обращенного процесса, кроме указанного, необходимо проверить герметичность закрытия крышек зольниковых люков. Воздушные прозоры колосниковой решетки должны быть тщательно очищены от золы или шлака.

После того как будут проверены все механизмы и приборы и установлена их исправность, приступают к розжигу газогенератора.

Розжиг газогенератора

Розжиг механизированного газогенератора прямого процесса начинается с укладки шлаковой подушки. Предназначенный для укладки шлак отсеивается от мелочи, и крупные куски (величиной с кулак) загружаются в шахту газогенератора.

Высота слоя шлака над челцом колосниковой решетки должна составлять 150—200 мм.

На поверхность шлаковой подушки укладываются дрова размерами 300 × 60 × 70 мм, высотой слоя 400—500 мм. Дрова поджигаются в нескольких местах при помощи факела, смоченного в горючей жидкости.

Розжиг газогенераторов производительностью 150—200 м³ газа в час производится следующим образом.

На колосниковую подушку укладывают мелко наколотые чурки высотой слоя 600—700 мм, затем в зольник генератора вносят промасленные концы и поджигают их. В зависимости от производственных условий розжиг производят самотягой или при помощи вентиляторного дутья.

Одновременно с розжигом топлива необходимо охлаждающий кожух генератора постепенно заполнить водой с таким расчетом, чтобы к моменту готовности генератора подавать под колосники паровоздушную смесь. После того как дрова или чурки разгорятся и зеркало горения будет расположено по всему сечению шахты, приступают к загрузке топлива с постепенным поднятием слоя.

Когда слой топлива достигает высоты, обусловленной конструкцией генератора, проверяется готовность его к действию. Наиболее простым способом определения готовности генератора является замер высоты активной зоны газификации. Для этой цели через шуровочное или загрузочное отверстие в шахту генератора опускают металлическую штангу таким образом, чтобы нижний конец ее попал на чепец колосниковой решетки, а при наличии плоской решетки — на ее поверхность. Вынутая через некоторое время из генератора штанга будет иметь по длине различные цвета накала. Нижний конец штанги, непосредственно расположенный на колосниковой решетке, будет темным. Находящийся выше отрезок штанги окажется окрашенным в яркокрасный цвет, так как температуры в зонах горения и восстановления высокие.

При длине раскаленной части штанги (400—450 мм) активная зона считается подготовленной, а генератор — готовым к действию.

В газогенераторах обращенного процесса камера газификации перед розжигом газогенератора заполняется древесным углем или чурками высотой слоя на 100—150 мм выше фурменного пояса.

Розжиг производится одним из вышеуказанных способов.

При появлении в фурмах раскаленного угля и прекращении выделения дыма (розжиг на чурках) в бункер загружают рабочее топливо, после чего розжиг газогенератора считается законченным.

Обслуживание газогенераторов

После того как генератор начал подавать газ потребителям, регулярно забрасывают топливо и удаляют очаговые остатки.

В механизированных газогенераторах проведение указанных мероприятий не вызывает каких-либо затруднений и сводится к регулированию производительности механизмов топливоподачи и золоудаления.

В процессе работы газогенератора необходимо должное внимание уделять качеству и размерам загружаемого в шахту топлива.

Применение топлива невысокого качества или топлива с различными размерами кусков вызывает прогары, вследствие чего развивающаяся в них высокая температура способствует ухудшению состава газа, шлакованию генератора (при работе его на ископаемых топливах) и в конечном случае ведет к остановке генератора.

Работоспособность газогенераторов прямого процесса зависит также от количества пара, подводимого под колосниковую решетку.

Так как недостаток или избыток подводимого под колосники пара ухудшает качество газа, количество его регулируют температурой паровоздушной смеси, которая при работе генератора на антраците должна составлять 55—57° С.

Генераторы прямого процесса

Неисправность	Причина	Способы устранения неисправностей
А. Механизированные газогенераторы		
В питатель не поступает топливо	1. В расходном бункере нет топлива 2. Заклинивание топлива в приемном отверстии питателя	1. Заполнить расходный бункер топливом 2. Открыть смотровое окно питателя и прошуровать топливо
Вал питателя не вращается	1. Срезана шпонка на валу питателя 2. Заело „собачку“ приводного механизма 3. Между барабаном и корпусом питателя попал посторонний предмет	1. Сменить шпонку 2. Разобрать приводной механизм питателя, зачистить и смазать валик „собачки“ 3. Вынуть попавший предмет и тщательно зачистить поврежденные поверхности. При наличии большого повреждения питатель надлежит отправить на ремонтную базу
Топливо из питателя не поступает в шахту газогенератора	1. Заклинивание топлива в барабане питателя 2. Заело валик автомата уровня топлива	1. Открыть смотровое окно питателя и прошуровать топливо 2. Расходить и смазать вал автомата
Зольная чаша не вращается	1. Попадание под ролики или шары постороннего предмета 2. Заело червячную передачу	1. Удалить посторонний предмет 2. Разобрать червячную передачу и зачистить места заеданий
Не работает автомат уровня воды	Засорение клапана	1. Переключить питание газогенератора на резервную магистраль 2. Разобрать автомат, очистить клапан и по окончании ремонта включить автомат в систему водоснабжения
Б. Газогенераторы с ручным обслуживанием (шахта имеет огнеупорную футеровку)		
Сильный нагрев нижней части корпуса газогенератора	Выгорание огнеупорной футеровки	Остановить газогенератор, выгрузить топливо и заменить выгоревшую футеровку
Обрыв колокола загрузочного устройства	Сильные удары колокола о запорное кольцо	Остановить газогенератор, поставить новую серьгу на колокол и притереть его к запорному кольцу

Если при понижении указанной температуры паровоздушной смеси будет происходить шлакование топлива, температуру необходимо повысить на 2—3° С.

Обслуживание газогенераторов обращенного процесса заключается в регулярной загрузке топлива, наблюдении за нормальным его поступлением в камеру газификации и периодической чистке зольника.

Не рекомендуется допускать выгорание слоя топлива до плоскости фурм, так как это приводит к перегреву корпуса генератора, а при открытии загрузочного люка может вызвать хлопок газа.

Остановка газогенератора

Остановки газогенератора в зависимости от производственных условий могут быть кратковременного и длительного характера.

Если генератор остановлен на короткий промежуток времени, интенсивность горения в нем поддерживается включением вентилятора розжига и выпуском газа в атмосферу.

При остановках генератора на длительное время, когда топливо из генератора должно быть выгружено, открывают загрузочный люк или трехходовой клапан на атмосферу, прекращают подвод воздуха в смеситель и полностью открывают доступ пару под колосниковую решетку.

Через 2—3 часа после остановки генератора на поверхность колосников опускают шуровочную штангу, и если она не будет иметь накала в какой-либо части, открывают люки и выгружают топливо.

Для остановки генератора обращенного процесса необходимо прекратить доступ воздуха к фурмам и закрыть задвижку на газопроводе.

4. НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

При эксплуатации газогенераторов возможны случаи нарушения процесса газификации и работы обслуживающих механизмов.

В газогенераторах, работающих на каменноугольном топливе, с применением паровоздушного дутья нарушение процесса газификации может произойти вследствие шлакования «горячего» или «холодного» хода газогенератора. Шлакование генератора вызывается применением несортированного топлива с низкой температурой плавления золы и поступающей под колосники паровоздушной смеси.

Комья шлака разбивают при помощи шуровок и колосниковой решетки. Разбивая шлак шуровочной штангой и одновременно дробя его решеткой, обычно удается ликвидировать прогары и достигнуть равномерного движения паровоздушной смеси и газа по всему сечению шахты генератора.

В тех случаях, когда применение шуровки не дает надлежащего эффекта, газогенератор останавливают и выгружают топливо.

Неисправность	Причина	Способы устранения неисправностей
В. Газогенераторы обращенного процесса		
Перегрев зольника газогенератора	Подсос воздуха через зольниковый люк	Произвести подтяжку крышки зольникового люка, в случае надобности сменить асбестовую прокладку
Перегрев корпуса газогенератора в сварочных швах газовой камеры, зольника, газоотборного патрубка и т. д.	Подсос воздуха через неплотности в сварочных швах указанных деталей газогенератора	Остановить газогенератор, освободить его от топлива и произвести заварку обнаруженных неплотностей в сварочных швах

Горячий ход газогенератора происходит также вследствие применения несортированного топлива, низкого его слоя и одностороннего горения. Загружаемое в шахту генератора топливо кусками различной величины распределяется по сечению шахты неравномерно — крупные куски располагаются у стенки шахты, а мелкие в середине, поэтому плотность топлива у стенки шахты будет ниже, чем в середине, в результате чего образуется кольцевой прогар, расположенный по периметру шахты генератора. Устранение прогара достигается путем загрузки в газогенератор сортированного топлива.

Несвоевременная подача топлива в генератор ведет к сокращению высоты активной зоны, вследствие чего процесс газификации резко ухудшается, а температура выходящего газа сильно возрастает.

Для ликвидации «горячего» хода генератора необходимо: а) уменьшить количество поступающего в смеситель воздуха и увеличить подачу пара; б) произвести шуровку топлива; в) увеличить подачу топлива и довести слой его до нормальной высоты; г) отрегулировать температуру паровоздушной смеси.

«Холодный» ход газогенератора может быть вследствие шлакования колосниковой решетки, высокой температуры паровоздушной смеси и сползания активной зоны на колосниковую решетку. Устраняется «холодный» ход обычно шурованием топлива, регулированием температуры паровоздушной смеси и поднятием слоя шлака на поверхности колосниковой решетки.

Ненормальная работа газогенератора обращенного процесса может быть вследствие засорения активной зоны угольной мелочью, применения сырого топлива (в непригодных для этого конструкциях) и заклинивания его в бункере генератора.

При эксплуатации газогенераторов кроме случаев нарушения процесса газификации возможны неполадки, связанные с неисправностью механизмов или деталей газогенераторов.

В табл. 38 приведены наиболее часто встречающиеся неисправности механизмов и деталей генераторов прямого и обращенного процессов газификации.

5. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПЕЧЕЙ, ОТАПЛИВАЕМЫХ ГЕНЕРАТОРНЫМ ГАЗОМ

Нормальная работа печи, отапливаемой генераторным газом, характеризуется соблюдением температурного режима в камере печи.

Для выполнения указанного требования печи, кроме приведенных выше приборов в схемах аппаратурного контроля, должны быть снабжены следующими контрольно-измерительными приборами.

1. Термопарой с гальванометром для контроля температуры в камере печи. В том случае, когда необходимо наблюдать за температурой в печи на всей ее длине, устанавливают несколько термопар и соединяют их с гальванометром при помощи переключателя.

2. Температурный режим в печи достигается путем регулирования горелок, для чего у каждой горелки устанавливаются V-образные манометры в следующих местах:

- а) на подводящем газ трубопроводе;
- б) на газовом патрубке перед горелкой;
- в) на воздухопроводе перед горелкой.

Если печь оборудована рекуператором, V-образные манометры устанавливаются и на воздухопроводе перед рекуператором.

Измерение давлений воздуха и газа в указанных местах позволяет судить о наличии газа в трубопроводе, давлений газа и воздуха перед горелкой. При помощи показаний манометров можно регулировать горелки, а следовательно и температуру в камере печи.

Если печь оборудована рекуператором, то температура подогрева вторичного воздуха контролируется термопарой.

Показания V-образных манометров, установленных на воздухопроводе перед горелкой и рекуператором, дают возможность судить о герметичности такового.

Окончательное регулирование горелок производится в зависимости от заданной атмосферы в печи (восстановительная или слегка окислительная) и температурного режима в камере.

Перед пуском печи необходимо провести нижеследующие операции:

1. Продуть газовую магистраль газом, для чего открыть задвижку на продувочном патрубке газопровода и установить наличие газа путем поднесения факела к продувочному патрубку.

2. После того как газ на продувочном патрубке будет гореть устойчиво, в печь вносят горящий факел, включают вентилятор подачи воздуха и открывают горелки.

Путем совместного регулирования открытия воздуха и газа устанавливают заданный режим горения.

3. Закрывают задвижку на продувочном патрубке и при помощи приборов производят окончательное регулирование горелок.

При остановке печи связанные с этим операции проводят в следующей последовательности:

1. Прекращают подачу воздуха.
2. Прекращают подачу газа.

При необходимости внезапной остановки печи прекращают подачу воздуха, а затем газа.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Грибанов И. И., Газогенераторное топливо, Сельхозгиз, Свердловск, 1942.
2. Гурфинкель И. М., Газовое дело, ч. I и II. ОНТИ-ДНТВУ, Киев, 1935.
3. Гинзбург Д. Б., Газогенераторные установки Гизлегпром, Москва, 1936.
4. Справочник, Газогенераторные тракторы и автомобили, Сельхозгиз, Москва, 1943.
5. Игнатов А. Г., Практическое руководство по переводу стационарных двигателей на газообразное топливо, Наркомхоз, Москва, 1944.
6. Тареев В. М., Справочник по тепловому расчету рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, Москва, Речиздат, 1947.
7. Фурьянский Н. А., Газификация теплосилового хозяйства железных дорог, Транжелдориздат, Москва, 1947.
8. Страхович Н. И., Прикладная газодинамика ОНТИ, Ленинград, 1937.
9. Рэрих К. Э. и Беликов М. П., Газовые двигатели большой мощности ОНТИ-ДНТВУ, Киев, 1936.
10. МВТУ им. Н. Э. Баумана (кафедра двигателей внутреннего сгорания), Перевод двигателей внутреннего сгорания на газообразное топливо, Машгиз, Москва, 1946.
11. Стандартвод, Типовые проекты переоборудования речных судовых котлов под антрацит, Из-во Водный транспорт, 1937.
12. ЦНИИРФ, Современные судовые силовые установки, Речиздат, Ленинград, 1949.
13. Фокин Л. Ф. и Павлов К. Ф., Методы расчета типовой химической аппаратуры, КУБУЧ, Ленинград, 1932.
14. Рамбуш Н. Э., Газогенераторы ОНТИ, Ленинград, 1939.
15. Игнатов А. Г., Перевод нефтяных двигателей на газообразное топливо, Госэнергоиздат, Москва, 1944.
16. Болтинский В. И., Автотракторные двигатели, Сельхозгиз, Москва, 1938.
17. Сборник научных трудов ТИМСХ, Вып. 3, Ростовское областное ведомственное из-во, Ростов н/Д, 1940.
18. Дедков С. В., Перевод двигателей внутреннего сгорания на генераторный газ, Госместиздат, Москва, 1943.
19. Осипов Л. Л., Судовые газосиловые установки, Речиздат, Москва, 1951.
20. Заводовский, Производственные печи, ОГИЗ, 1934.
21. Труды Ростовского ин-та железнодорожного транспорта, Ростов н/Д, НИС-РИЖТ, 1940.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От автора	3
Глава I. Основные сведения о процессах газификации твердого топлива	
1. Способы использования тепла твердого топлива	5
2. Принципиальные схемы процессов газификации	6
3. Химические реакции и тепловые явления при газификации топлива	8
4. Топливо для газогенераторных установок	9
Глава II. Классификация и элементарные расчеты газогенераторов	
1. Классификация газогенераторов	17
2. Расчеты газогенераторов	17
3. Конструктивные расчеты газогенераторов	26
Глава III. Область применения и принципиальные схемы газогенераторных установок	
1. Виды газоснабжения	36
2. Принципиальные схемы газогенераторных установок	37
Глава IV. Конструкции газогенераторов	
1. Силовые газогенераторы	40
2. Промышленные газогенераторы	47
Глава V. Охлаждение и первичная очистка газа	
1. Воздушное и водяное охлаждение газа	51
2. Конструкции охладителей стационарного и судового типов	53
Глава VI. Очистка и фильтрация газа	
1. Пылеуловители-циклоны	61
2. Промывание газа	62
3. Фильтрация газа	63
4. Фильтрующие материалы	66
Глава VII. Переоборудование двигателей внутреннего сгорания для работы на газообразном топливе	
1. Переоборудование карбюраторных двигателей	67
2. Переоборудование калоризаторных двигателей	70
3. Поверочный расчет деталей двигателя внутреннего сгорания, переоборудуемого для работы на генераторном газе	71
4. Переоборудование дизелей для работы на газообразном топливе	76
5. Тепловой расчет двигателя, переоборудованного для работы на генераторном газе по газожидкостному циклу	79

	Стр.
Глава VIII. Конструкции двигателей внутреннего сгорания, переоборудованных для работы на газообразном топливе	
1. Двигатели с электрическим зажиганием газовой смеси	85
2. Двигатели, переоборудованные для работы на газообразном топливе по газожидкостному циклу	92
Глава IX. Газосиловые установки	
1. Судовые газосиловые установки	101
2. Стационарные газосиловые установки	107
Глава X. Генераторные и полугазовые топki	
1. Конструкции генераторных топок и топок с непосредственным сжиганием топлива	113
2. Печи с индивидуальными газогенераторами	117
3. Рекуператоры	121
Глава XI. Оборудование промышленных и силовых газогенераторных установок	
1. Механизмы для транспортирования топлива	129
2. Механизмы для перемещения воздуха и газа	131
3. Переключающие клапаны	132
4. Предохранительные клапаны	134
5. Регуляторы давления газа	134
6. Газопроводы	136
7. Горелки	141
8. Арматура	141
Глава XII. Эксплуатация газогенераторных установок	
1. Контрольные приборы	143
2. Схемы аппаратного контроля	145
3. Эксплуатация газогенераторов	148
4. Неисправности в работе газогенераторов	150
5. Обслуживание печей, отапливаемых генераторным газом	153
Использованная литература	154

Редактор В. В. Иванов
 Ведущий редактор С. М. Добронравова
 Техн. ред. А. К. Красная

Сдано в производство 10/XII 1951 г. Подписано к печати 1/II 1952 г.
 Т-01267. Бумага 60×92¹/₁₆—4⁷/₈ б. л.+1 вкл.—¹/₄ б. л.=9³/₄ п. л.+1 вкл.—¹/₂ п. л.
 Изд. л. 12,62. Тираж 2000. Изд. № Пт—1035.

Набрано в 13-й типографии Главполиграфиздата при Совете Министров СССР.
 Москва, Гарднеровский пер., 1а. Зак. 802.
 Отпечатано в 1 типографии Речиздата, Москва, Кожевническая ул., 15, Зак. 765

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По вине
5	10 сверху	типлова	топлива	Корректора
9	12 "	...—28480 кал	...—28400 кал	"
71	1 снизу	$P_z = \dots$	$P_z = \dots$	Типографии
84	11 "	$\dots + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{n_2 - 1} \right) - \dots$	$\dots + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{n_2 - 1} \right) - \dots$	Автора
84	13 "	$P_v = \frac{P_z}{\delta n_2} - \dots$	$P_v = \frac{P_z}{\delta n_2} - \dots$	"
101	7 сверху	(рис. 53)	(рис. 54)	"
137	1 снизу (знаменатель формулы)	$\frac{1}{d \times d_1} + \frac{1}{2 \times \lambda} \ln \frac{\alpha_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \times d_2}$	$\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}$	"

Зак. 765