

Т Р У Д Ы
ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
И Н С Т И Т У Т А
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
Т Р А Н С П О Р Т А

XXIV

330

Выпуск 6

П.А.ФУФРЯНСКИЙ

ГАЗИФИКАЦИЯ
ТЕПЛОСИЛОВОГО
ХОЗЯЙСТВА
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



Т Р А Н С Ж Е Л Д О Р И З Д А Т

ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО
ИНСТИТУТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ВЫПУСК 6

~~330~~
Н. А. ФУФРЯНСКИЙ
Кандидат технических наук

XXIV 330
I

ГАЗИФИКАЦИЯ
ТЕПЛОСИЛОВОГО ХОЗЯЙСТВА
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1947

В труде дано обобщение исследовательских работ Института по газификации теплосилового хозяйства железных дорог, рассмотрены конструкции газогенераторных установок, которые проверены в эксплуатации и рекомендуются для применения на железнодорожном транспорте.

Труд рассчитан на инженерно-технических работников энергетического и теплосилового хозяйства железнодорожного транспорта.

Государственная
офисная
Библиотека СССР
им. В. И. Ленина

ИЧ — 15964

Редакторы: С. В. Саленко и А. Л. Голованов
Техн. редактор П. А. Хитров

Сдано в набор 14/XI 1946 г.
Подписано к печати 22/II 1947 г.
Объем 6,5 п. л. ЖДИЗ 18356.
Форм. бум. 60×92¹/₁₆ д. л.
Зак. 2213. Тираж 3000 экз. А 01847.

1-я тип. Трансжелдориздата МПС.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Газификация теплосилового хозяйства является одной из важных линий развития советской энергетики.

Применение и развитие газогенераторной техники в теплосиловом хозяйстве Союза, в том числе и в теплосиловом хозяйстве железнодорожного транспорта, не следует ставить в зависимость от временной топливной конъюнктуры; общие народнохозяйственные интересы, а также технико-экономические преимущества газификации являются постоянно действующими факторами, побудившими к возникновению и всё более широкому развитию газогенераторной техники в теплосиловом хозяйстве.

Область экономически целесообразного применения газификации теплосилового хозяйства транспорта с каждым годом увеличивается. В текущем пятилетии газификация теплосилового и энергетического хозяйства получает заметное развитие; в частности, будет уделено внимание переводу на газ печного хозяйства и двигателей внутреннего сгорания; широкое применение может получить растопка паровозов газом. Газификация теплосилового и энергетического хозяйства будет развиваться путём постройки индивидуальных, центральных и передвижных газостанций и газогенераторных установок и всё возрастающего применения естественного газа в районах его выхода и потребления.

Обширное поле деятельности открывается перед транспортной энергетикой в связи с перспективой применения газовых турбин. Освоение газовых турбин в сочетании с газогенераторами специальных конструкций явится новой отраслью транспортной энергетики.

Настоящий труд канд. техн. наук Н. А. Фуфрянского представляет первую попытку обобщения опыта газификации весьма разнообразного энергетического и теплосилового хозяйства железных дорог. Наряду с описанием рекомендуемых Институтом конструкций, примеров компоновки оборудования, эксплуатационных сведений, технических указаний по обслуживанию газогенераторных установок автор приводит краткие теоретические основы газификации топлив, методику и пример расчёта газогенераторов.

Опубликованием настоящего труда Институт стремится оказать помощь широким кругам инженерно-технического персонала энергетического хозяйства железных дорог в решении важной общегосударственной задачи по всемерному использованию местных топлив, освоению газогенераторной техники.

Директор Всесоюзного научно-исследовательского института
железнодорожного транспорта
Член-корреспондент Академии наук СССР профессор Т. С. Хачатуров

Начальник Отделения паровозного хозяйства и энергетики
Всесоюзного научно-исследовательского института
железнодорожного транспорта профессор О. Н. Исаакян

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССАХ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЁРДЫХ ТОПЛИВ

1. Способы использования тепла твёрдого топлива

Твёрдое топливо, имеющее наиболее широкое применение в народном хозяйстве, может быть использовано различными способами. Наиболее распространёнными из них являются: полное непосредственное сжигание, сухая перегонка и газификация.

Полное непосредственное сжигание осуществляется в тех случаях, когда к топливу подводится такое количество воздуха, которое необходимо и достаточно для его полного сжигания. Этот способ получил наибольшее применение.

Сухая перегонка топлива осуществляется в специальных закрытых камерах путём нагревания его без доступа воздуха. В результате теплового воздействия нагреваемое топливо выделяет газ (летучие горючие, которые могут быть использованы или в целях отопления или для химической переработки), смолу и в сухом остатке — кокс. В зависимости от поставленных задач и свойств топлива применяют различные способы сухой перегонки в целях получения светильного (городского) газа, кокса, смолы или других продуктов.

Полная газификация топлива представляет собой процесс превращения твёрдого топлива в газообразное путём подвода необходимого для этого количества воздуха. В результате газификации в золе и шлаках не должно оставаться неиспользованного топлива, поэтому полная газификация иногда называется безостаточной. Газификация может осуществляться различными способами.

В газогенераторах применяется воздушное, паровое, кислородное или смешанное дутьё. В зависимости от характера дутья получают различные виды газов: воздушный, смешанный, водяной, кислородный.

В газогенераторах воздушного газа к топливу подводится только воздух, и главной задачей газификации является наиболее полное превращение углерода топлива в окись углерода (СО).

В газогенераторах водяного газа к топливу попеременно подводится воздух и пар. Чередование подачи воздуха и пара производится через определённые промежутки времени (5—8 мин.). Водяной газ получается в периоды пропуска пара через топливо; при соприкосновении водяного пара с раскалённым углеродом топлива образуется свободный водород (H_2) и окись углерода (СО). Однако вследствие того что образование водорода сопровождается значительным поглощением тепла, топливо охлаждается и количество выделяемого

водорода и окиси углерода постепенно уменьшается; в этот период паровое дутьё выключается и снова подаётся воздух, в генераторе идёт процесс полного сгорания; через несколько минут, когда слой топлива раскалится, снова отключается воздушное и подаётся паровое дутьё.

Водяной газ обладает сравнительно высокой теплотворной способностью, которая обычно составляет 2 600—2 800 кал/нм³, в то время как теплотворная способность воздушного газа достигает лишь 1 000—1 100 кал/нм³.

Генераторный газ практически получается в результате некоторого сочетания описанных выше процессов. К воздуху, идущему на газификацию, в зависимости от свойств топлива и способа газификации, примешивается некоторое количество водяных паров или частично используется влага газифицируемого топлива. Теплотворная способность такого газа от 1 000 до 1 600—1 700 кал/нм³.

В целях получения высококалорийного газа применяют кислородное дутьё или кислородное дутьё в смеси с водяным паром. Газ, вырабатываемый в таких установках, называется кислородным газом (оксигаз).

2. Принципиальные схемы процессов газификации

В зависимости от взаимного направления движения потоков воздуха (газа) и газифицируемого топлива различают следующие процессы газификации: прямой, обратный (опрокинутый)¹ и горизонтальный.

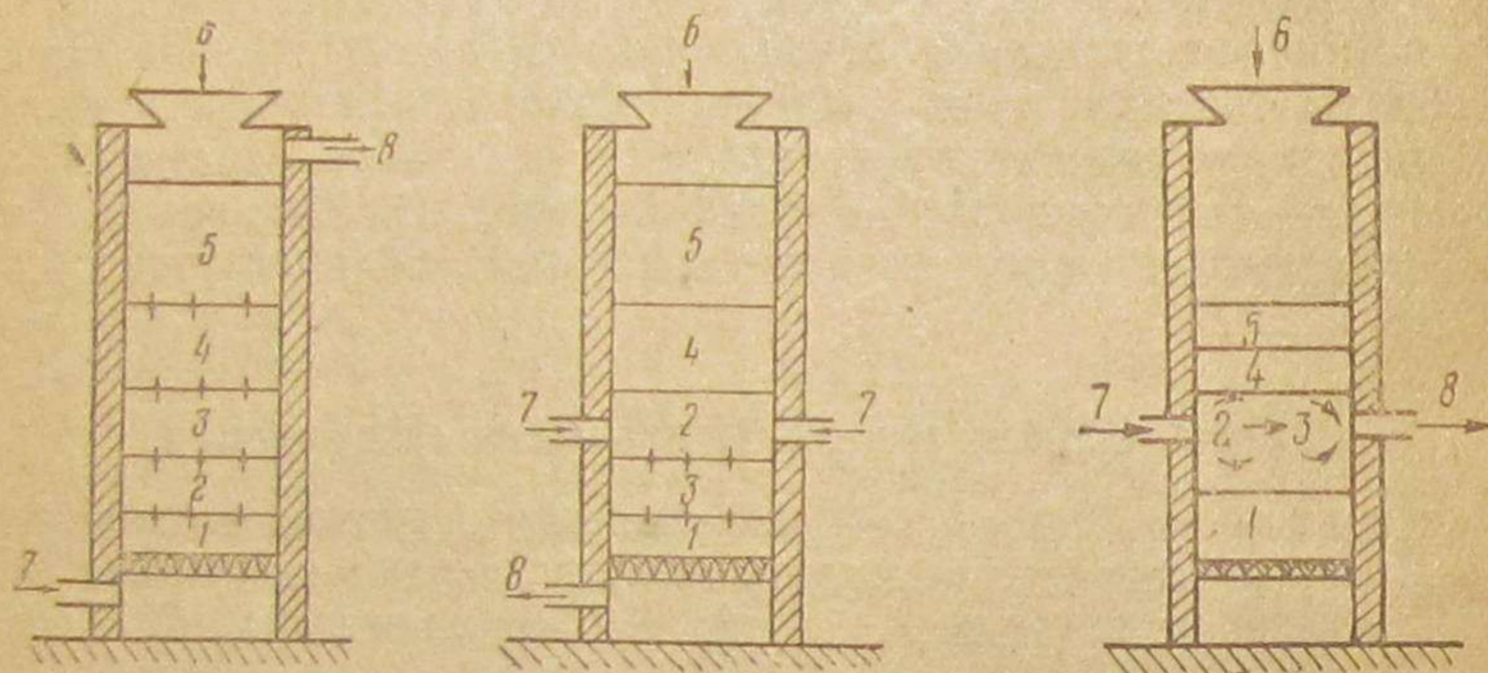
В стационарной теплотехнике широкое распространение получили газогенераторы прямого процесса, в которых необходимый для газификации воздух подводится снизу (фиг. 1). Воздушный (газовый) поток подымается вверх, встречает на своём пути топливо, которое по мере сгорания перемещается вниз.

Газификация является физико-химическим процессом взаимодействия топлива, воздуха и влаги. Горение и газификация твёрдого топлива представляет собой весьма сложный процесс, многие детали которого исследованы ещё далеко не полно. Элементарное представление о процессе даёт схематическое деление всего рабочего слоя топлива, загружаемого в генератор и участвующего в процессах, на ряд зон. В нижней части газогенератора, в которой воздух встречается с раскалённым топливом, протекает процесс горения; эта зона называется зоной горения или окисления. Газ, образовавшийся в зоне окисления, состоит главным образом из продуктов полного сгорания топлива, т. е. углекислоты (CO_2) и азота воздуха. Таким образом, из зоны окисления выходят негорючие газы.

В результате энергичного выделения тепла в зоне горения топливо,

¹ Иногда встречается другая терминология. Прямой процесс называется противоточным (газ подымается вверх, навстречу ему опускается топливо); обратный процесс называется прямоточным (газ и топливо идут вниз, параллельно).

расположенное выше этой зоны, прогревается, вследствие чего поднимающиеся вверх газы на пути своего движения соприкасаются с раскалённым углеродом топлива. В процессе соприкосновения углекислого газа с раскалённым топливом происходит восстановление продуктов полного сгорания с образованием окиси углерода. Реакции восстановления, в противоположность реакциям горения, протекают с поглощением тепла (эндотермические реакции). Следовательно, в восстановительной зоне полезно используется часть тепла, выделившаяся в зоне горения. Водяной пар, идущий вместе с воздухом (влага воздуха или пар, поступающие для увлажнения дутья), участвует в реакциях в зоне горения и восстановления, в результате чего в генераторном газе вместе с окисью углерода появляется свободный водород.



Фиг. 1. Прямой процесс

Фиг. 2. Обратный процесс

Фиг. 3. Горизонтальный процесс

Фиг. 1—3. Принципиальные схемы газификации топлив

1—зона шлаков и золы, 2—зона горения, 3—зона восстановления, 4—зона сухой перегонки, 5—зона подсушки, 6—подача топлива, 7—подвод воздуха для газификации, 8—отвод газа

Зоны горения и восстановления составляют основную активную зону газогенераторного процесса. Над активной зоной располагаются зоны сухой перегонки и подсушки, в которых топливо подготавливается к газификации.

В газогенераторах прямого процесса продукты, выделившиеся в зоне подсушки и сухой перегонки (летучие, смола, влага), механически перемешиваются с генераторным газом.

В случае газификации топлив, содержащих большие количества смолистых веществ, генераторный газ без специальной обработки не может применяться для двигателей внутреннего сгорания. Поэтому в мобильных транспортных газогенераторах для газификации дров, торфа и бурых углей широкое применение нашли газогенераторы обратного (опрокинутого) процесса. В газогенераторах обратного процесса (фиг. 2) воздух подводится к средней части газогенератора, а газ отводится снизу. В этом случае в плоскости подвода воздуха

над восстановительной зоной располагается зона горения. Зоны сухой перегонки и подсушки находятся непосредственно над зоной горения.

В случае газификации топлива по обратному способу продукты, образующиеся в зонах подсушки и сухой перегонки, механически не смешиваются с генераторным газом, а предварительно проходят зоны горения и восстановления, т. е. зоны высоких температур. Продукты сухой перегонки, попадая в область высоких температур, частично сгорают, а частично разлагаются на простые соединения, в результате чего генераторный газ освобождается от смолистых веществ.

Среди конструкций лёгких транспортных газогенераторов сравнительно большое распространение получили газогенераторы горизонтального процесса (фиг. 3). В этом случае воздушный (газовый) поток направляется горизонтально. Топливо перемещается, как и в генераторах, описанных выше, сверху вниз. Таким образом, направления газового потока и топлива пересекаются. В газогенераторах горизонтального процесса зоны окисления и восстановления вытянуты вдоль сечения генератора, а зоны сухой перегонки и подсушки располагаются над активной зоной.

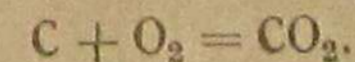
В газогенераторной технике нашли применение также газогенераторы, работающие по схемам, отличающимся от описанных выше; в них используется различное сочетание приведённых выше принципов. Следует отметить, что каждый из описанных способов газификации имеет свои преимущества и недостатки.

В зависимости от назначения газогенераторных установок и газифицируемого топлива выбирается тот или другой принцип, наиболее целесообразный в рассматриваемых конкретных условиях.

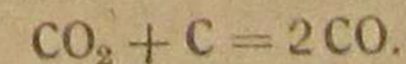
3. Основные реакции процесса газификации

Выше отмечалось, что процесс горения и газификации твёрдого топлива представляет собой сложный комплекс взаимодействия воздуха, топлива и влаги. Этот процесс настолько сложен, что среди предложенных теорий горения ни одна не получила ещё вполне законченного развития и всеобщего признания.

В 1851 г. появилась редуционная теория горения, согласно которой в зоне подвода к топливу воздуха протекает реакция полного сгорания или окисления углерода по уравнению

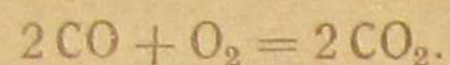


Углекислый газ, проходя далее через слой раскалённого топлива, восстанавливается; восстановление CO_2 в CO идёт по реакции



В дальнейшем некоторыми исследователями была высказана другая точка зрения; утверждалось, что в начале горения образуется CO и

только в результате продолжающегося контакта CO с кислородом происходит окисление CO в CO₂ по реакции



В 1912 г. Рид и Уилер высказали теорию комплекса, согласно которой на поверхности топлива образуется твёрдый углекислый комплекс, в дальнейшем распадающийся на CO и CO₂.

По мере накопления экспериментального материала появились и продолжают развиваться новые взгляды на процесс сгорания и газификации твёрдого топлива.

Таким образом, до сего времени исследования и развитие теории горения и газификации ещё не завершили построение теории физико-химических процессов трансформации твёрдого топлива в газообразное состояние.

Для конструирования газогенераторов обычно пользуются расчётом по конечным компонентам генераторного газа, как способом, вполне удовлетворяющим габаритным и теплотехническим условиям работы газогенераторов. Вследствие этого теория и пример расчёта, которые приводятся ниже, выполнены по конечному составу газа.

Таблица 1

Тип газогенератора	Способ газификации	Топливо	Состав газа в %						Теплотворная способность кал/м ³
			CO	H ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	N ₂	
ЦНИИ Т-20	Прямой	Антрацит	25,6	11,27	0,87	1,3	7,2	53,76	1 145
ЦНИИ Т-23	Обратный	Сулюктинский уголь	29,6	9,3	2,3	0,3	4,5	54,0	1 338
ЦНИИ Т-23		Кизил-Кия уголь	27,9	8,1	1,4	0,2	4,8	57,6	1 179
ЦНИИ Т-23	»	Кок-Янтак уголь	29,78	7,95	1,72	0,6	3,2	56,75	1 258
ЦНИИ Т-23		Ангрен. уголь	28,8	4,0	2,4	0,6	3,6	60,6	1 185
Берлие	»	Древесные чурки	19,5	16,3	2,5	1,7	9,8	50,2	1 227
Кромар		То же	20,7	18,6	1,7	—	10,5	48,5	1 254
ЦНИИВ	»	Швырок	17,0	9,25	4,3	0,2	11,0	58,25	1 121
ГОДГ		Щепа	22,0	16,5	1,4	—	13,0	47,1	1 215
НАТИ Г-21	Прямой	Древесный уголь	28,7	4,6	1,8	—	2,5	62,4	1 147
НАТИ Г-21		Антрацит	27,8	4,5	1,3	0,2	2,5	63,7	1 073
НАТИ Г-23	Обратный	Древесина, угольные брикеты	19,3	6,8	2,0	0,1	7,7	64,1	932
У-6		Древесный уголь	28,6	2,1	2,3	0,5	5,2	61,3	1 121

Состав генераторного газа зависит от химического состава и сорта газифицируемого топлива, конструкции газогенератора, режима и способа ведения процесса.

В качестве иллюстрации в табл. 1 приводится средний состав генераторного газа, полученный из различных топлив в газогенераторах конструкций ЦНИИ, НАТИ, ЦНИИВ, Берлие и др.

Данные по газогенераторам Т-20 и Т-23 получены в результате опытов по газификации различных топлив, проведённых во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта.

Состав генераторного газа, как указано выше, зависит от химического состава топлива, однако различие в составе топлива не в полной мере переносится на состав газа. Для пояснения сравним состав некоторых топлив (табл. 2).

Таблица 2

Наименование топлива	Элементы характеристики								Q ₂ ^в	Q _p ^н
	W _{гигр}	W _p	A _c	C ₂	H ₂	N ₂	O ₂	V ₂		
в %									в кал/кг	
Дрова . . .	7,0	30,0	1,0	51,0	6,15	0,6	42,25	85,0	4 890	2 980
Подмосковный уголь	8,0	32,0	26,8	69,7	4,9	1,4	18,9	45,0	6 630	2 980
Сулюктинский уголь	11,2	18,0	3,0	78,5	3,8	0,8	16,1	28,5	6 990	4 790
Антрацит .	2,0	5,5	9,7	93,8	1,95	1,2	1,05	3,5	8 140	6 820

Совместным рассмотрением приведённых в табл. 1 и 2 состава топлива и генераторного газа легко установить, что при резком различии состава топлив состав генераторного газа, полученный из этих топлив, отличается в значительно меньшей степени. Резкое влияние на изменение состава газа оказывают другие факторы: способ ведения процесса газификации, температурный режим, давление, физические свойства топлива и в меньшей степени конструкция газогенератора. Это дало возможность рекомендовать применение сравнительно широкого диапазона топлив без конструктивного изменения газогенераторов.

Генераторный газ состоит из механической смеси шести основных компонентов: окиси углерода, водорода, метана, кислорода, углекислого газа и азота. Рабочей, активной частью генераторного газа являются CO, H₂, CH₄, O₂, нерабочей, пассивной — CO₂ и N₂.

Для расчёта процесса газификации и конструкции газогенератора необходимо знать основные параметры газа [5], которые сведены в табл. 3.

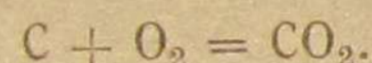
В табл. 3 приведены высшие и низшие теплотворные способности CO, H₂ и CH₄ в кал/м³.

Таблица 3

Компоненты	Параметры					
	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	N ₂
Молекулярный вес	28	2	16	32	44	28
Количество кислорода, необходимое для полного сжигания 1 м ³	0,5	0,5	2,0	—	—	—
Теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 м ³	2,38	2,38	9,52	—	—	—
Высшая теплотворная способность 1 м ³ газа при 0° С и 760 мм рт. ст.	3 035	3 050	9 530	—	—	—
Низшая теплотворная способность ¹ газа, кал/м ³	3 035	2 570	8 570	—	—	—

Имея теплотворные способности отдельных составляющих генераторного газа и теплотворную способность углерода, можно рассчитать тепловые эффекты реакций газификации. Теплотворная способность углерода, на основании многочисленных экспериментов, принята в 8 100 кал/кг.

Тепловой эффект реакции образования CO₂ может быть рассчитан следующим образом: полное сгорание углерода, как известно, протекает по уравнению



Из закона сохранения вещества и энергии следует, что обеим частям химического равенства соответствует одинаковое количество вещества и запасов химической и тепловой энергии.

Если расчёт проделать для 1 моля² углерода, то теплотворная способность килограммолекулы углерода, вступающего в реакцию, будет равна

$$8\,100 \cdot 12 = 97\,200 \text{ кал},$$

где 12 — молекулярный вес углерода.

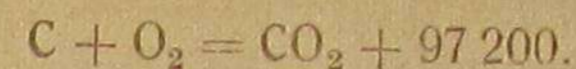
¹ Теплотворной способностью топлива называется количество тепла в калориях, выделяющееся при полном сгорании 1 кг твёрдого и жидкого топлива или 1 м³ газа.

Различают теплотворную способность высшую (Q_v^H), если сгорание идёт до углекислоты и последующей конденсации паров воды с выделением тепла (условно при $t^\circ = 15 - 20^\circ \text{C}$) и низшую (Q_p) — при сгорании топлива до углекислоты и паров воды.

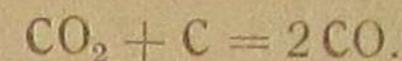
² Килограммолекулой, или молем, называется такое количество газа, которое весит столько килограммов, сколько единиц в молекулярном весе газа. Например, молекулярный вес водорода равен 2, моль водорода будет весить 2 кг, молекулярный вес кислорода равен 32, моль кислорода будет весить 32 кг и т. д.

Объём моля любого газа при 0° С и 760 мм рт. ст. равен 22,4 м³.

Таким образом, экзотермическая реакция¹ полного окисления С в CO₂, с учётом теплового эффекта, запишется так:



Тепловой эффект реакции образования CO из С и CO₂ подсчитывается аналогично предыдущему:



Теплотворная способность 1 моля С по предыдущему 97 200 кал, теплотворная способность образовавшихся 2 молей CO будет равна

$$3\,035 \cdot 22,4 \cdot 2 = 135\,966 \text{ кал},$$

где 22,4 — объём 1 моля в м³ при нормальных условиях (0° С и 760 мм рт. ст.).

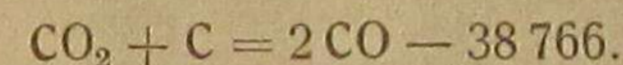
Подставим в формулу образования CO из CO₂ и С соответствующие тепловые эффекты и решим полученное уравнение с одним неизвестным:

$$97\,200 = 135\,966 + q.$$

$$q = -38\,766 \text{ кал}.$$

Отрицательное значение $q = -38\,766$ кал указывает, что реакция протекает с поглощением тепла.

Уравнение образования CO из CO₂ и O₂, составленное с учётом теплового эффекта, примет вид:



Аналогично подсчитываются тепловые эффекты образования всех компонентов генераторного газа.

Для расчёта стационарных газогенераторов, как указывалось выше, опорной характеристикой выбирают конечный состав генераторного газа. Выбор состава газа производится в соответствии с технологическими и теплотехническими требованиями потребителя; при этом содержание всех компонентов газа увязывается с эксплуатационными и экспериментальными данными, характеризующими фактические возможности выработки газа назначенного состава из заданного топлива.

4. Топливо для газогенераторов

В газогенераторных установках используется различное топливо: дрова, торф, бурый, каменный, древесный уголь, антрацит, брикеты и пр.

¹ Реакции химического соединения, в процессе которых происходит выделение тепла, называются экзотермическими, реакции, протекающие с поглощением тепла, — эндотермическими.

Существуют принципиальные возможности газификации любого топлива, однако обеспечение нормальных условий газификации различных топлив связано с неодинаковыми техническими и материальными затратами. Весьма большие затруднения возникают в процессе газификации многозольных влажных топлив; существенное влияние на качество и устойчивость процесса оказывают механическая прочность топлива, температура плавления золы и однородность газифицируемой партии по размерам кусков.

Существуют различные конструкции газогенераторов, в которых учитываются указанные свойства и особенности газифицируемых топлив.

Топлива, используемые в газогенераторной технике, могут быть разбиты на две основные группы. Первую группу составляют топлива с высоким содержанием летучих, выделяющие в процессе газификации большое количество смолистых веществ. К этой многочисленной группе относятся дрова, торф, бурые и каменные угли, брикеты из этих топлив и растительных отходов (солома, камыш, кора, шелуха хлопковых семян и т. п.). Вторая группа объединяет топлива, содержащие незначительное количество летучих; к ним относятся антрациты, каменноугольный кокс, древесный уголь, шлакоотсев.

В энергетике железнодорожного транспорта, в том числе в газогенераторной технике, основными видами топлива являются угли различных марок, второе место занимают древесное топливо и торф.

Общие требования к газифицируемому топливу состоят в следующем: а) однородность по размерам кусков; б) ограниченное содержание внешней влаги; в) небольшое содержание золы; г) достаточно высокая температура плавления золы.

Топливо должно быть однородно по размерам кусков, потому что большая разница в размерах приводит к неравномерному выгоранию мелких и крупных кусков, вызывает появление местных очагов прогара, ухудшает качество газа и увеличивает потери угля со шлаками. Как известно, все химические процессы зависят от масс, участвующих в реакциях, времени контакта газа с топливом, температуры процесса, давления и от величины реагирующей поверхности. Реакции образования газа происходят между твёрдым и газообразным веществами. И чем меньше зёрна газифицируемого топлива и чем более однородны они между собой, тем большая поверхность соприкосновения будет между газом и топливом и тем более равномерно будет происходить выгорание зёрен в слое топлива.

Характер и скорость сжигания и газификации твёрдого топлива по мере его измельчения изменяются; например, сжигание топлива в пылевидном состоянии по скорости горения подходит к газосжиганию.

Как указано, чем мельче зёрна газифицируемого топлива, тем большая поверхность его может быть омыта газовым потоком, следовательно, при прочих равных условиях уменьшение размеров газифицируемого топлива обеспечивает сокращение суммарного времени, необходимого на контакт газа с топливом, тем самым сокращается высота газифицируемого слоя.

Однако газификация мелкозернистого топлива отличается своими технологическими недостатками, основными из которых являются повышение сопротивления слоя топлива и увеличение уноса несгоревшего пылевидного угля с газом.

В промышленной и транспортной эксплуатации практически установлено, что для газификации твёрдого топлива в слое наилучшие результаты получаются при размерах кусков от 6—15 до 15—25 мм.

Значительное влияние на процесс газификации и качество газа оказывает равномерность кусков газифицируемой партии топлива. Испытаниями установлено, что при газификации грохоченного газового угля донецкого месторождения получен газ с $Q_p^H = 1450$ кал/нм³, при газификации рядового угля того же месторождения — $Q_p^H = 1301$ кал/нм³.

Аналогичные испытания, выполненные на челябинских углях, показали, что при размере кусков топлива от 13 до 50 мм низшая теплотворная способность газа составила 900—1000 кал/нм³, а при сортировке того же топлива до размера кусков от 13 до 25 мм теплотворная способность газа повысилась до 1050—1250 кал/нм³.

Таким образом, чем ближе верхний и нижний пределы размера кусков газифицируемого топлива, тем равномернее ход газогенератора и тем выше качество газа.

Топливо должно содержать возможно меньшее количество внешней влаги, так как в случае газификации по прямому процессу на испарение этой влаги нерационально затрачивается тепло, что снижает общий коэффициент полезного действия установки. В случае газификации по обращённому способу излишняя влага, проходя через зону горения, может переохладить рабочую камеру, снизить качество газа и тем самым ухудшить весь процесс. В зависимости от применяемого способа газификации устанавливаются те или иные нормы влажности рабочего топлива¹, в частности для бурых углей, торфа и дров рекомендуется не допускать влажность более 20—32%.

Повышенное содержание золы в топливе, как указывалось выше, отрицательно влияет на ход процесса газификации, создавая прогары, шлакование, ухудшая качество газа, увеличивая потери несгоревшего топлива со шлаками.

По содержанию золы идеальным газогенераторным топливом можно считать древесину как отличающуюся незначительным золосодержанием и высокой температурой плавления золы. Вполне удовлетворительными топливами для газогенераторов следует считать топлива, содержащие не более 12—15% золы (считая на сухую массу).

Температура размягчения золы топлива для газогенераторов со слоевым сжиганием и сухим золоудалением не должна быть ниже 1150—1250°С.

¹ В обращённом процессе наличие влаги в топливе в определённых границах улучшает работу газогенератора и повышает теплотворную способность газа. Количество полезно используемой влаги рассчитывается материальным балансом, которым определяется избыток или недостаток влаги в топливе.

В газогенераторах с жидким шлакоудалением применяются топлива, отличающиеся более низкой температурой плавления золы.

Приведённые выше требования к топливу должны соблюдаться при газификации в обычных газогенераторах слоевого процесса. Но существуют специальные конструкции, в которых газифицируется угольная пыль, топливные отходы, несортированный рядовой уголь, неразделанная древесина и т. д. В специальных конструкциях, а тем более в агрегатах, перед которыми не ставится условие обязательного получения газа высокой теплотворной способности, указанные требования к топливу не могут приниматься как условия, без выполнения которых газогенераторные установки не могут эксплуатироваться. В годы Отечественной войны, когда наблюдались серьёзные перебои в снабжении топливом, газогенераторные станции нередко вынужденно работали на рядовых, низкосортных топливах. Естественно, что газификация низкосортных несортированных углей, отличающихся низкой температурой плавления золы, усложняет обслуживание, повышает затраты рабочей силы на борьбу со шлакованием и вызывает повышенное наблюдение за ходом процесса. Однако, осуществляя некоторые технические приёмы (увеличение парового дутья, сокращение периодов между шуровками и чистками, изменение высоты газифицируемого слоя) и повышая качество работы обслуживающего персонала, можно обеспечить удовлетворительную эксплуатационную работу газогенераторов и на низкосортных топливах.

В нормальных условиях работы, решая вопрос о целесообразности газификации рядового или сортированного угля, следует отдать предпочтение последнему. Затраты на предварительную топливоподготовку всегда окупятся облегчением обслуживания газостанции и улучшением качества вырабатываемого газа.

Антрацит как газогенераторное топливо вполне освоен в многолетней промышленной и транспортной практике газификации.

Проф. Шишаков Н. В. вводит следующую классификацию советских антрацитов: а) антрациты, легко газифицирующиеся и допускающие варьирование парового режима в широком диапазоне; б) антрациты, не вызывающие осложнений при газификации; в) антрациты, трудно газифицирующиеся.

К первой группе относятся следующие донецкие антрациты:

Пласт	Шахта	Станция отправления
Боковский	4 11 Реомойка	Антрацит Криндачёвка Постниково
Хрустальный		
Фоминский		

К антрацитам, не вызывающим осложнений при газификации, относятся:

Пласт	Шахта	Станция отправления
Фоминский	33	Лобовские копи
Гольштейн	ЦОФ ОГПУ	Воскресенская
Несветаевский		Михайло- Леонтьевская
Ремовский	3	Бесчинская

К антрацитам, трудно газифицирующимся и требующим при газификации повышенной затраты труда на борьбу со шлакованием, относятся:

Пласт	Шахта	Станция отправления
Хрустальный	12 «Пролетарская диктатура»	Штеровка Шахтная
Грушевский		
»	ОР «Артём»	Грушевский антрацит Власовские копи
Власовский		

Наибольшее применение в газогенераторах имеют антрациты марок, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Наименование марки	Сокращённое обозначение	Средний размер диаметра куска в мм
Антрацит — кулак	АК	25—100
» — мелочь	АМ	20—25
» — семечко	АС	6—13
» — зубок	АЗ	~6

Весовое напряжение поперечного сечения активной части газогенератора (форсировка) при газификации донецких антрацитов в современных промышленных газогенераторах составляет 140—150 кг/м² ч, в газогенераторах лёгкого транспортного типа 180—200 кг/м² ч.

Сортированная коксовая мелочь по условиям её газификации и результативным показателям приближается к донецким антрацитам.

Каменные и бурые угли также имеют применение в газогенераторной технике Союза. Освоены многие из донецких, уральских, сибирских, карагандинских, подмосковных и других углей. Однако до сих пор ещё не обобщен экспериментальный и эксплуатационный опыт газификации каменных и бурых углей Союза, вследствие чего не установлена классификация этих топлив по степени пригодности их в промышленной газификации.

Разработка строгой классификации затрудняется вследствие большого разнообразия углей, неудовлетворительной сортировки их в пунктах добычи, в силу чего нередко случаи, когда различные партии угля одного и того же месторождения отличаются друг от

друга. Классификация газифицируемых углей затрудняется также отсутствием обобщающего технического руководства и контроля за работой газостанций.

Вполне освоены в газификации донецкие газовые и лисичанские угли. Напряжение поперечного сечения для этих углей составляет от 140 до 260 кг/м² ч, теплотворная способность газа при этом достигает 1300—1500 кал/нм³. В эксплуатации отдельных газогенераторных установок получены более высокие напряжения, достигающие 300—400 кг/м² ч.

Из кузнецких углей достаточно широкое применение нашли угли Ленинского и Прокопьевского районов, однако в Ленинском месторождении лучшим является Журинский пласт; угли других пластов обнаруживают склонность к спеканию.

Хорошими качествами для газификации отличаются черемховские угли. Из карагандинских месторождений наибольшее применение в газификации получили угли Федоровского пласта.

Хорошими качествами для газификации отличаются сулюктинский и кок-янгакский угли Среднеазиатского месторождения; кзыл-кийский уголь того же бассейна несколько уступает первым по большей способности его к спеканию и шлакованию.

Характерной особенностью подмосковного угля является его способность при нагревании растрескиваться, кроме того, подмосковный уголь отличается сильным шлакованием, вследствие чего использование его в газогенераторах затруднено. Производительность газогенераторов на подмосковном угле ниже, чем на других топливах.

В некоторых особых случаях, когда возникает необходимость использования в газогенераторах сильно спекающихся углей (киселовские, печорские и др.), применяют шихтование этих углей с тощими, неспекающимися углями; в этих случаях величина добавки тощих углей зависит от свойств шихтуемых углей, напряжения сечения газогенератора, способа ведения процесса и других условий и может достигать 40—50%.

Торф и древесина по лёгкости газификации и качеству генераторного газа могут быть отнесены к одним из лучших генераторных топлив. Однако низкое качество торфа (крошка, высокая влажность, загрязнение при транспортировке) могут свести и нередко сводят на-нет достоинства торфа как генераторного топлива. Для газификации в слое употребляется машиноформовочный и гидроторф. Хорошими качествами отличается брикетированный торф и торфяной кокс.

Сравнение качеств одного из месторождений воздушно-сухого торфа, торфяных брикетов и торфяного кокса приводится в табл. 5.

Согласно руководству по переоборудованию двигателей автотранспортного типа на генераторный газ [11] рекомендуется придерживаться следующих технических норм на торф:

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

Таблица 5

Название топлива	Состав рабочего топлива в %							Теплотворная способность в кал/кг	Объёмный вес в кг/м ³
	С	Н	О	S	N	W	A		
Торфяной кокс	78,5	1,6	3,3	0,2	1,4	5,0	10,0	7350	400
Торфяной брикет	43,7	4,3	24,8	0,2	2,0	15,0	10,0	3850	850
Кусковой воздушно-сухой торф	36,3	3,6	20,3	0,2	1,6	30,0	8,0	3100	400

Размер кусков торфа для автотранспортных газогенераторов рекомендуется выдерживать в пределах размера чурок.

Требования к торфу, древесному топливу и вообще ко всем видам топлив, применяемым в автотранспортных газогенераторах, выше соответствующих требований, устанавливаемых для топлив, газифицируемых в стационарных газогенераторах.

Повышенные требования, предъявляемые к топливу для автотранспортных газогенераторов, являются результатом более высоких форсировок, применяемых в этих установках, и необходимостью высокой эксплуатационной устойчивости работы транспортных агрегатов.

Выше отмечалось, что древесина как генераторное топливо обладает высокими качествами (незначительная зольность, высокая температура плавления золы).

Химический состав органической массы древесины мало зависит от породы; состав генераторного газа, полученного из разных пород дерева, также мало отличается.

Однако различные породы древесины отличаются удельным весом, следовательно, и объёмной теплотворной способностью, но, что особенно важно, древесный уголь, получающийся в активной зоне при газификации древесины разных пород, отличается различной механической прочностью. Естественно, чем менее прочен древесный уголь, тем больше мелочи и крошки получается в генераторе, тем быстрее, следовательно, активная зона и зольник будут забиваться, нарушая процесс и ухудшая качество газа.

Для сравнения приводим данные об относительной прочности древесных углей различных пород, выжженных при одинаковых условиях:

Берёза	1,00
Сосна	0,58
Осина	0,46
Ель	0,43
Пихта	0,39

Вследствие указанного наиболее ценными для газификации являются твёрдые породы древесины, которые в процессе газификации обеспечивают выход относительно прочного древесного угля.

В целях ориентации обслуживающего персонала в табл. 6 приводится характеристика нормальных параметров газификации раз-

Таблица 6

Параметры	Размерность	Ка м е н		н ы й у г о л ь							
		богословский БР	челябинский БҚ	черновский БР	черем- ховский Д	кольчу- гинский Д	черногор- ский Д	подмосковный БР	донецкий Г грохочённый	антрацит до- нецкий АС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Характеристи- ка топлива	Влажность W_p^1	%	30	19,0	33,0	12,0	9,0	12,0	28,3	6,0	6,0
	Зольность A^c	%	20	20,0	11,0	12,0	7,0	12,0	30,0	11,0	13,0
	Крупность	мм	10—50	10—50	10—50 3 910	10—50 5 330	10—75	10—75	10—50	—	—
	Теплотворная способность . Q_p^H	кал/кг	3 310	4 200	4 265	6 240	5 710	3 000	6 450	6 580	
Напряжение сечения шахты	кг/м ² ч	130—160	350—100	170	150—200	150—200	150—230 ¹	240—280	180—200		
Выход сухого газа из 1 кг рабочего топлива	м ³ /кг	2,0	2,1	2,0	3,3	3,0	1,12	3,3	4,0		
Состав сухого газа	CO ₂	%	6,0	5,0	4,0—6,0	4,0	5,0	4,93	5,0	6,0	
	O ₂	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	C _n H _m	%	0,3	0,2	—	0,3	0,3	0,5	0,3	0,0	
	H ₂ S	%	0,2	0,2	—	—	—	1,17	0,3	0,2	
	CO	%	25,5	28,0	26,5—28,5	27,0	26,0	27,2	26,5	27,0	
	H ₂	%	14,0	14,0	14,0—14,5	13,0	13,0	13,3	13,5	14,0	
	CH ₄	%	2,1	2,0	3,0—3,5	2,7	2,7	2,6	2,3	0,6	
N ₂	%	51,6	50,4	49,8—50,75	51,8	52,8	48,9	51,9	52,0		
Калорийность сухого газа . . . Q_c^H	кал/м ³	1 325	1 460	1 420—1 530	1 624	1 590	1 465	1 405	1 230		
То же, рабочего газа Q_p^H	»	1 020	1 170	1 210—1 310	1 470	1 410	1 160	—	—		
Содержание влаги (на сух. газ)	г/м ³	240	200	130—140	80	100	210	—	—		
» смолы » » »	»	4,0	22,5	—	15	12	36,2	11,0	0,0		
» пыли » » »	»	22,0	15,9	—	6	5	—	14,0	10,0		
Температура газа на выходе из гене- ратора	°С	250	250—300	250—300	500	550	94	950	600		
Расход воздуха на 1 кг топлива	м ³ /кг	1,2	1,39	1,21	2,1	2,0	1,45	2,2	2,64		
Температура паро-воздушного дутья	°С	46—50	46—65	45—50	50	55	51	45—55	55—58		
Расход пара на процесс	г/кг топлива	150—250	250—350	160—270	250	300	167	400—550	400—420		

¹ Для немеханизированных генераторов 100—150 г/м² ч.

² Эта и приведённые ниже цифры относятся к газификации смеси, сос-

стоящей из одной части черемховских и трёх частей черновских углей.

Параметры	Размерность	Коксовая мелочь	Торф кусковой		
			кондиционной влажности	воздушной сушки	
1	2	12	13	14	
Характеристика топлива	Влажность W^p	%	16,0	33,0	20,0
	Зольность A^c	%	19,0	8,0	8,0
	Крупность	мм	—	проходит через сито 25×25	не $> 18\%$
	Теплотворная способность Q_p^H	кал/кг	5 350	2 990	3 760
Напряжение сечения шахты	кг/м ² ч	160—200	450—500	600—650	
Выход сухого газа из 1 кг рабочего топлива	м ³ /кг	3,2	1,7	1,7	
Состав сухого газа	CO ₂	%	5,0	8,0	7,0
	O ₂	%	0,2	0,2	0,2
	C _n H _m	%	0,0	0,4	0,4
	H ₂ S	%	0,2	—	—
	CO	%	28,5	27,0	28,0
	H ₂	%	13,0	14,0	15,0
	CH ₄	%	0,7	3,0	3,0
N ₂	%	52,4	47,4	46,4	
Калорийность сухого газа Q_c^H	кал/м ³	1 250	1 500	1 600	
То же, рабочего газа Q_p^H	»	1 130	1 400	1 550	
Содержание влаги (на сух. газ)	г/м ³	80	300	200	
» смолы » » »	»	0,0	40	40	
» пыли » » »	»	16,0	10	10	
Температура газа на выходе из генератора	°C	600	200	250	
Расход воздуха на 1 кг топлива	м ³ /кг	2,23	0,9	1,0	
Температура паро-воздушного дутья	°C	55—58	55	55	
Расход пара на процесс	г/кг топлива	340—360	130	150	

Древесная щепа		Древесная чурка		Дрова	
влажная	воздушной сушки	влажная	воздушной сушки	влажные	воздушной сушки
15	16	17	18	19	20
40,0	25,0	40,0	25,0	40,0	25,0
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100 × 100 × 25 максимум	—	l=250	Ø80—150	l=1 000	Ø80—100
2 440	3 250	2 440	3 250	2 440	3 250
350—450	330—450	300—400	300—400	150—200	200—250
1,2	1,5	1,3	1,6	1,3	1,6
7,0	5,0	7,5	6,0	9,0	8,5
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
—	—	—	—	—	—
28,0	28,0	27,0	29,0	25,0	27,0
14,0	16,0	12,0	12,0	11,0	12,0
3,2	3,2	3,0	3,0	2,8	3,0
47,2	47,2	49,9	48,4	51,6	48,9
1 550	1 600	1 450	1 500	1 350	1 450
1 350	1 550	1 250	1 450	1 100	1 350
450	300	400	250	375	225
60	60	40	40	30	30
—	—	—	—	—	—
100	150	150	200	100	150
0,7	0,9	1,8	1,0	0,9	1,0
35	45	—	—	—	—
60	70	—	—	—	—

личных топлив [12], установленных на основании практики газификации в промышленности. Приводимые параметры должны рассматриваться в качестве эксплуатационной характеристики газификации различных топлив применительно к промышленным газогенераторам большой и средней производительности, но не как наилучшие результаты.

II. РАСЧЁТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Расчёт газогенератора состоит в составлении материального и теплового балансов и конструктивном расчёте.

Материальным балансом определяются основные показатели процесса газификации, как то: выход газа из 1 кг топлива, количество воздуха и водяного пара, необходимых для газификации заданного топлива.

Тепловой баланс определяет коэффициент полезного действия газогенератора, количество и характер тепловых потерь.

Материальный баланс обычно составляется на 100 кг-молекул газа, тепловой — на 1 кг топлива. Ниже показана общая методика и пример расчёта газогенератора к двигателю мощностью 200 ЛС.

1. Материальный баланс

Для расчёта материального баланса задаётся состав рабочего топлива. Для примера в качестве рабочего топлива принимаем антрацит марок АС, АМ следующего элементарного состава: углерода 79,97%; водорода 1,66%; кислорода 0,89%; азота 1,02%; серы 1,79%; влаги 5,5%; золы 9,17%; $Q_p^H = 6876$ кал/кг.

Конечный состав газа, который необходимо получить в результате газификации, задан следующим: $CO_2 = 5\%$; $CO = 28\%$; $H_2 = 12\%$; $CH_4 = 1\%$; $O_2 = 0,3\%$; $N_2 = 53,1\%$; прочих соединений 0,6%.

По заданному составу определяют содержание основных компонентов в 100 кг-мол генераторного газа:

$$\text{углерод } \Sigma C = CO_2 + CO + CH_4 = 5 + 28 + 1 = 34 \text{ кг-мол,}$$

$$\text{водород } \Sigma H_2 = H_2 + 2CH_4 = 12 + 2 = 14 \text{ кг-мол,}$$

$$\text{кислород } \Sigma O_2 = CO_2 + \frac{1}{2} CO + O_2 = 5 + 14 + 0,3 = 19,3 \text{ кг-мол,}$$

$$\text{азот } \Sigma N_2 = N_2 = 53,1 \text{ кг-мол.}$$

По правилу Дюлонга считается, что водород топлива связан с кислородом, вследствие чего при газификации образуется вода, которая носит название воды Дюлонга. Считается, что в топливе свободного водорода будет такое количество, которое останется в нём после полного образования воды Дюлонга из O_2 и H_2 топлива. Свободный

водород может вступить в другие реакции образования генераторного газа¹.

Расчётный состав топлива согласно правилу Дюлонга будет равен:

$$\text{Углерод } \dots \dots \dots C^T = C^P = 79,97\%;$$

$$\text{Водород } \dots \dots \dots H^T = H^P - \frac{2}{16} O^P = 1,55\%;$$

$$\text{Азот } \dots \dots \dots N^T = N^P = 1,02\%;$$

$$\text{Влага } \dots \dots \dots W^T = W^P + \frac{18}{16} O^P = 6,5\%;$$

$$\text{Зола } \dots \dots \dots A^T = A^P = 9,17\%;$$

$$\text{Сера } \dots \dots \dots S^T = S^P = 1,79\%.$$

Учитывая потери углерода с провалом, уносом и со шлаками $C^P = 2\%$ (минимум), получим действительное количество углерода, перешедшего в газ:

$$\frac{C^P - C^N}{100}$$

Выход генераторного газа из 1 кг топлива:

$$V = \frac{22,4 (C^P - C^N)}{12 \Sigma C} = \frac{C^P - C^N}{0,536 \Sigma C} = \frac{79,97 - 2}{0,536 \cdot 34} = 4,26 \text{ нм}^3/\text{кг.}$$

Для получения 100 кг-мол газа в газогенератор необходимо внести следующее количество рабочего топлива;

$$G^T = \frac{12 \Sigma C}{C^P - C^N} \cdot 100 = \frac{12 \cdot 34 \cdot 100}{79,97 - 2} = 524 \text{ кг.}$$

При образовании 100 кг-мол газа в газогенератор вместе с топливом вводится азот в количестве:

$$\frac{G^T N_2^T}{28 \cdot 100} = \frac{524 \cdot 1,02}{28 \cdot 100} = 0,1908 \text{ кг-мол.}$$

В 100 кг-мол газа должно содержаться N_2 азота, следовательно, на каждые 100 кг-мол газа необходимо подать азота из воздуха

$$N_2^B = \Sigma N_2 - \frac{G^T \cdot N^P}{28 \cdot 100} = 53,1 - 0,1908 = 52,91 \text{ кг-мол.}$$

В соответствии с принятым составом газа в 100 кг-мол газа водорода должно содержаться ΣH_2 .

Водород, содержащийся в генераторном газе, частично получается из свободного водорода топлива, частично из разложившейся влаги топлива, влаги воздуха и воды Дюлонга. Обычно в расчётах влагой атмосферного воздуха пренебрегают. Следовательно, общее количество водорода в сухом генераторном газе будет равно

$$\Sigma H_2 = H_2^T + H^{H_2O}$$

¹ Существует другая теория горения водорода, согласно которой весь водород топлива считается горючим.

В топливе, расходуемом на образование 100 кг-мол газа, водорода содержится

$$H_2^T = \frac{H_2^T \cdot G^T}{2 \cdot 100} = \frac{1,55 \cdot 524}{2 \cdot 100} = 4,05 \text{ кг/мол.}$$

Часть водорода газа, образовавшаяся за счёт влажности топлива, воды Дюлонга и дополнительной влаги (если процесс идёт с присадкой пара), определится из уравнения

$$H_2^{H_2O} = \Sigma H_2 - \frac{H^T \cdot G^T}{2 \cdot 100} = 14 - 4,05 = 9,95 \text{ кг-мол.}$$

Количество влаги, поступающей в газогенератор с топливом будет

$$W = \frac{G^T \cdot W^T}{100} = \frac{524 \cdot 6,5}{100} = 34 \text{ кг.}$$

Так как на образование заданного количества водорода в газе расходуется 18 $H_2^{H_2O}$ кг-мол, а фактически с топливом вносится влаги W , то избыточное или недостающее количество влаги определится из уравнения:

$$W^{пар} = W - 18 (H_2^{H_2O}) = 34 - 18 \cdot 9,95 = -145 \text{ кг.}$$

Отрицательное значение $W^{пар}$ указывает на недостаток влаги, т. е. то количество влаги, какое необходимо дополнительно подать в газогенератор для того, чтобы обеспечить образование газа заданного, расчётного состава.

Положительное значение $W^{пар}$ указывает на избыток влаги, нулевое значение $W^{пар}$ укажет на полное теоретическое соответствие заданного топлива и назначенного, расчётного состава газа.

При 0° С и 760 мм рт. ст. килограммолекула сухого газа занимает объём 22,4 м³, следовательно, объём 100 км-мол составит

$$100 \cdot 22,4 \text{ м}^3.$$

В случае, когда будет избыток влаги, объём пара составит

$$22,4 \cdot \frac{W^{пар}}{18} \text{ м}^3,$$

следовательно, объём влажного газа будет

$$100 \cdot 22,4 + 22,4 \cdot \frac{W^{пар}}{18} = 22,4 \left(100 + \frac{W^{пар}}{18} \right) \text{ м}^3.$$

При этих условиях содержание влаги в 1 м³ газа составит

$$\frac{W^{пар}}{22,4 \left(100 + \frac{W^{пар}}{18} \right)} = w \text{ кг/м}^3.$$

Изложенного достаточно для того, чтобы составить материальный баланс газогенераторного процесса. Материальный баланс состоит из приходных и расходных статей.

Приходные статьи (на 100 кг-мол газа) составят:

1. Углерод: внесено с топливом

$$\frac{G^T \cdot C^P}{100} = \frac{524 \cdot 79,97}{100} = 419 \text{ кг.}$$

2. Водород: внесено с топливом

$$\frac{G \cdot H_2^P}{100} = \frac{524 \cdot 1,66}{100} = 8,7 \text{ кг,}$$

внесено с влагой топлива

$$\frac{2 G^T \cdot W^P}{18 \cdot 100} = \frac{2 \cdot 524 \cdot 5,5}{18 \cdot 100} = 3,2 \text{ кг.}$$

3. Кислород: внесено с топливом

$$\frac{G^T \cdot O_2^P}{100} = \frac{524 \cdot 0,89}{100} = 4,66 \text{ кг,}$$

внесено с влагой топлива

$$\frac{16 G^T \cdot W^P}{18 \cdot 100} = \frac{16 \cdot 524 \cdot 5,5}{18 \cdot 100} = 25,65 \text{ кг,}$$

внесено с воздухом

$$28 \cdot \frac{23,4}{76,6} N_2 = 28 \cdot \frac{23,4}{76,6} \cdot 52,91 = 452,4 \text{ кг.}$$

4. Азот: внесено с топливом

$$\frac{G^T \cdot N_2^P}{100} = \frac{524 \cdot 1,02}{100} = 5,34 \text{ кг,}$$

внесено с воздухом

$$28 \cdot N_2^a = 28 \cdot 52,91 = 1481,48 \text{ кг.}$$

5. Содержание золы топлива

$$\frac{G^T \cdot A^P}{100} = \frac{524 \cdot 9,17}{100} = 48,05 \text{ кг.}$$

Расходные статьи (на 100 кг-мол газа) составят:

1. Углерод в газе $12 \Sigma C = 12 \cdot 34 = 408 \text{ кг}$,
потери углерода в уносе, провале, шлаке

$$\frac{G^T \cdot C^n}{100} = \frac{524 \cdot 2}{100} = 10,48 \text{ кг.}$$

2. Водород в газе $2 \Sigma H_2 = 2 \cdot 14 = 28 \text{ кг}$,

во влаге газа $\frac{2 W^{пар}}{18} = \frac{2(-145)}{18} = -16,2 \text{ кг.}$

3. Кислород в газе $32 \Sigma O_2 = 32 \cdot 19,3 = 617,6 \text{ кг}$,

во влаге газа $\frac{16 W_{\text{пар}}}{18} = \frac{16 (-145)}{18} = -128,8 \text{ кг}$.

4. Азот в газе $28 \Sigma N_2 = 28 \cdot 53,1 = 1486,8 \text{ кг}$.

5. Зола в топливе $\frac{G^T \cdot A^P}{100} = \frac{524 \cdot 9,17}{100} = 48,05 \text{ кг}$.

Подсчитываемый таким образом материальный баланс сводится в табл. 7.

Таблица 7

Статьи прихода и расхода	Углерод	Водород	Кислород	Азот	Зола	Сумма
	в кг					
Приход						
Рабочее топливо						
а) топливо	419	8,7	4,66	5,34	48,05	485,75
б) влага топлива	—	3,2	25,65	—	—	28,56
Воздух	—	—	452,4	1481,48	—	1932,48
Всего поступило в газогенератор	419	11,9	482,71	1486,82	48,05	2448,48
Расход						
Генераторный газ	408	28	617,6	1486,8	—	2540,4
Влага газа	—	—16,2	—128,8	—	—	—145
Потери с уносом, провалом и шлаком	10,48	—	—	—	48,05	58,53
Всего израсходовано в газогенераторе	418,48	11,8	488,8	1486,8	48,05	2453,93

Невязка или погрешность расчёта составляет $\sim 0,2\%$.

Таким образом, расчётом материального баланса определяются выход газа из 1 кг топлива, количество воздуха и водяного пара, необходимых для газификации заданного топлива, и оценивается соответствие выбранного состава топлива и газа.

2. Тепловой баланс

Тепловой расчёт газогенератора составляется на 1 кг топлива. Приходную часть теплового баланса составляют:

а) Рабочая теплотворная способность топлива (низшая) по формуле Менделеева

$$Q_p^H = 81 C^P + 300 H^P - 26 (O^P - S^P) - 6 (9 H^P + W^P) = 6876 \text{ кал/кг.}$$

б) Теплосодержание топлива

$$Q_t = c_t t_t = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ кал/кг,}$$

где $c_t = 0,5 \text{ кал/кг}^\circ\text{С}$ — теплоёмкость топлива;
 $t_t = 15^\circ\text{С}$ — температура топлива перед загрузкой его в генератор.

в) Теплосодержание воздуха

$$Q_v = \frac{C_p L_{100} t_v}{G^T} =$$

$$= \frac{(6,98 + 0,000266 \cdot 15) \cdot \frac{52,91 \cdot 100}{79} \cdot 15}{524} = 13,4 \text{ кал/кг.}$$

$$\text{Здесь } L_{100} = \frac{N_2^B \cdot 100}{79};$$

t_v — температура воздуха, поступающего в газогенератор, в $^\circ\text{С}$;
 c^P — молекулярная теплоёмкость воздуха

$$c^P = 6,98 + 0,000266 t_v.$$

Расходную часть баланса составляют:

а) Химическая теплота газа

$$Q_{\text{газа}} = Q_p^H V_{г^H} = 1245 \cdot 4,26 = 5303 \text{ кал/кг.}$$

Здесь Q_p^H — низшая, рабочая теплотворная способность 1 нм^3 газа;

$V_{г^H}$ — выход газа из 1 кг рабочего топлива в нм^3 .

Теплотворная способность газа подсчитывается на основании данных табл. 3 по формуле:

$$Q_p^H = 30,35 \cdot CO + 25,7 H_2 + 85,7 CH_4 = 30,35 \cdot 28 + 25,7 \cdot 12 + 85,7 \cdot 1 \approx 1245 \text{ кал/нм}^3.$$

б) Физическая теплота газа

$$Q_{г^P} = C_{г^P} V_{г^P} t_{г^P} = 0,33 \cdot 4,26 \cdot 500 = 703 \text{ кал/кг.}$$

Здесь $C_{г^P}$ — теплоёмкость газа при постоянном давлении на выходе его из газогенератора в $\text{кал/нм}^3 \text{ }^\circ\text{С}$;

$V_{г^P}$ — выход газа из 1 кг топлива в нм^3 ;

$t_{г^P}$ — температура газа в момент выхода его из газогенератора в $^\circ\text{С}$, принимаемая в нашем примере расчёта равной 500°С .

в) Химическая теплота уноса и провала

$$Q_y^X = 81 C^H = 81 \cdot 2 = 162 \text{ кал/кг.}$$

г) Теплосодержание уноса¹

$$Q_y^{\Phi} = \frac{C_y C_n t_r}{100} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 500}{100} = 2,0 \text{ кал/кг.}$$

Здесь C_y — теплоёмкость уноса в кал/кг °С;
 C_n — потери с уносом в газе в %;
 t_r — температура газа в °С.

д) Потери тепла газогенератором в окружающую среду складываются из потерь на конвекцию и лучеиспускание.

Потери тепла конвекцией подсчитываются по уравнению Ньютона:

$$Q_k = KF (t_1 - t_0),$$

где K — коэффициент теплоотдачи в кал/м²ч °С;
 F — охлаждаемая поверхность газогенератора в м²;
 t — температура охлаждаемой наружной поверхности газогенератора в °С;
 t_0 — температура окружающей среды (воздуха) в °С.

Следует иметь в виду, что тепловой расчёт ведётся на 1 кг топлива, тогда как потери тепла конвекцией, подсчитанные согласно закону Ньютона, определяют расход тепла в час. Следовательно, зная расход топлива газогенератором в час, необходимо будет отнести потери к 1 кг топлива.

Коэффициент теплоотдачи подсчитывается по формуле

$$K = \alpha \sqrt[4]{t - t_0}.$$

Для неподвижной воздушной среды и металлических стенок газогенератора, на основании опытов Дюлонга, Пекле и др., значения α в зависимости от высоты вертикальной охлаждающей поверхности приведены в табл. 8.

Таблица 8

Высота вертикальной поверхности в м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
α цилиндрической поверхности	2,43	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16
α плоской поверхности	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,10	2,08	2,06	2,05	2,04	2,03

Для верхнего и нижнего днища газогенератора α можно принимать равным 1,75.

Температура поверхности газогенераторов зависит от их конструктивных особенностей.

¹ В случае выполнения расчёта для мощных газогенераторов в целях большей точности целесообразно потери с уносом и провалом подсчитывать отдельно, в нашем примере ввиду незначительности выбранных потерь расчёт ведётся без выделения потерь с провалом,

Потери тепла на лучеиспускание можно подсчитать по формуле

$$Q_l = FC \left(\frac{T}{100} \right)^4 \text{ кал/час,}$$

где F — излучающая поверхность в м²;
 C — коэффициент излучения поверхности, значения которого для различных материалов могут быть приняты следующими [5]:

Абсолютно чёрное тело	4,96
Латунь полированная	0,25
» прокатная, необработанная	0,34
Медь полированная	0,20
Алюминий полированный	0,26
Железо листовое никелированное	0,29
» » лужёное, блестящее	0,28
» » матовое, лужёное	0,41
» » оцинкованное, новое	1,13
» » матовое, покрытое ржавчиной	3,40
Сталь листовая с плёнкой после прокатки	3,26
» » оксидированная с блестящей поверхностью	4,06
Лаковые поверхности разной окраски	4,46
Растительная земля (гумус)	3,14
Глина	1,85
Пахотная земля	1,79

В расчётах стационарных газогенераторов нередко потери тепла в окружающую среду определяют разностью балансов прихода и расхода тепла с последующей проверкой потерь тепла расчётом (после выполнения конструктивного расчёта):

$$Q_{\text{пот}} = \Sigma Q_{\text{пр}} - \Sigma Q_{\text{расх.}}$$

Результаты теплового расчёта сводятся в табл. 9.

Таблица 9

Наименование приходных статей	Количество тепла в кал/кг	Наименование расходных статей	Количество тепла в кал/кг
Теплотворная способность топлива	6 876	Химическая теплота газа	5 303
Теплосодержание топлива	7,5	Физическая теплота газа	703
Теплосодержание воздуха	13,4	Химическая теплота уноса	162
		Физическое тепло уноса	2,0
		Потери в окружающую среду и невязка	726,9
Итого	6 896,9	Итого	6 896,9

3. Конструктивный расчёт

Важнейшими размерами газогенератора являются внутренний диаметр и высота его активной зоны, представляющие собой согласно редуцированной теории сумму высот зон окисления и восстановления.

Диаметр газогенератора рассчитывается в соответствии с принимаемыми весовыми напряжениями внутренней рабочей шахты газогенератора, которые выбираются в зависимости от сорта топлива, его технических свойств, количества летучих в нём, влажности, температуры плавления золы и характера процесса газификации.

Высота активной зоны должна быть рассчитана таким образом, чтобы в ней успели закончиться все реакции восстановления. Скорость реакции восстановления является функцией температуры процесса, свойств и размеров топлива и интенсивности процесса газификации. При определении высоты активной зоны скорость реакции восстановления или время, необходимое для завершения этих реакций (время контакта воздуха — газа с накалившимся углеродом топлива), принимается на основании экспериментальных исследований и практического опыта работы промышленных и транспортных газогенераторов.

В табл. 10 приводятся расчётные форсировки некоторых типовых газогенераторов.

Таблица 10

Тип газогенератора	Назначение	Топливо	Способ газификации	Весовое максимальное напряжение активной зоны в кг/м ² ч (в условном топливе)
T20-1 (ЦНИИ)	К двигателям 30—75 ЛС	Бурый уголь	Обратный	335
T20-2	»	Антрацит	Прямой	150
БГ-6	»	Бурый уголь	Обратный	250
T21-2	К двигателям 200 ЛС	То же	»	350
Г-2 (3-да «Двигатель революции»)	То же 140 ЛС	Дрова-чурки	»	120—140
T22-2 (ЦНИИ)	Производственные печи	Дрова, бурый уголь	Прямой	70—80
T24	»	Антрацит	»	75—100
T25	К двигателю 300 ЛС	»	»	150
Г-58у (ЗИС)	К двигателю ЗИС-5	Дрова-чурки	Обратный	350/1 500

Из приведённых данных следует, что в стационарных газогенераторах форсировки принимаются значительно ниже, чем в транспортных. Увеличение форсировок в автотранспортных газогенераторах вызывается габаритными условиями и необходимостью поддерживать высокие температуры для обеспечения выжигания смол.

В процессе проектирования расчётные форсировки выбираются в соответствии с конкретными условиями (состав и свойство топлива, технологические требования потребителя газа, конструкция газогенератора и пр.).

В зависимости от указанных условий для стационарных газогенераторов к производственным печам и нагревательным устройствам можно принимать следующие весовые напряжения: для антрацитов

75 кг/м²ч, для бурых углей 100—150 кг/м²ч, для дров (швырок или крупная чурка) 250—300 кг/м²ч. В случае, если рассчитывается газогенератор для двигателей, форсировки могут быть повышены и приняты: для антрацитов 130—150 кг/м²ч, для бурых углей 250—300 кг/м²ч, для дров (чурки) до 600 кг/м²ч (считая по узкому сечению топливника).

Время пребывания газа в активной зоне (время контакта воздуха — газа с накалившимся углеродом) в различных конструкциях газогенераторов колеблется в широких пределах. Для стационарных газогенераторов средней производительности (400—1 000 нм³ газа в час), при весовых форсировках (по условному топливу) 100—150 кг/м²ч, как показали теоретические исследования и длительный эксплуатационный опыт, время контакта можно принимать от 1,0 до 0,4 сек.

Если считать, что в газогенераторе окись углерода (СО) образуется по реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ и водород (H_2) по реакции $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO} + \text{H}_2$, то объёмное увеличение газовых фаз по обеим реакциям будет одинаково (из каждой килограммолекулы CO_2 образуется две килограммолекулы СО и из каждой килограммолекулы H_2O образуется две килограммолекулы СО и H_2). Допуская, что СО получена в результате восстановления CO_2 , можно учесть объёмные изменения приведённых выше реакций; каждой объёмной единице СО при выходе из зоны восстановления будет соответствовать половина объёмной единицы CO_2 в поясе фурм или в плоскости подвода воздуха. Таким образом, объём газа в зоне горения можно считать равным объёму газа, выходящего из газогенератора, умноженному на

$$\frac{100 - \left(\frac{\text{CO}_2}{2}\right)}{100}$$

Для приближённого подсчёта средней скорости газов в активной зоне определяется объём продуктов газификации как среднее арифметическое между их объёмом в поясе подачи воздуха и на выходе из активной зоны.

Площадь прохода газов определяется с учётом суммарной площади зазоров между кусками топлива по поперечному сечению топливника. Эта величина зависит от средних размеров кусков газифицируемого топлива, определяющих его насыпной вес, что характеризуется коэффициентом заполнения шахты газогенератора (коэффициент свободного пространства) η , который равен

$$\eta = 1 - \frac{q}{\gamma}$$

где q — насыпной вес газифицируемого топлива в кг/м³;
 γ — удельный вес в кг/м³.

В табл. 11 приведены значения q и γ для различных топлив.

Таблица 11

Наименование топлив	Удельный вес γ в кг/м ³	Объёмный или насыпной вес q в кг/м ³
Чурки твёрдой породы		
Размер: 5×6 см	610	285
5×20 »	610	290
$W_{абс}=17\%$ 8×20 »	610	300
8×28 »	610	345
16×20 »	610	360
Чурки мягкой породы		
Размер: 8×6 см	500	210
$W_{абс}=17\%$ 8×28 »	500	240
16×20 »	500	255
Дрова дубовые		
Размер: от 25×40 см	} 760	560—570
до 60×100 »		
$W_{абс} = 30\%$		
Древесный уголь:		
еловый	215	120—127
сосновый	270	137—145
осиновый	276	140—147
берёзовый	400	175—184
Антрацит АК	1 400—1 600	800—950
Каменный уголь	1 250—1 500	800—860
Бурый уголь	~1 250	~800

Учитывая приведённые выше предпосылки, можно приступить к конструктивному расчёту. Для выбранного примера расчёта при мощности двигателя 200 ЛС, коэффициенте полезного действия двигателя $\eta=0,2$ и теплотворной способности газа 1 245 кал/нм³ расход газа в час составит

$$V = \frac{200 \cdot 632}{0,2 \cdot 1\,245} = 507 \text{ нм}^3/\text{ч};$$

при выходе газа из 1 кг газифицируемого топлива 4,26 нм³/кг расход топлива будет

$$B = \frac{507}{4,26} \approx 120 \text{ кг/ч.}$$

Принимая весовое напряжение газогенератора $R = \frac{B}{F} = 150 \text{ кг/м}^2 \text{ ч}$, определим площадь и диаметр поперечного сечения рабочей шахты:

$$F = \frac{B}{R} = \frac{120}{150} = 0,8 \text{ м}^2,$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,8}{\pi}} \approx 1 \text{ м.}$$

Средняя скорость газа в активной зоне подсчитывается по формуле

$$w_{ср} = \frac{v \left(1 - \frac{CO}{400}\right)}{3\,600 \eta \cdot F},$$

где коэффициент свободного пространства $\eta = 1 - \frac{q}{\gamma}$, для антрацита можно принять $\eta = 0,4$, тогда

$$w_{ср} = \frac{507 \cdot \left(1 - \frac{28}{400}\right)}{3\,600 \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 0,408 \text{ м/сек.}$$

Принимаем длительность реакции горения и восстановления $\tau = 0,75 \text{ сек}$; тогда необходимая высота активной зоны будет

$$h = 0,408 \cdot 0,75 = 0,306 \text{ м, } \sim 0,31 \text{ м.}$$

Принимая высоту шлаковой подушки 100 мм, высоту зоны подготовки топлива 450 мм и высоту камеры газификации согласно расчёту 310 мм, получим общую высоту слоя топлива и шлака 860 мм.

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Газификация теплосилового хозяйства железнодорожного транспорта открывает широкие перспективы использования местных топлив, снижения эксплуатационных расходов и улучшения технологии производства. Экономическая целесообразность перевода того или другого агрегата или группы агрегатов на генераторный газ должна устанавливаться в каждом конкретном случае исходя из местных условий. При этом должны быть учтены производительность установки, степень её использования и загрузки, стоимость первоначальных, амортизационных и эксплуатационных затрат, стоимость топлива, улучшение технологии производства.

Первоначальные затраты по переводу на газ двигателей печей и нагревательных устройств, как показывает опыт, окупаются в сравнительно короткий срок. Однако следует иметь в виду, что это мероприятие не должно расцениваться только с узкоместных экономических интересов; необходимо учитывать общее народнохозяйственное значение экономии жидкого топлива.

Основными особенностями транспортной энергетики в отличие от промышленной являются: большое разнообразие и раздробленность многочисленных потребителей тепла, энергии, воды, сжатого воздуха; исключительно высокие требования в отношении надёжности работы и готовности к пуску установок и крайне разнообразные условия

работы энергетических агрегатов транспорта с точки зрения климатических особенностей и снабжения топливом.

Энергетическое хозяйство железных дорог раздроблено на тысячи мелких энергетических установок и потребляет почти все без исключения виды топлив Союза.

В железнодорожной энергетике имеются специфические потребители топлива, как то: безогневая заправка и растопка паровозов, бандажные горны, выварочные и обмывочные устройства и пр.

Как указано выше, степень экономической целесообразности перевода энергетических установок на газ должна определяться в каждом конкретном случае. Но перевод на газ целесообразен не только с экономической точки зрения. Например, в такой обширной области транспортной энергетики, какой является печное хозяйство, имеются ярко выраженные технические преимущества перевода большинства типов печей на газ. Эти технические преимущества состоят в том, что газовые печи отличаются высокой производительностью, равномерным нагревом изделий, небольшим угаром металла, простотой регулирования температуры и атмосферы в печи, высоким коэффициентом полезного действия, сравнительно простой конструкцией и культурными условиями труда.

В настоящее время, на основании эксплуатационных показателей, следует рекомендовать широкое применение газогенераторных установок для следующих потребителей топлива: мотовозы, автомотрисы, промежуточные электростанции, водокачки, компрессорные (имеющие собственный силовой привод), бандажные горны, лесопилки, силовые установки карьерных и путевых работ, кузнечные, термические, рессорные печи, печи для нагрева мелких деталей, концов жаровых и дымогарных труб и др.

Перевод на газ энергетического хозяйства заводов, узлов, депо, вагоноремонтных пунктов и других объектов может быть выполнен по трём схемам: 1) централизованное газоснабжение всех потребителей; 2) обслуживание потребителей по группам и, наконец, 3) установка индивидуальных газогенераторов непосредственно у потребителей или на некотором расстоянии от них.

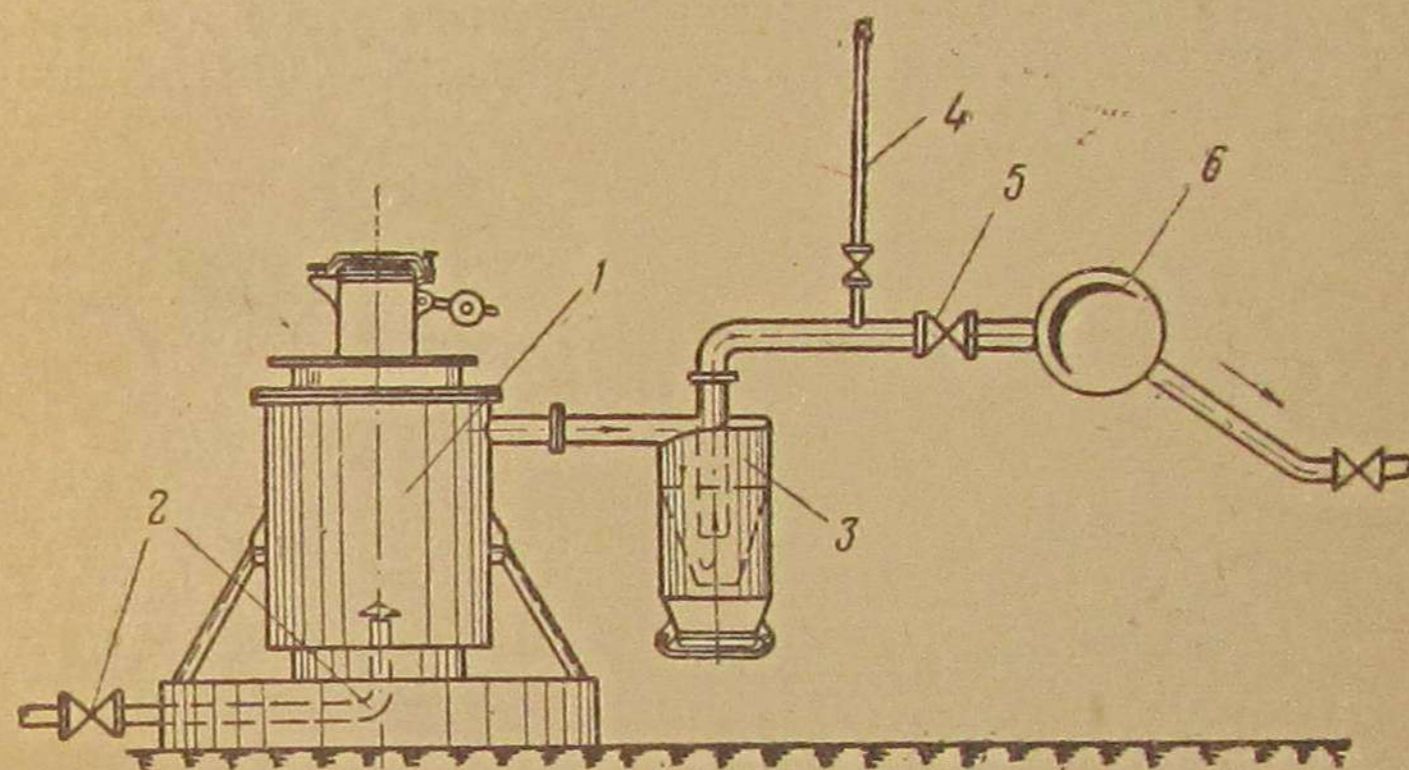
Технико-экономический анализ целесообразности выбора той или иной схемы выходит за рамки настоящей работы и является предметом проектирования рационального теплосилового хозяйства для конкретного завода, узла или депо.

Принципиальные схемы газогенераторных установок. Различные потребители предъявляют различные требования к качеству газа; например, для двигателей внутреннего сгорания необходимо подавать очищенный и охлаждённый газ, наоборот, печи целесообразнее снабжать горячим газом, однако в случае централизованного газоснабжения, в целях предохранения газопроводов от загрязнения, очистка газа необходима. В случае совместной компоновки газогенератора с печью целесообразно непосредственно в рабочую камеру подавать горячий неочищенный газ.

Таким образом, в энергетическом хозяйстве нашли применение следующие схемы газогенераторных станций или установок¹:

- а) газостанция холодного газа,
- б) газостанция горячего газа,
- в) газогенераторные установки индивидуального назначения (горячего и холодного газа).

Оборудование газостанции холодного газа состоит из газогенераторов, очистителей и охладителей газа и вспомогательных устройств



Фиг. 4. Схема газогенераторной станции горячего газа:

1—газогенератор, 2—воздухопровод, 3—механический очиститель газа, 4—газовыпускная труба (свеча) с задвижкой, 5—газопровод с запорным вентилем, 6—газосборник с газопроводом к потребителю

(вентиляторы, воздуходувки, газодувки, механизмы топливоподачи, золоудаления, устройства подачи, хранения, распределения и отвода воды и конденсата).

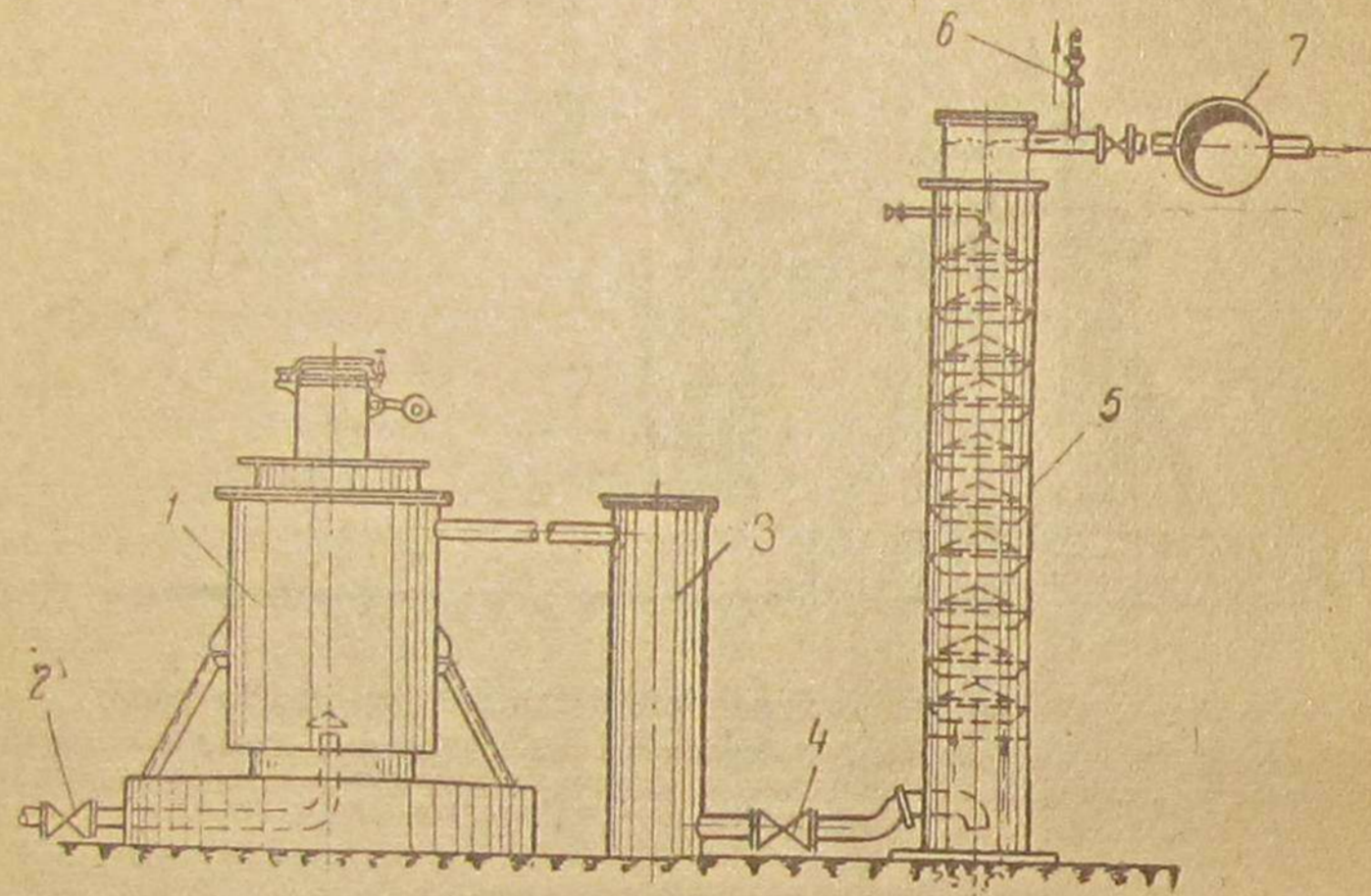
В перечень оборудования газостанций горячего газа не входят охлаждающие устройства. В газостанциях холодного газа обычно очистка газа производится в так называемых мокрых скрубберах. В газостанциях горячего газа очистка газа от механических примесей выполняется в так называемых сухих очистителях циклонного или объёмного типа; при этом в целях сохранения физического тепла газа очистители и газопроводы от газостанции до потребителей изолируются.

На фиг. 4 представлена принципиальная схема газостанции горячего газа. Эта схема применяется для мартеновских цехов, печей по обжигу кирпича, нагревательных печей и пр. в тех случаях, когда потребители расположены поблизости от газостанции.

¹ Газогенераторная станция является пунктом централизованного газо-производства и снабжения завода, узла, депо или другой группы потребителей. Газогенераторные установки обычно рассчитаны на индивидуального потребителя.

На фиг. 5 приведена принципиальная схема газогенераторной станции с охлаждением газа.

В отличие от газостанций горячего газа, в которых стремятся сохранить физическое тепло газа путём изоляции пылеуловителей, газопроводов и всего газового тракта от газогенератора до потребителя, в схеме газостанций холодного газа первым аппаратом после генератора является стояк 3, в который подаётся вода, промывающая и охлаждающая газ до $80-90^{\circ}\text{C}$. Затем в скруббере 5 газ, проходя через специальные насадки, кокс, кольца, металлические стружки или другие очищающие вещества, увлажняемые водой, дополнительно очищается и охлаждается до $20-30^{\circ}\text{C}$. В скруббере



Фиг. 5. Схема газогенераторной станции с охлаждением и очисткой газа:

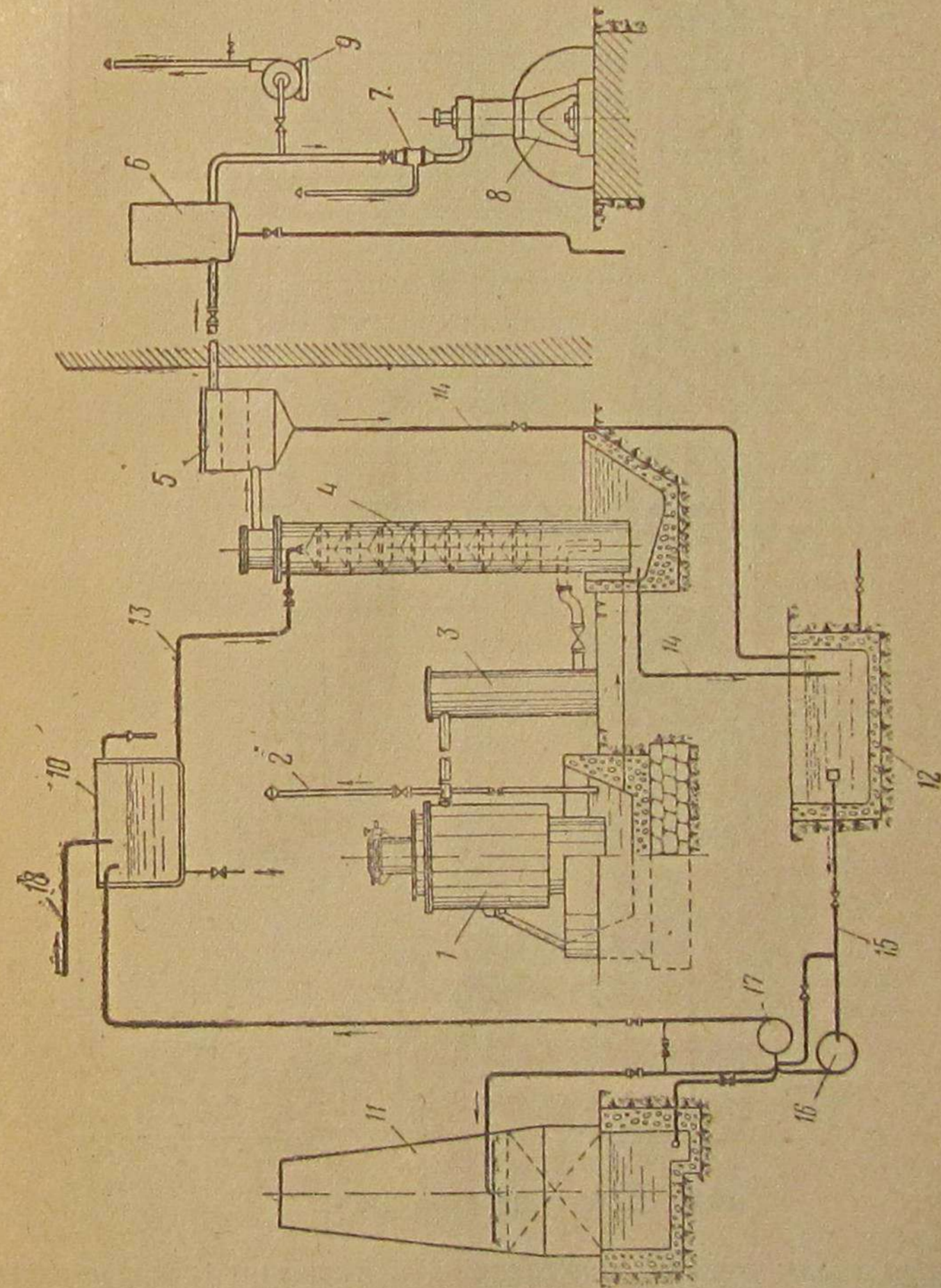
1—газогенератор, 2—воздухопровод, 3—стояк-охладитель, 4—газопровод с запорным вентилем, 5—скруббер-очиститель и охладитель газа, 6—газовыпускная труба (свеча) с задвижкой, 7—газосборник с газопроводом к потребителю

происходит подсушка газа, так как при охлаждении его до $20-30^{\circ}\text{C}$ в газе может сохраниться только такое количество влаги, которое насыщает его при этой температуре ($20-30^{\circ}\text{C}$). Избыток влаги выделится в скруббере; при этом следует иметь в виду, что в 1 м^3 газа при температуре, например, 90°C может содержаться до 420 г водяных паров, а при температуре в 20°C — не более 17 г. Следовательно, в случае охлаждения в скруббере от 90 до 20°C каждый нормальный кубометр газа выделит 403 г влаги. Естественно, тепловые качества газа после охлаждения значительно повысятся; исходя из сказанного, в станциях холодного газа трубопроводы не изолируются.

На фиг. 6 представлена схема расположения газогенераторного оборудования применительно к двигателям средней и большой мощности (140 и более ЛС).

Фиг. 6. Схема газостанции для двигателей средней и большой мощности:

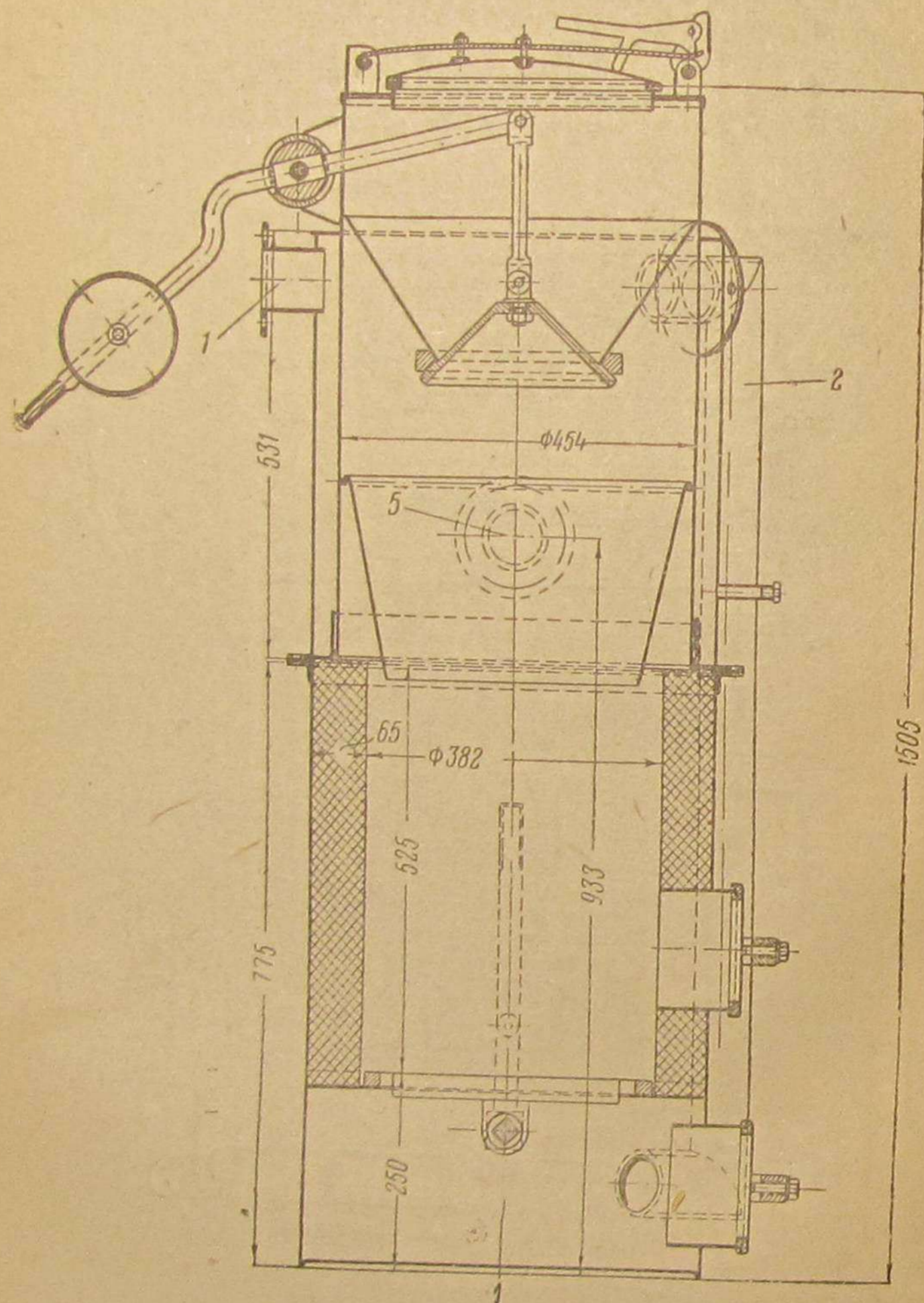
1—газогенератор, 2—газопровод со стояком для спуска конденсата и свечой розжига, 3—стояк-охладитель, 4—скруббер-очиститель и охладитель газа, 5—вторичный очиститель газа и конденсатор, 6—газосборник-ресивер, 7—смеситель, 8—двигатель, 9—вентилятор розжига с газовойпускной трубой, 10—расходный водонапорный бак, 11—градирня для охлаждения циркуляционной воды газочистки, 12—бак-отстойник, 13—трубопровод для подачи воды в скруббер, 14—трубопровод для спуска воды из скруббера и вторичного очистителя в отстойник, 15—отсасывающий трубопровод, 16—насос для подачи воды из отстойника в градирню, 17—насос для подачи воды из градирни или отстойника в расходный бак, 18—трубопровод из водопровода для пополнения воды в системе



IV. КОНСТРУКЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ¹

1. Газогенератор Т20-2

Газогенератор Т20-2 (фиг. 7) производительностью 75 нм^3 газа в час для антрацита, коксика и шлакоотсева (конструкции Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта)



Фиг. 7. Газогенератор Т20-2

¹ Здесь приведены только конструкции, получившие распространение или рекомендуемые к применению в энергетике железнодорожного транспорта.

выполнен для прямого процесса газификации с подогревом и увлажнением воздуха. Воздух, идущий на газификацию, по патрубку 1 поступает в паро-водяную рубашку, увлажняется парами воды и по трубе 2 направляется в зольник под колосниковую решётку. Далее, паро-воздушная смесь поднимается вверх, пронизывает слой топлива, вследствие чего и происходят реакции образования генераторного газа. Генераторный газ отбирается в верхней части генератора через патрубок 5.

Газогенератор выполняется сварной конструкции из двух частей — верхней и нижней, собирающихся на болтах. Материалом для изготовления генератора служит листовое железо толщиной 3—4 мм.

Футеровка топливника выполняется тесаным огнеупорным кирпичом. Толщина футеровки 65 мм. Между огнеупорной футеровкой и наружной обечайкой топливника прокладывается асбест толщиной 10 мм. Колосниковая решётка выполнена встряхивающего типа, причём в длительной эксплуатации проверены сварные и литые чугунные решётки, показавшие удовлетворительные результаты; по продолжительности службы следует предпочитать чугунные колосники.

Побудителем для поступления воздуха в паро-водяную рубашку, прохода его через слой топлива и выхода газа из генератора является разрежение, создаваемое двигателем в процессе его работы (в случае, когда газогенератор питает двигатель) или вентиляторное дутьё в период розжига или его работы на печь, горно и т. п.

На хорошем топливе газогенератор может выработать до 100 нм^3 газа в час.

Газогенератор Т20-2 успешно применяется на промежуточных электростанциях, проверен в длительной эксплуатации на мотовозах и предназначен для обслуживания двигателей мощностью от 15—20 до 40 ЛС (считая по газовой мощности).

2. Газогенератор Т20-1

Газогенератор Т20-1 производительностью до 100 нм^3 газа в час для бурых углей и древесных чурок (конструкция ЦНИИ) показан на фиг. 8.

Воздух поступает через футорку 1 во внутренний фурменный пояс 2, где подогревается за счёт тепла топливника, в теле которого расположен фурменный пояс, далее через шесть фурм 3 поступает во внутреннюю рабочую часть топливника 4, который выложен тесаным огнеупорным кирпичом или изготовлен из огнеупорного состава; между футеровкой и внутренней обечайкой проложена асбестовая изоляция толщиной 10 мм. Воздух, проходя слой топлива, направляется вниз, газ отбирается с надколосникового пространства и, поднимаясь вверх по кольцевому пространству между внутренней и наружной обечайками, охлаждается. Таким образом часть тепла газ отдаёт топливу, подготавливая его к горению. Из генератора газ выходит через патрубок 5 к потребителю.

В случае работы газогенератора на двигатель воздух всасывается под действием разрежения, создаваемого двигателем, в случае обслу-

живания других потребителей воздух подаётся вентилятором, этим же давлением газ транспортируется по трубопроводу к потребителю.

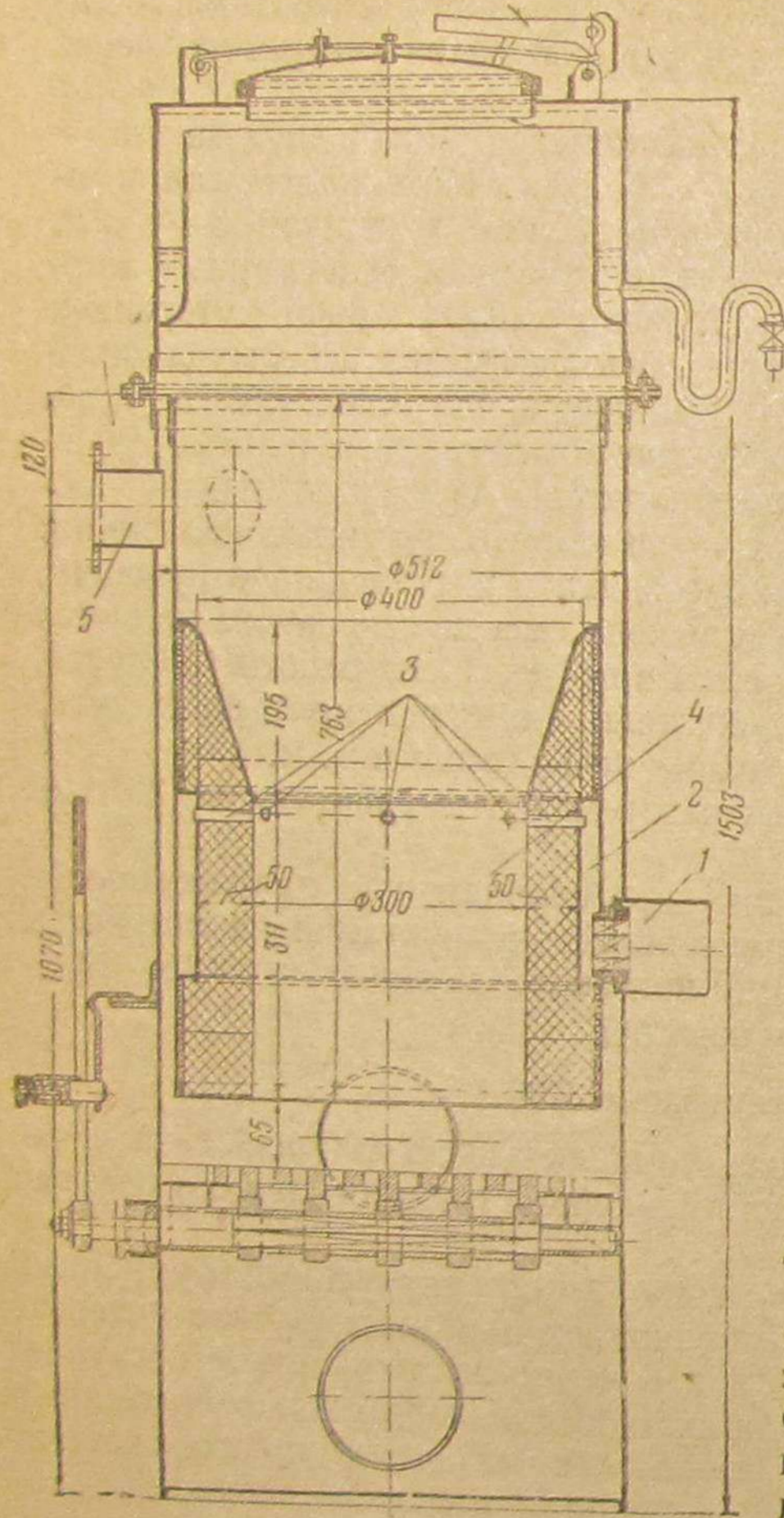
В отличие от многих конструкций, применяемых в промышленности, газогенератор Т20-1, разработанный и проверенный ЦНИИ в длительной эксплуатации, хорошо работает на топливах, влажность которых достигает 40—42%. Этому способствует наличие конденсатоулавливателя, в котором скапливается влага, удаляемая через U-образный патрубок — гидравлический затвор. Газогенератор изготавливается из листового железа толщиной 3—4 мм.

Газогенератор Т20-1 отличается некоторой универсальностью, так как в нём можно газифицировать бурый уголь, жирный каменный уголь, торфяные брикеты, кусковой торф и древесные чурки. В случае газификации топлива с высоким содержанием летучих (дрова, торф) и в целях улучшения очистки газа от смолистых веществ путём сжигания их в рабочей камере топливник генератора выкладывается таким образом, что внутренний диаметр его доводится до 120 мм*.

Газогенератор Т20-1 хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации на ряде дорог Союза, обслуживая небольшие электростанции, обеспечивая газом двигатели от 15—20 до 40 ЛС (газовая мощность двигателя).

Газогенераторы Т20-1 и Т20-2 удовлетворяют требованиям не только работы в стационарных условиях, но и транспортных двигателей (тракторы, тягачи, путевые машины, грузовые автомашины, автомотрисы, мотовозы, краны и пр.).

* Рабочие чертежи газогенераторов Т20-1, Т20-2 и БГ-6 опубликованы в альбоме газогенераторных установок для электросиловых стационарных двигателей мощностью от 30 до 75 ЛС, Трансжелдориздат, 1944



Фиг. 8. Газогенератор Т20-1

3. Газогенератор Т-27

Газогенератор Т-27 для антрацита, коксика, шлакоотсева производительностью до 120 нм^3 газа в час показан на фиг. 9.

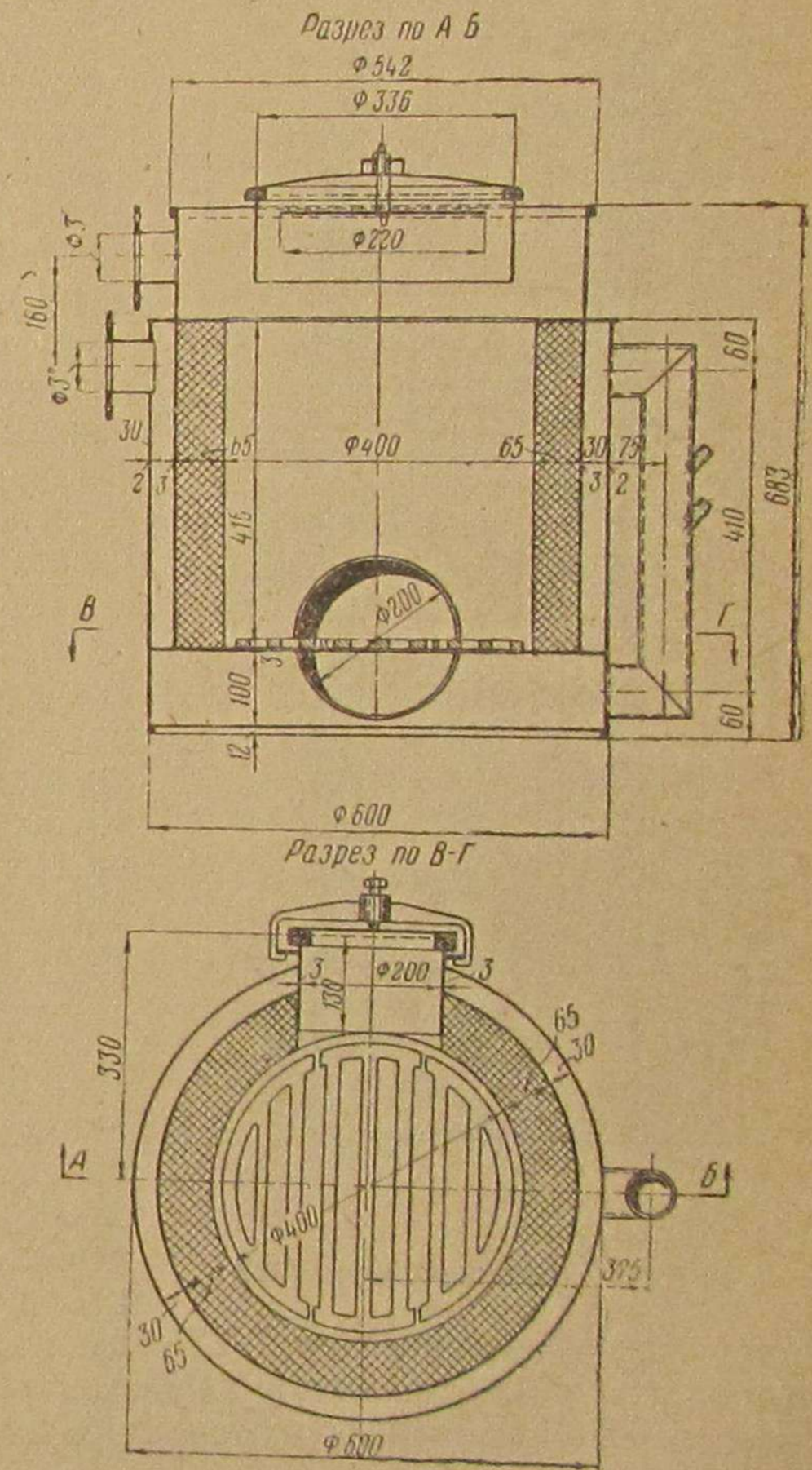
Принципиально газогенератор Т-27 не отличается от конструкции Т20-2, различие состоит лишь в том, что в газогенераторе Т-27 отсутствует бункер для расходного запаса топлива, сокращён размер зольника, применены неподвижные колосники и вместо двух или трёх боковых люков для чистки предусмотрен только один люк, через который осуществляется чистка зольника и колосниковой решётки.

В силу того что газогенератор Т-27 предназначен для кратковременных работ (растопка паровозов, местный прогрев заготовок перед правкой, гибкой и пр.), оказалось возможным и целесообразным упростить конструкцию значительно упростить по сравнению с газогенераторами типа Т20-1 и Т20-2.

4. Газогенератор Т-22

Газогенератор Т-22 работает на антраците, бурых каменных углях, дровах, торфе и топливных отходах. Конструкция газогенератора, предназначенного для индивидуального обслуживания печей, показана на фиг. 10.

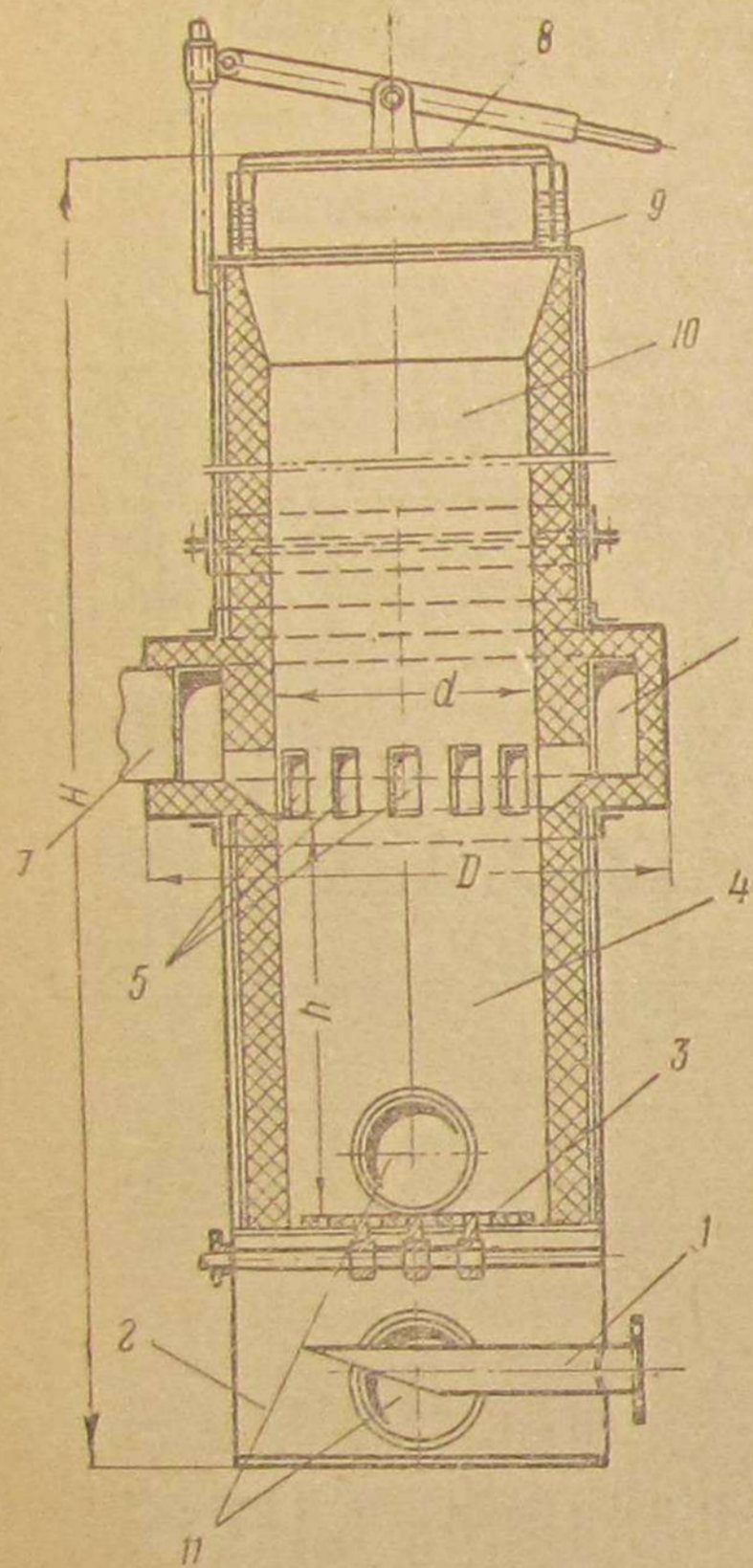
Газогенератор прямого процесса: воздух подаётся вентилятором по патрубку 1 в зольник 2, далее, проходя поворотную колосниковую решётку 3, поступает в рабочую камеру 4, образовавшийся газ направляется через щели 5, расположенные по всему кольцу верхней части топливника в кольцевой газосборник 6, откуда по трубе 7 по-



Фиг. 9. Газогенератор Т-27

ИССУД. РОС. АКАД. НАУК
ОТДЕЛ. ЛЭ. И. А.
БИБЛИОТЕКА
И. И. ЛЕ. И. А.

ступает непосредственно в рабочую камеру печи. Генератор сверху герметически закрывается крышкой 8, оборудованной водяным затвором 9. Верхняя часть газогенератора 10, расположенная над газоотборными щелями, представляет бункер, в котором сосредоточен расходный запас топлива. Для очистки зольника и колосниковой решётки от золы и шлаков предусмотрены люки 11.



Фиг. 10. Газогенератор Т-22

Внутренняя шахта газогенератора до газоотборных каналов футеруется огнеупорным кирпичом, выше футеровку можно выполнять любым изоляционным материалом (красный кирпич, глина и пр.).

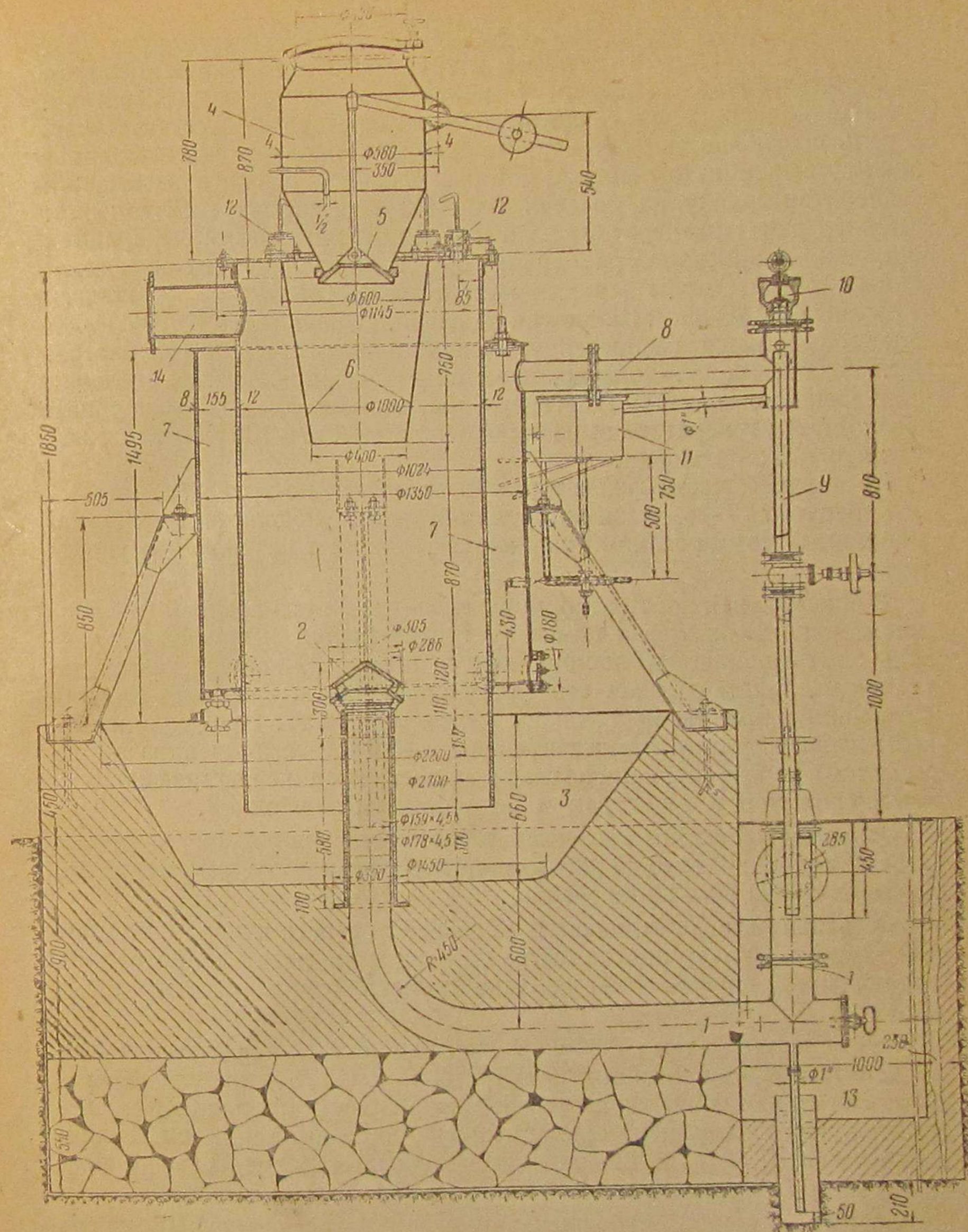
В целях придания топливнику гладкой круглой формы футерованная поверхность обмазывается раствором огнеупорной глины. Наружные обечайки генератора изготавливаются из листового железа толщиной 3—4 мм.

В случае, когда газифицируется сухое топливо, например антрацит, необходимо воздушное дутьё увлажнять парами воды, доводя расход пара примерно до 0,4 кг на 1 кг сожжённого антрацита (примерно то же для коксика или хорошо отобранного шлакоотсева).

Газогенератор Т-22, газифицируя низкосортное, несортированное топливо, хорошо оправдал себя в эксплуатации на ряде заводов транспорта; при компоновке его непосредственно с печью устраняется необходимость в очистке газа и хорошо используется физическое тепло газа. Газогенератор Т-22 в зависимости от потребителя может выполняться на различную производительность. Основные размеры газогенераторов производительностью 200 и 400 нм^3 газа в час приводятся в табл. 12.

5. Газогенератор Т-24

Газогенератор типа Т-24 работает на антраците. Конструкция широко распространённого на транспорте стационарного газогенератора Т-24 с гидравлическим затвором изображена на фиг. 11.



Фиг. 11. Газогенератор Т-24:

1—труба воздушного дутья, 2—дутьевая головка-колосник, 3—водяная ванна-затвор, 4—загрузочный бункер, 5—колокол загрузочного бункера, 6—конус-фиксатор уровня слоя топлива, 7—паро-водяная рубашка, 8—труба подвода пара к паровому стояку и предохранительному клапану, 9—паровой стояк для подачи пара на дутьё с задвижкой, 10—предохранительный клапан, 11—поплавковая камера для регулирования подачи воды в паро-водяную рубашку, 12—шуровочные отверстия с паровыми завесами, 13—спуск конденсата в водяной затвор, 14—газоотводящий патрубок

Воздух подаётся вентилятором в трубу 1 и при помощи дутьевой головки-колосника 2 поступает в рабочую шахту газогенератора. Обычная колосниковая решётка в газогенераторе Т-24 отсутствует, её роль в отношении равномерного распределения воздуха выполняет слой крупнозернистого шлака, который в начале розжига засыпается в генератор сверху на уровень 100—150 мм выше дутьевой головки. В период работы генератора зола и шлаки периодически выбираются из водяной ванны-затвора 3 вручную; удаление шлаков производится таким образом, чтобы верхняя часть дутьевой головки не обнажалась от шлаковой подушки. Шлаковая подушка, располагаясь над дутьевой головкой, хорошо распределяет воздух по всему сечению генератора. Исследованиями установлено, что при отношении диаметра головки к внутреннему диаметру газогенератора, равному 0,3—0,4, воздушный поток внутри генератора выравнивается на высоте в 100 мм от верхней части дутьевой головки.

Из верхней части генератора газ отводится по трубе 4.

Генератор Т-24, газифицируя антрацит, коксик или хорошо отобранный сортированный шлакоотсев, работает на паро-воздушном дутье.

В описываемой конструкции уровень воды в паро-водяной рубашке при помощи поплавковой камеры устанавливается неизменным, уровень слоя топлива при помощи конуса 6 поддерживается также постоянным, таким образом создаются благоприятные условия для образования примерно постоянного количества пара. Предохранительный клапан регулируется на давление 0,5—0,6 ат; избыток пара выбрасывается в атмосферу, количество пара, поступающего на газификацию, контролируется термометром и регулируется задвижкой.

Основные обечайки газогенератора изготавливаются из листового железа толщиной от 6 до 12 мм; внутреннюю шахту рекомендуется изготавливать из 10—12-мм железа.

Дутьевая головка отливается из обычного серого чугуна, загрузочная коробка, бункер иногда также выполняются литой конструкции, однако в последние 5—7 лет успешно применяются сварные железные бункеры.

Газогенераторы типа Т-24 успешно применяются в печном хозяйстве депо и заводов транспорта и могут быть использованы для перевода на газ стационарных двигателей. В зависимости от заданной производительности газогенераторы описанного типа выполняются различных размеров. В табл. 12 приводятся основные размеры газогенераторов типа Т-24 для производительности 430—600 нм^3 газа в час.

Следует отметить, что увеличивать диаметр внутренней шахты газогенератора Т-24 выше 1,0 м не рекомендуется, так как при этом усложняется обслуживание генератора, вследствие чего могут появляться перебои в работе, ликвидация которых потребует значительной затраты времени и сил на сплошную шуровку и удаление шлаков с центральной части шахты. В случае необходимости изготовления газогенераторов для антрацита производительностью более 600 нм^3

газа в час целесообразно переходить к газогенераторам с механическим шлакоудалением.

Основные расчётные показатели газогенератора Т-24 (внутренний диаметр шахты 1 000 мм, производительность до 600 нм^3 газа в час) следующие¹:

Топливо — донецкий антрацит сорта АЗ, АС, АМ,	
крупность кусков	8—20 мм
Предельное содержание мелочи (меньше 6 мм)	14%
Содержание золы в рабочем топливе	12%
Теплотворная способность рабочего топлива (рабочая низшая)	6 580 кал/кг
Весовое напряжение сечения шахты газогенератора (форсировка)	до 185 кг/м ² ч
Часовая производительность газогенератора по топливу	145 кг/ч
Температура паро-воздушной смеси	55—60° С
Расход воздуха на 1 кг топлива	2,84 $\text{нм}^3/\text{кг}$
Высота слоя топлива в генераторе	0,85 м
Выход газа на 1 кг топлива	4,1 $\text{нм}^3/\text{кг}$
Часовая производительность генератора по газу	595 $\text{нм}^3/\text{ч}$
Теплотворная способность сухого газа высшая	1195 кал/нм ³
Теплотворная способность сухого газа низшая	1133 »
Давление паро-воздушного дутья	170 мм вод. ст.
Давление газа на выходе из газогенератора	75 » »
Температура газа по выходе из газогенератора	400° С
Расход воды в охлаждающем кожухе с учётом 15% расхода на продувку	167 кг/ч
Давление пара в кожухе (максимум)	0,6 ат
К.п.д. (коэф. полезного действия процесса газификаций по низшим теплотворным способностям газа и топлива)	70,8%

Описанные конструкции газогенераторов марок от Т-20 до Т-27 включительно охватывают широкий диапазон установок производительностью от 75—100 до 600 нм^3 газа в час и поэтому могут применяться для газификации большинства теплосиловых агрегатов транспортной энергетики.

Следует отметить, что разработанные конструкции газогенераторов Т-20—Т-27 выгодно отличаются от промышленных типов небольшим расходом металла, отнесённым к 1 нм^3 вырабатываемого газа, значительной надёжностью в работе при низкосортных топливах, сравнительной лёгкостью перехода к газификации различных топлив и достаточной долговечностью службы в эксплуатации. Кроме того, газогенераторы типа Т-20 могут применяться не только в стационарных, но и в транспортных условиях (мотовозы, краны, тракторы и пр.). К преимуществам указанных газогенераторов относится также и простота конструкции, допускающая изготовление установок в условиях депо и участка.

¹ Конструкции газогенераторов типа Т-24 разработаны Ростовским -и/Д институтом инженеров железнодорожного транспорта и впервые начали применяться в теплосиловом хозяйстве железных дорог в 1937 году.

на газификацию бурых и длиннопламенных каменных углей. Испытания газогенератора производились на топливах среднеазиатского месторождения (Сулюкта, Кизил-Кия, Кок-Янгак). Газогенератор состоит из гидравлического затвора ванны 1, кирпичной прямоугольной шахты 2, верхней загрузочной крышки 3, фурменного пояса 4 и газоотсасывающего устройства 5.

Гидравлический затвор при помощи листов 6 изолирует рабочую шахту и зольник от наружного воздуха.

Внутри газогенератор выложен из огнеупорного кирпича, снаружи—красным.

В газогенераторе Т-21 соблюдено условие минимального расхода металла; по сравнению с газогенератором Г-2 завода «Двигатель революции» была достигнута общая экономия металла в 83%.

Расчётная характеристика газогенератора следующая:

Производительность:	
среднеэксплуатационная	250 $\text{нм}^3/\text{ч}$
максимальная	450 »
Площадь сечения рабочей шахты	0,4 м^2
Общая высота	3 800 мм
Топливо: размер кусков (максимум)	100 мм
содержание золы (максимум)	18%
теплотворная способность	4 250 $\text{ккал}/\text{кг}$
Напряжение сечения шахты (форсировка)	300—540 $\text{кг}/\text{м}^2 \text{ч}$
Теплотворная способность газа (низшая)	1 100—1 200 $\text{ккал}/\text{нм}^3$

В кратковременной опытной эксплуатации расчётные показатели генератора были достигнуты.

Однако следует отметить, что эксплуатация кирпичных газогенераторных установок выявила целый ряд существенных, принципиальных недостатков этих конструкций, которые состоят в следующем:

а) вследствие переменного температурного режима в рабочей шахте генератора и резкого перепада температур по высоте шахты огнеупорная кладка быстро изнашивается, появляются трещины, что затрудняет ведение процесса газификации ввиду подсоса воздуха на различной высоте слоя топлива;

б) в случае шлакования топлива и необходимости организации верхней шуровки легко разрушается внутренняя кладка шахты;

в) разрушение верхней бункерной части генератора, в которой находится свежее топливо, подготавливаемое к газификации и опускающееся в зону горения, ускоряется ввиду скопления паров воды и конденсации влаги на стенках верхней части шахты;

г) герметическое, надёжное сочленение металлических узлов генератора с кирпичной кладкой (фурмы, газоотсасывающие трубы, металлические листы гидравлического затвора, загрузочная крышка) представляет серьёзные затруднения; места сочленения металлических узлов и кладки быстро расстраиваются, вследствие чего появляются подсосы воздуха;

д) нередко из-за образования внешне незаметных трещин в бетонной облицовке гидравлического затвора появляется утечка во-

ды, фильтрация через кладку. Продолжительность срока службы генератора сокращается в силу увлажнения нижней части кладки.

После выявления перечисленных и других недостатков кирпичного газогенератора Т-21 конструкция последнего была улучшена¹, однако основные недостатки, присущие кирпичной кладке, естественно, устранить не удалось.

Резюмируя опыт применения для двигателей внутреннего сгорания газогенераторов цельнокирпичной конструкции, необходимо сделать следующие выводы:

а) кирпичные газогенераторы без металлической облицовки опробованной нами конструкции, а также генераторы системы Наркомзема² (Сибаци) недолговечны, ненадёжны в эксплуатации, а поэтому не могут быть рекомендованы к массовому применению в качестве источников, питающих газом двигатели внутреннего сгорания;

б) кирпичные газогенераторы могут и должны получить широкое применение в печном хозяйстве, т. е. в условиях работы газогенератора не под разрежением, а под вентиляторным давлением. В этой области теплосилового хозяйства нет необходимости рассчитывать газогенераторы на большие форсировки, что облегчает работу кладки (снижается температура в зоне горения и создаются благоприятные условия против шлакования топлива);

в) продолжительность срока службы и надёжность работы кирпичных газогенераторов резко возрастают в случае придания генераторам металлической обшивки.

7. Газогенератор Г-2

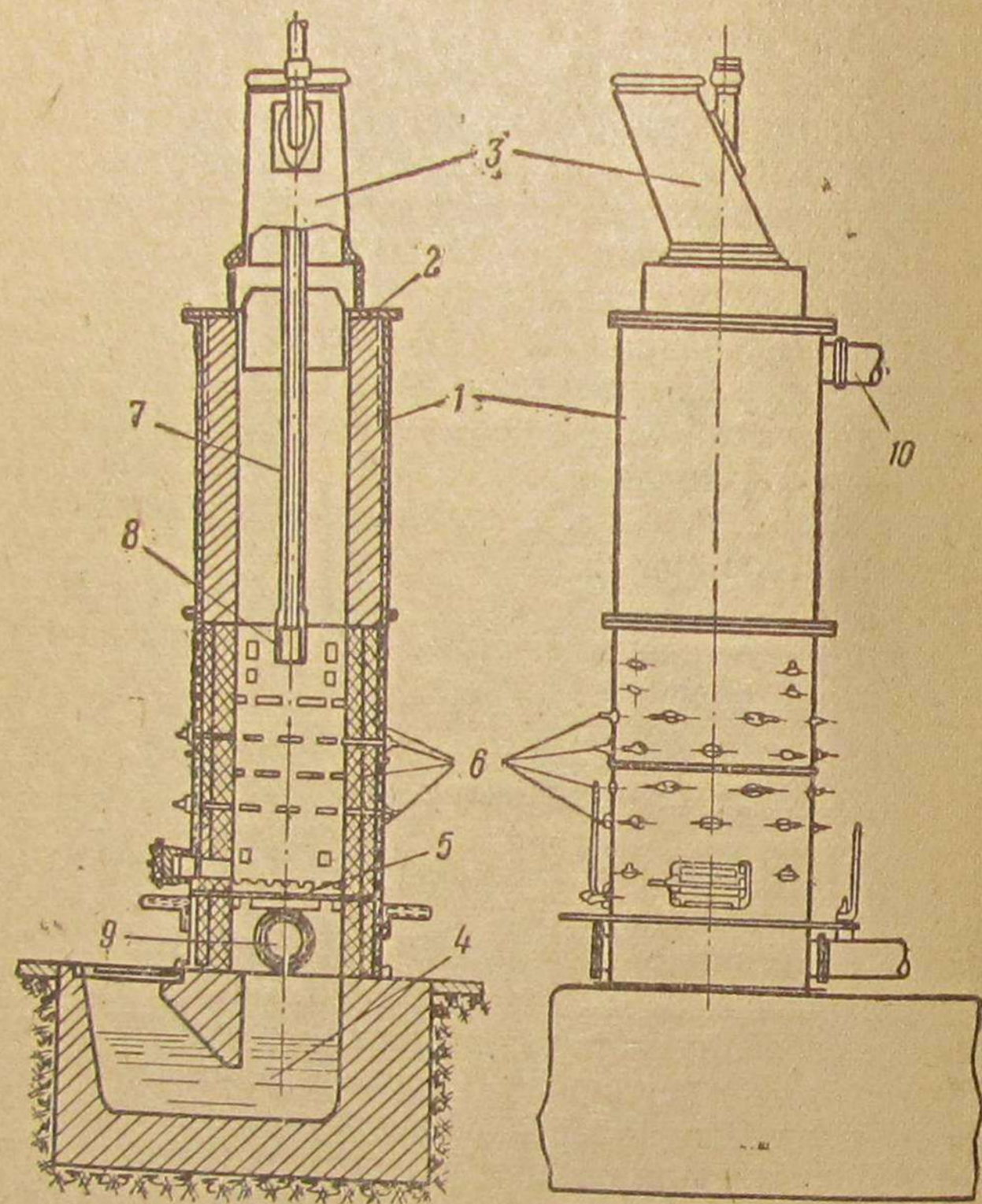
На фиг. 13 представлен газогенератор Г-2 завода «Двигатель революции» для древесных чурок.

Вертикальная цилиндрическая шахта генератора заключена в кожух 1, изготовленный из 8-мм листовой стали. Внутри шахта футерована: внутренняя рабочая часть топливника на высоту в 2,5 м от днища зольника футеруется огнеупорным кирпичом, остальная часть—красным. Промежуток между футеровкой и кожухом заполняется молотым шамотом или другим изолирующим материалом. Верхняя часть генератора перекрыта стальной плитой 2, на которой укрепляется загрузочная воронка 3. Загрузочная воронка оборудована двойным затвором. Топливо загружается в воронку при закрытом нижнем затворе; затем закрывается верхний затвор и открывается нижний. Таким образом, загрузка топлива в шахту газогенератора производится без нарушения процесса газификации. Нижняя часть генератора заканчивается гидравлическим затвором 4. Затвор предохраняет от повреждений в случае взрыва газа в генераторе. Газогенератор оборудован чугунной колосниковой решёткой 5 встряхивающего типа с ручным приводом.

¹ См. Информационное письмо № 19/30 «Кирпичный газогенератор ЦНИИ производительностью до 450 нм^3 газа». Трансжелдориздат, 1943.

² Здесь упоминаются конструкции Сибаци без металлического кожуха.

Генератор Г-2 работает по обратному способу газификации. Воздух подводится через четыре ряда фурм 6 и центральную трубу 7, на конце которой имеется огнестойкий наконечник 8. В зависимости от влажности топлива, форсировки генератора и других условий, влияющих на ход процесса газификации, устанавливается подача воздуха через тот или иной ряд фурм или одновременная подача воздуха через 2—3 ряда фурм. Труба центрального подвода воздуха может перемещаться



Фиг. 13. Газогенератор Г-2

в вертикальном направлении; обычно нижняя часть наконечника центральной трубы устанавливается на 150—200 мм выше рабочего ряда фурм.

Центральным подводом воздуха пользуются не постоянно; практикой эксплуатации установлено, что в газогенераторе Г-2 можно обойтись без центрального подвода воздуха.

Отбор газа осуществляется патрубком 9, который расположен под колосниковой решёткой. Для удаления продуктов сгорания в период розжига генератор в верхней части оборудован трубой 13.

Завод «Двигатель революции» гарантирует следующие технические показатели генератора Г-2:

Производительность	380—450 нм^3 газа в час
Рабочая низшая теплотворная способность газа	1 100—1 250 ккал/нм^3 450—550° С
Температура газа за газогенератором	260 мм вод. ст.
Разрежение за газогенератором не должно превышать	30%
Газогенератор допускает кратковременную перегрузку	80×80×200 мм
Топливо—чурки смешанных пород, размер	0,5—1,0%
Зольность	до 50%
Влажность	
Расход топлива при влажности до 30%	1,1 кг/ЛС
при нагрузке 100%	1,2 »
То же, при нагрузке 75%	

Основные размеры газогенератора Г-2:

Наружный диаметр по кожуху	1 416 мм
Высота газогенератора от фундамента до верхней плиты	4 640 »
Внутренний диаметр шахты	900 »
Высота от колосниковой решётки до нижнего ряда фурм	550 »
Высота от колосниковой решётки до верхнего ряда фурм	1 300 »

Газогенератор Г-2 рассчитан для снабжения газом газовых двигателей в 140 ЛС выпуска того же завода «Двигатель революции».

8. Механизированные газогенераторы

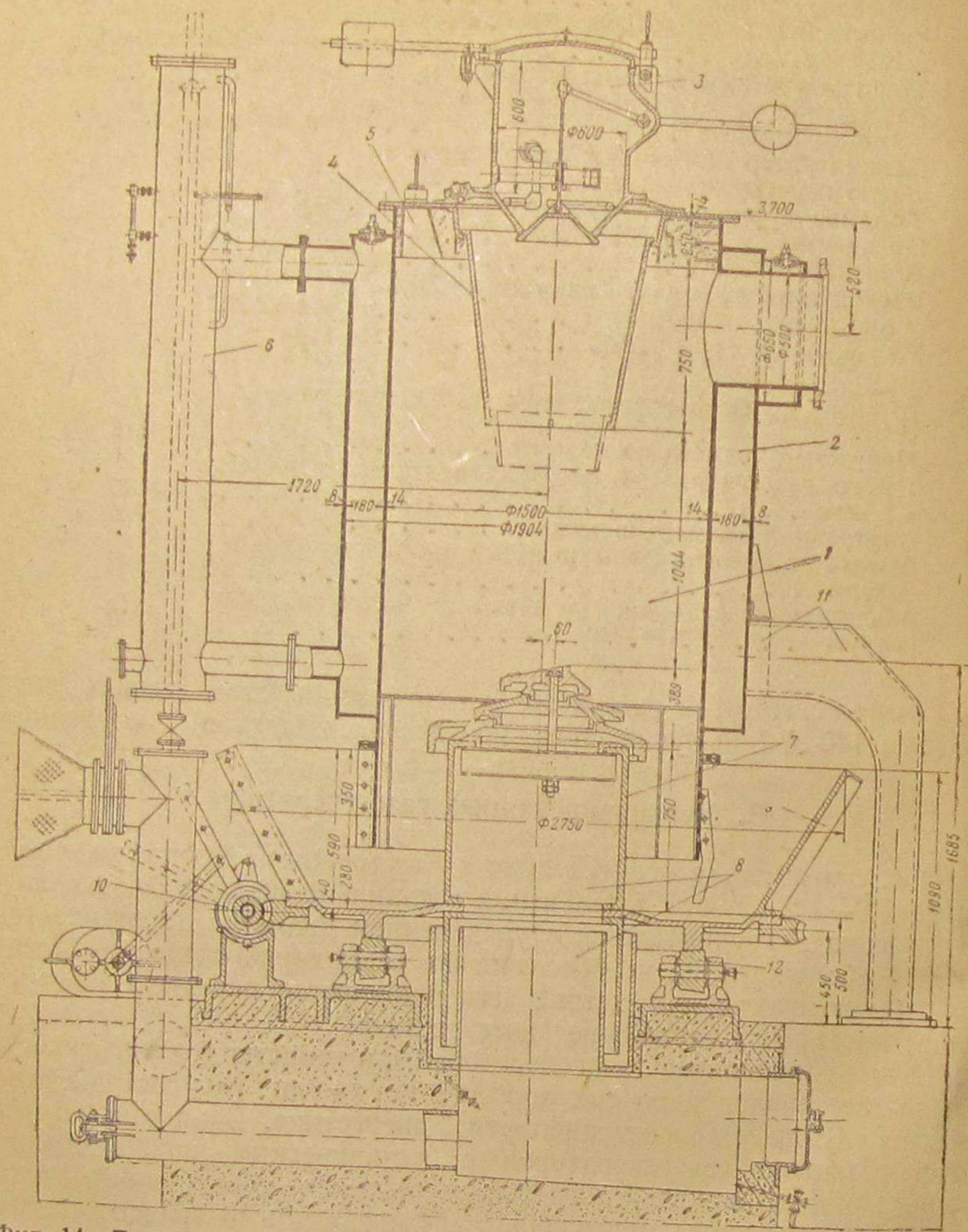
Обслуживание газогенераторов с внутренним диаметром шахты более 1,0—1,2 м без применения механизированного шлакоудаления весьма затруднительно; с увеличением диаметра газогенератора ручное обслуживание не обеспечивает равномерного шлакоудаления по сечению шахты, вследствие чего появляются перекосы слоя топлива, прогары и ухудшение качества газа.

Механизированные газогенераторы применяются в энергетическом хозяйстве заводов и до сих пор ещё не нашли распространения в деповской или узловой транспортной энергетике. В настоящее время первая партия газогенераторов с механическим шлакоудалением (фиг. 14) изготавливается на заводе опытных конструкций Ростовского И/Д института инженеров железнодорожного транспорта.

Механизированные газогенераторы в первую очередь будут устанавливаться на электростанциях, оборудованных газовыми двигателями «Кларк» мощностью в 300 ЛС и «Вортингтон» мощностью в 690 ЛС.

Представленный на фиг. 14 газогенератор повторяет хорошо проверенную в эксплуатации конструкцию газогенератора Т-24 (фиг. 11) с той разницей, что вместо неподвижной дутьевой головки применяет-

ся вращающаяся дутьевая головка 7, выполненная в виде нецентрально расположенной грибообразной колосниковой решётки типа «Дейц».



Фиг. 14. Газогенератор диаметром 1500 мм, с механическим золоудалением
 1—рабочая шахта, 2—паро-водяная рубашка, 3—загрузочная коробка, 4—конус-фиксатор
 уровня топлива, 5—шуровочный затвор, 6—паровой стояк, 7—вращающаяся колосниковая
 решётка (дутьевая головка), 8—коробка дутья, 9—вращающаяся чаша, 10—привод враще-
 ния чаши и дутьевой головки, 11—опорная колонна, 12—роликовая опора

Вместе с колосниковой решёткой вращается чаша-гидравлический затвор 9, из которой при помощи неподвижного ножа-сбрасывателя удаляются шлаки.

Расчётная характеристика газогенератора следующая:

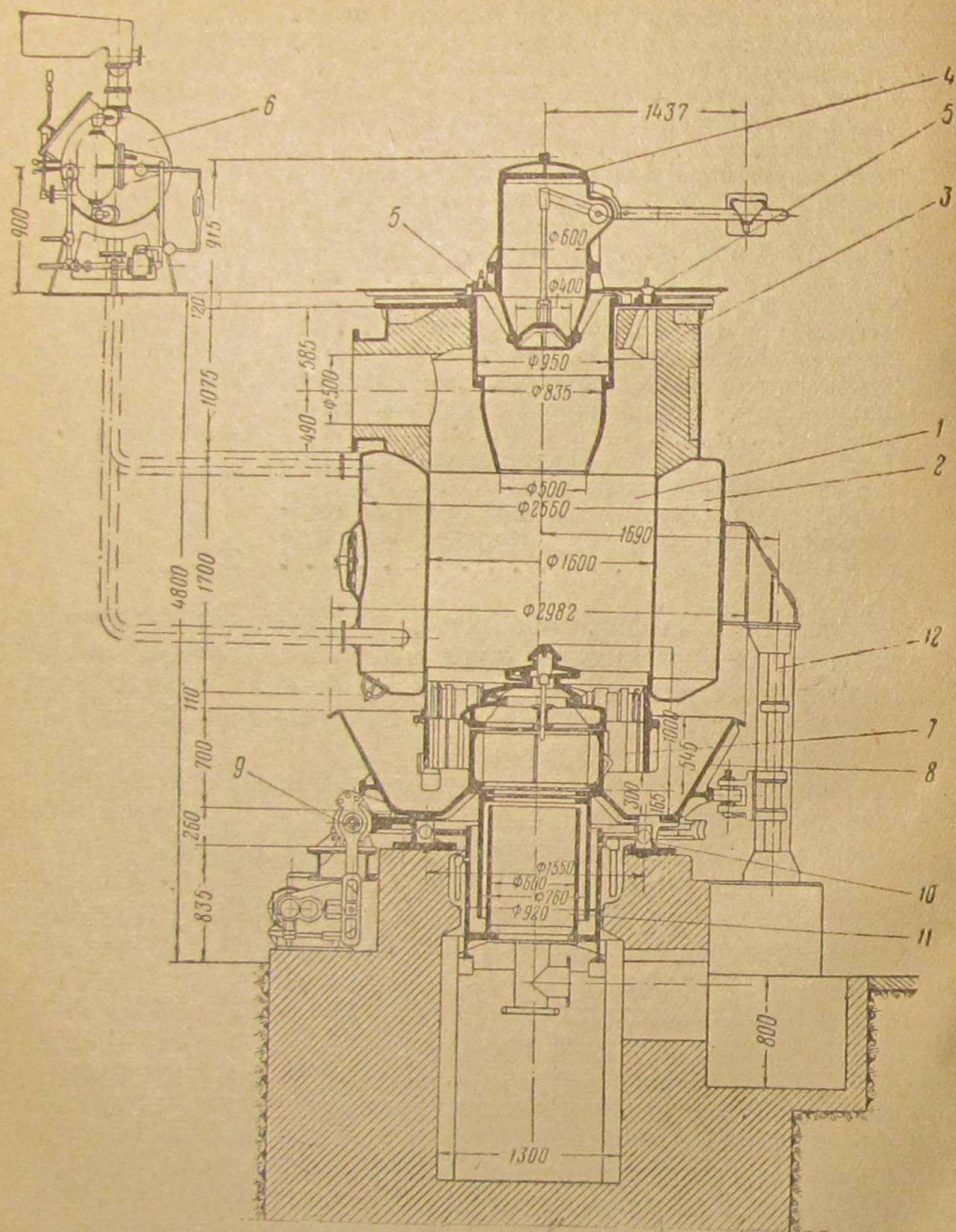
Топливо: донецкий антрацит марок АС, АМ, АК, размер кусков	8—20 мм
Предельное содержание мелочи (меньше 6 мм)	14%
Содержание золы в рабочем топливе	12%
Теплотворная способность рабочего топлива	6 580 кал/кг
Напряжения сечения шахты генератора (среднее)	135 кг/м ² ч
Часовая производительность газогенератора по топливу	165—190 кг/ч
Температура паро-воздушной смеси	55—60° С
Расход воздуха на 1 кг топлива	2,84 нм ³ /кг
Высота слоя топлива в газогенераторе:	
для АС АМ	850 мм
То же для АК	1 050 »
Выход газа на 1 кг топлива	4 нм ³ /кг
Часовая производительность по газу	660—760 нм ³ /ч
Теплотворная способность газа низшая	1150 кал/нм ³
Температура газа на выходе из газо-генератора	400° С
Сопротивление газогенератора в рабочем состоянии	100 мм вод. ст.
Расход воды в охлаждающем кожухе с учётом расхода воды на продувку	200 кг/ч
Коэффициент полезного действия процесса газификации по низшим теплотворным способностям газа и топлива	70%

Для сравнения на фиг. 14а показан газогенератор промышленного типа с механическим шлакоудалением, в котором в отличие от предыдущей конструкции имеется футерованная верхняя часть и вместо стояка-паросборника применяется специальный котёл-паросборник.

Механизированные газогенераторы указанного типа строятся на большие производительности — в 3 000—5 000 м³ газа в час и более.

В промышленности механизированные газогенераторы обычно строятся с внутренним диаметром рабочей шахты от 1,6 до 3,6 м. В зарубежной технике имеются примеры выполненных механизированных газогенераторов с внутренней шахтой диаметром 5,0 м на производительность 25 000 нм³ газа в час.

Мощные газогенераторы применяются для газификации различных топлив; наибольшее распространение в СССР получили механизированные газогенераторы для антрацита. Преимущества генераторов с механическим шлакоудалением следующие: непрерывность шлакоудаления, повышенная устойчивость качества газа, возможность регулирования хода генераторного процесса в широком диапазоне, повышенная независимость хода процесса от качества обслуживания генератора персоналом, значительное сокращение штата обслуживающего персонала и облегчение труда газовщиков. К недостаткам механизированных газогенераторов относятся сравнительная сложность и высокая стоимость изготовления. Изготовление таких газогенераторов обычно производится на специализированных заводах. Механизированный газогенератор с внутренним диаметром шахты 3,0 м имеет следующие технические характеристики:



Фиг. 14а. Газогенератор с механическим шлакоудалением

1—рабочая шахта, 2—паро-водяная рубашка, 3—внутренняя футеровка, 4—загрузочная коробка, 5—шуровочный затвор, 6—котёл-паросборник, 7—вращающаяся колосниковая решётка (дутьевая головка), 8—вращающаяся чаша, 9—привод вращения чаши и дутьевой головки, 10—роликовая опора, 11—коробка дутья, 12—колонна

Потребляемое топливо	антрацит
Производительность по топливу	1 400 кг/ч
Производительность по газу	5 600 нм ³ /ч
Калорийность газа	1 200 кал/нм ³
Высота слоя топлива	1,0 м
Площадь поперечного сечения рабочей шахты	7,07 м ²
Число оборотов чаши макс.	1,07 об/ч
» » » мин.	0,177 »
Давление пара в паро-водяной рубашке	0,5 ати
Поверхность нагрева паро-водяной рубашки	17,5 м ²
Ёмкость загрузочной коробки	0,85 м ³
Максимальное давление дутья	400 мм рт. ст.
Общий вес	48 196 кг

V. ОЧИСТКА ГАЗА

1. Общие данные

По выходе из газогенератора газ содержит различные примеси: угольную пыль, влагу, соединения серы, смолистые и другие вещества. В газогенераторах обращённого процесса с газом уносится некоторое количество золы. Степень загрязнения газа зависит, с одной стороны, от рода, качества и механических свойств топлива и, с другой стороны, от конструкции, способа газификации и весовой форсировки газогенератора. Содержание побочных продуктов в газе колеблется в широких пределах: например, при газификации торфа с $W^p = 55\%$ содержание влаги в газе доходит до 500 г/нм³; содержание пыли в газе для разных топлив и конструкций установок изменяется от 2 до 80 г/нм³.

Пыль и смолистые вещества, осаждаясь в газопроводах, быстро уменьшают их живое сечение, осложняют эксплуатацию газостанции и вызывают перебои в питании газом потребителей.

Таким образом, в большинстве случаев возникает необходимость в очистке газа от механических примесей и побочных продуктов; однако если потребитель расположен в непосредственной близости от генератора (совместная компоновка генератора и печи или установка индивидуального газогенератора, расположенного на небольшом расстоянии от потребителя), очистка газа может и не производиться.

Глубокая очистка газа необходима в случае снабжения газом двигателей или транспортировки его к удалённым потребителям. В этом случае целесообразно не только тщательно очищать газ от механических примесей, но и освобождать его от влаги. Осушка газа путём охлаждения его в пределах газостанции облегчает эксплуатацию газопроводов (устраняется необходимость дренажирования газопроводов) и улучшает теплотехнические свойства газа; при транспортировке и сжигании сухого газа достигается более высокая температура горения, повышается коэффициент полезного действия, уменьшаются расходы электроэнергии на транспортировку газа.

Наиболее совершенная очистка необходима в случае питания газом двигателей внутреннего сгорания. Механические примеси (пыль, зола) резко увеличивают износ цилиндров, поршней, газосасывающих

и газовыпускных каналов двигателя. Опытными исследованиями установлено [9], что при содержании пыли $0,437 \text{ г/нм}^3$ газа износ цилиндров двигателя ЗИС-5 на 75—100% превышал износ таких же двигателей, работавших на бензине. При улучшении очистки износ резко снижается и при содержании пыли $0,038 \text{ г/нм}^3$ газа скорость и характер износа газового двигателя не отличаются от соответствующих величин для двигателей, работающих на жидком топливе. Кроме тщательной очистки газа от пыли для двигателей внутреннего сгорания существенное значение имеет очистка газа от смолистых веществ, наличие которых в генераторном газе приводит к быстрому загрязнению газосасывающей аппаратуры, смесителей, свечей и других деталей.

В 1942 г. лабораторией газификации Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта были проведены испытания с целью определения скорости загрязнения двигателя в случае работы последнего на генераторном газе, не очищенном от смол. Для этого была использована антрацитовая газогенераторная установка прямого процесса, изображённая на фиг. 7, в которой газифицировались ангреский и кзыл-кийский угли. Газ использовался в двигателе типа СТЗ мощностью 30 ЛС. По пути от генератора к двигателю газ охлаждался в сухих охладителях и газопроводах до $55\text{—}65^\circ \text{C}$ и, следовательно, частично терял смолу, оседавшую в трубопроводах. Проверкой установлено, что за одну рабочую смену настолько значительно загрязнялись смеситель, всасывающие клапаны и цилиндры двигателя, что дальнейшая эксплуатация была невозможна. Наблюдались случаи, когда после 6—8 час. работы возникала необходимость в полной разборке и промывке двигателя. Таким образом, целесообразность и необходимость очистки генераторного газа, используемого в двигателях внутреннего сгорания или транспортируемого газопроводом, не вызывает сомнений. Однако степень очистки в зависимости от характера потребителя газа может быть различна. Например, для двигателей внутреннего сгорания необходимо стремиться к тонкой очистке с тем, чтобы остаток механических примесей не превышал $0,04\text{—}0,06 \text{ г/нм}^3$ газа. Для нагревательных печей и котлов содержание побочных продуктов в газе может быть более высокое: например, достаточно очищать газ от пыли до содержания её $0,5\text{—}0,6 \text{ г/нм}^3$ газа.

В ранние годы развития советской автотранспортной газогенераторной техники исключительно большое внимание уделялось очистке генераторного газа от серных и сернистых соединений. Было опубликовано значительное количество работ, в которых авторы отмечали нецелесообразность применения в транспортных газогенераторах топлив, содержащих заметные количества соединений серы; опасения возникали из предположения, что сера топлива, перейдя в газ, будет корродировать, разрушать двигатель. Но очистка газа от серных и сернистых соединений в автотранспортных установках связана с серьёзными трудностями и затратами, вследствие чего экономическая целесообразность газификации топлив, содержащих более 1,5% серы, оказы-

валась мало вероятной. В отечественной и зарубежной литературе господствовало мнение, что большое содержание серы в ископаемых углях будет непреодолимым препятствием на пути освоения этих топлив в автотранспортном и энергетическом хозяйстве. Указанной точки зрения придерживалась значительная часть инженерно-технических работников¹, занимавшихся газификацией двигателей. Некоторые из них (Шенкер, Велло, Шав, Наумов, Гиттис В. Ю.² и др.) указывали, что вредное влияние серы топлива на двигатель внутреннего сгорания значительно преувеличивалось.

В целях выяснения влияния серных и сернистых соединений генераторного газа на двигатель внутреннего сгорания нами были проведены длительные лабораторные и опытно-эксплуатационные исследования [9] и [10], в процессе выполнения которых изучались следующие вопросы: а) степень участия коррозионных процессов в общем износе двигателя внутреннего сгорания, работающего генераторным газом, с различным содержанием соединений серы; б) условия газовой и жидкостной коррозии деталей двигателя, омываемых генераторным газом; в) степень противокоррозионной стойкости материала основных деталей двигателя, омываемых генераторным газом.

Изучение влияния соединений серы было поставлено в эксплуатационных и лабораторных условиях с применением различной дозировки серы в газе путём исследования изменений материала деталей двигателя в газовой среде при различных температурах и влажности среды, металлографического и рентгенографического анализа изменений поверхностной рабочей плёнки материала деталей и пр.

Исследованиями установлено:

1) вследствие того, что железо и его сплавы до температуры порядка 700°C подвержены активной газовой коррозии углекислым газом, водяными парами и кислородом, больше чем сернистым газом, соединения серы генераторного газа практически износ двигателя не увеличивают;

2) решающим фактором увеличения износа двигателей, переведённых на газ, является загрязнение газа механическими примесями;

3) плёнка масла, которая непрерывно возобновляется на рабочих поверхностях цилиндра и поршня, является существенным предохранительным антикоррозионным покрытием. Это обстоятельство имеет большое значение в период остановки двигателя, когда не

¹ Карачан И. Р., Введенский А. А. Газогенераторы на автомобилях и транспорте. 1934.

Введенский А. А. Советские газогенераторные автомобили. 1936.

Зарецкий П. О., Виноградов И. С. Статья в журнале «Мотор», № 6, 1939.

Бохман В. Я. Новые изобретения в области транспортных газогенераторных установок. 1940.

Черномордик Б. М., Теория и расчёт транспортных газогенераторов. 1943.

² Гиттис В. Ю. Сланцы и сланцевые смолы как топливо для двигателей внутреннего сгорания. 1922.

исключена возможность конденсации водяных паров, а следовательно, и паров слабой серной кислоты, на стенках цилиндров и поршней.

Таким образом, проведённой работой было доказано, что основной задачей в области уменьшения износа двигателей, переводимых на генераторный газ, является улучшение очистки газа от механических примесей и что применение химических очистителей для транспортных и стационарных газовых двигателей нецелесообразно¹.

В транспортной газогенераторной технике, как указано ранее, применяются различные газогенераторные установки, вследствие чего можно встретить и различные очистительные устройства. Ниже приводится краткое описание наиболее распространённых конструкций, которые положительно зарекомендовали себя в эксплуатации.

Существует два рода очистки газа от пыли: а) грубая очистка (в газе после очистителя не должно содержаться пыли более $0,5 \text{ г/нм}^3$) и б) тонкая очистка (остаток пыли в газе не превышает $0,01—0,015 \text{ г/нм}^3$).

Грубая очистка газа легко осуществляется в очистителях циклонного или объёмного типа. Наиболее тонкая очистка достигается в дезинтеграторах, электрическим способом и в специальных матерчатых фильтрах. Тонкая очистка газа (до $0,01—0,015 \text{ г/нм}^3$) обычно применяется только на мощных газостанциях; в транспортной энергетике применяются упрощённые схемы, обеспечивающие, однако, удовлетворительную степень очистки газа.

2. Сухая очистка газа

Очиститель объёмного типа (фиг. 15) применяется для предварительной очистки газа от механических примесей на газогенераторных установках, обслуживающих стационарные двигатели мощностью от 30 до 50 ЛС.

Последовательность очистки: неочищенный, горячий газ подаётся по трубе 1, нижний конец которой на 10—15 мм погружён в воду 2, поднимается вверх, проходит через решётку 3 и очистительную массу, которой заполнена камера 4. Отбор газа осуществляется трубой 5.

В верхнем днище очистителя смонтирован распылитель воды 6, которой обильно орошается очистительная масса.

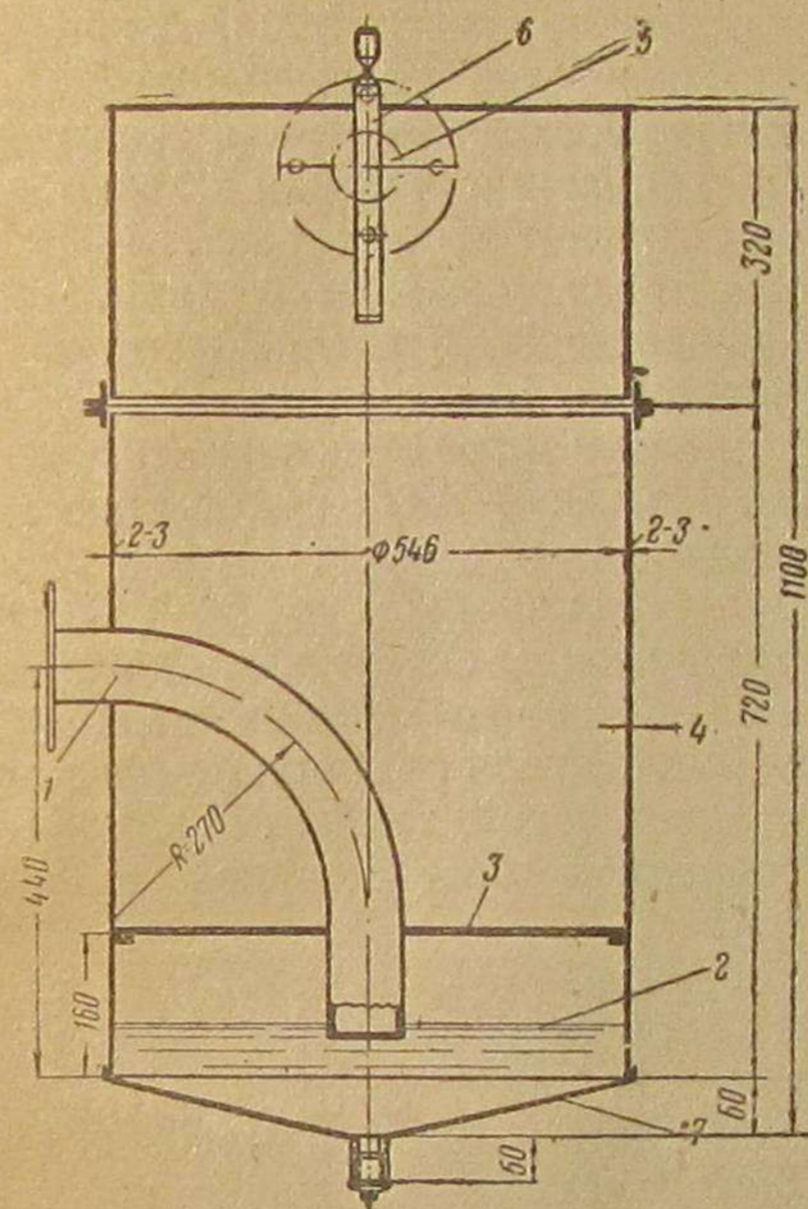
Очистительная масса (лучше всего кокс), омываемая водой, хорошо очищает газ от механических примесей. Кроме того, в случае когда имеется возможность подавать воду в достаточном количестве, газ хорошо охлаждается.

Постоянство уровня воды 2 в нижней части очистителя обеспечивается гидравлическим затвором, представляющим собой остросток трубы диаметром 1—1,5", выполненный в виде U-образного отростка, соединённого с коническим днищем 7 очистителя. В районах, не обеспеченных водой, очиститель может быть переведён на работу сухим

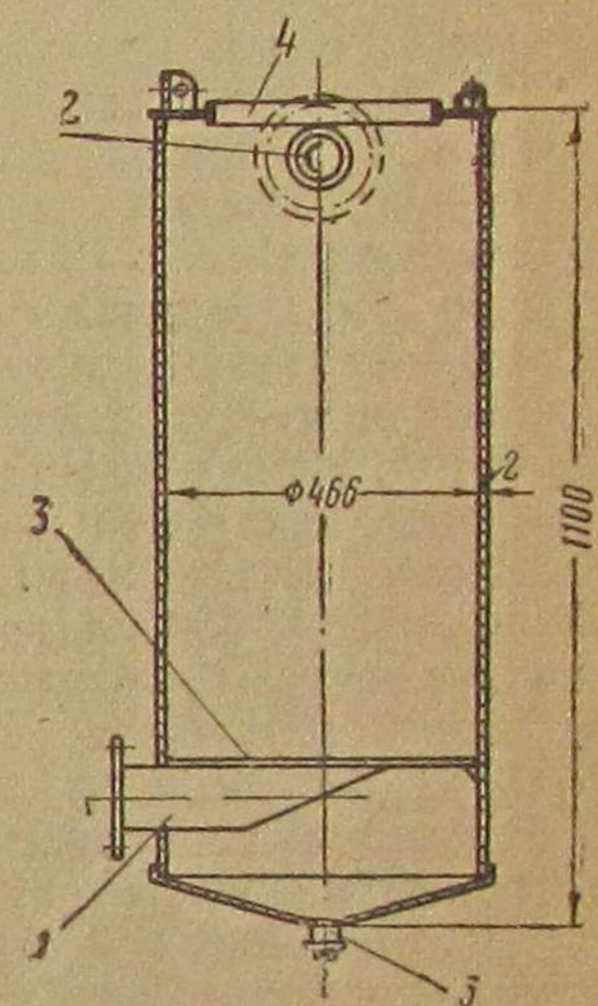
¹ К сожалению, неправильная оценка влияния серы топлива на двигатель повторена в работах, выпущенных и после опубликования сведений об ошибочности существовавшего взгляда, чем особенно отличается книга Б. М. Черномордика «Теория и расчёт транспортных газогенераторов».

способом при условии тщательного заполнения очистительной камеры коксом или, что хуже, битым шамотом или металлическими стружками.

При мокром способе очистки остаток пыли в газе составляет $0,035—0,04 \text{ г/нм}^3$, при сухом $0,1—0,15 \text{ г/нм}^3$.



Фиг. 15. Очиститель газа объёмного типа.



Фиг. 16. Очиститель вторичной очистки газа.

В случае отсутствия в очистителях очистительной массы и при сухом способе очистки содержание пыли в газе возрастает до $0,4—0,5 \text{ г/нм}^3$.

Очиститель вторичной очистки газа показан на фиг. 16.

Газоподводящая труба этого сухого очистителя 1, как показано на фиг. 16, срезана таким образом, что создаёт равномерный выход газа по сечению и направляет его поток к нижнему днищу. Над газоподводящей трубой расположена сетка 3, которая поддерживает очистительную массу. Пространство от сетки 3 до газотводящего патрубка 2 заполняется кольцами Рашига, смазанными маслом. Кольца Рашига выполняются из керамики или нарезаются из металлических трубок диаметром и длиной по 10—20 мм. Кольца Рашига изготавливаются специализированными предприятиями; замена их металлическими кольцами из трубок или отрезками колец, навитых из жести, на ка-

честве очистки существенно не отражается¹. Периодически, в зависимости от интенсивности работы газогенераторной установки, очистительная масса тщательно промывается и снова смачивается маслом.

Очищенный газ отбирается по трубе 2. Для удобства заполнения и смены очистительной массы в верхнем днище очистителя монтируется люк 4 с крышкой. В нижнем коническом днище расположен штуцер 5 для спуска воды во время промывки очистительной массы.

Очиститель сваривается из листового железа толщиной 2—3 мм и может быть заменён любой ёмкостью соответствующего размера. Увеличение объёма очистителя вполне допустимо, так как в этом случае можно ожидать только улучшения степени очистки газа.

На фиг. 17 показан вторичный очиститель газа другого типа. Этот очиститель состоит из корпуса 1, газоподводящего 2 и газоотводящего 3 патрубков; камеры 4 с решётчатым диском 5. Корпус цилиндрической формы, сварен из 2—3-мм листового железа и имеет в верхней части крышку 6 с асбестовым уплотнением. На высоте 400 мм от нижнего днища к внутренней поверхности очистителя приварено кольцо 7, на которое опирается фланец очистительной камеры 8 с решётчатым днищем 5. Камера 8 заполняется металлическими стружками до уровня фланца, на стружки насыпаются кольца Рашига, смазанные маслом. Кольцами Рашига заполняют объём очистителя от опорного фланца на высоту 350—450 мм (до отверстия газоотсосной трубы). К нижнему днищу корпуса приваривается трёхдюймовая газоотводящая труба 3 и сливной патрубок 9 диаметром $\frac{3}{4}$ ".

Очистка происходит следующим образом.

Газ поступает в очиститель через патрубок 2, приваренный в нижней половине фильтра, опускается круговым движением вниз, освобождается от наиболее крупных кусков механических примесей, затем через коническую обечайку газ проходит камеру очистки, заполненную металлическими стружками, в верхнюю часть фильтра, заполненную кольцами Рашига. В верхней части под крышкой газ отбирается и по трубе 3 направляется к потребителю.

Засыпка и смена очистительной массы производятся через верхнюю крышку корпуса. Периодически стружки и кольца Рашига для очистки от накопившейся грязи обильно промываются водой, которая спускается через патрубок 9.

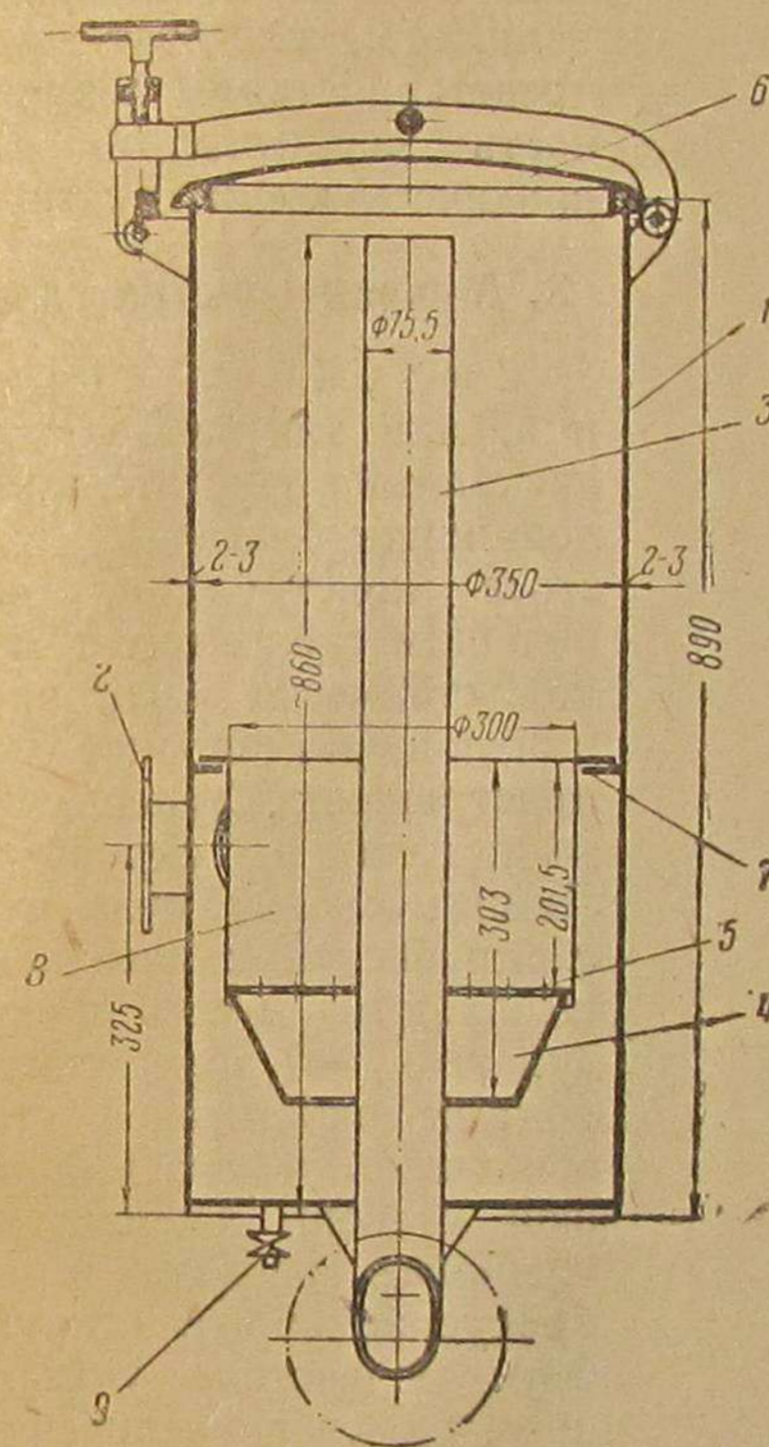
Очистители газа циклонного типа получили широкое применение для сухой очистки газа от пыли. На фиг. 18 представлен очиститель, рассчитанный на производительность 400—600 м³ газа в час.

Внутри цилиндрического корпуса 1 циклона центрально расположена труба 2 для отвода очищенного газа, которая своим нижним отсасывающим отверстием доходит до верха внутреннего конуса успокоителя 3. Через внутренний конус 3 сепарируемые частицы

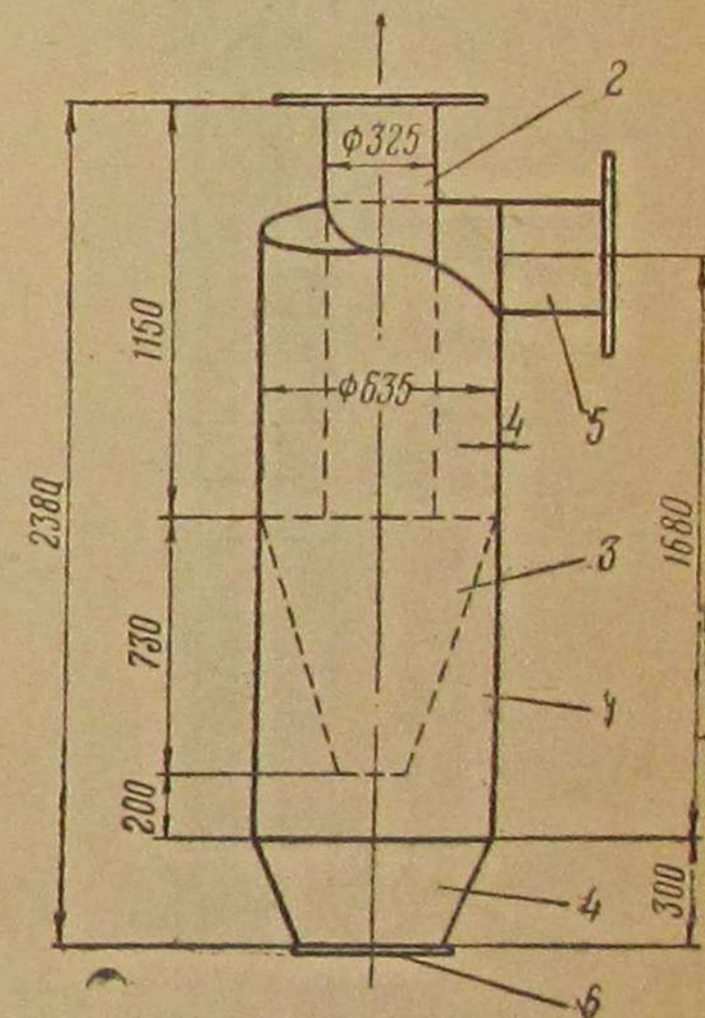
¹ Иногда заменяют кольца металлическими стружками. Такая замена допустима только в случае периодической полной смены стружек, так как последние за 2—3 недели эксплуатации спрессовываются и слипаются, вследствие чего ухудшается очистка и увеличивается сопротивление.

удаляются в камеру 4 для сбора пыли. Газ по трубе 5 подводится к циклону тангенциально. Между корпусом 1 и центральной трубой 2 газовый поток получает вращательное движение и в результате воздействия центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и далее опускаются вниз. Периодически скопившаяся пыль удаляется через герметически закрывающийся люк 6.

В случае необходимости сохранения физического тепла газа циклон с внутренней или наружной стороны следует изолировать (рекомендуется наружная изоляция).



Фиг. 17. Очиститель сухой очистки газа



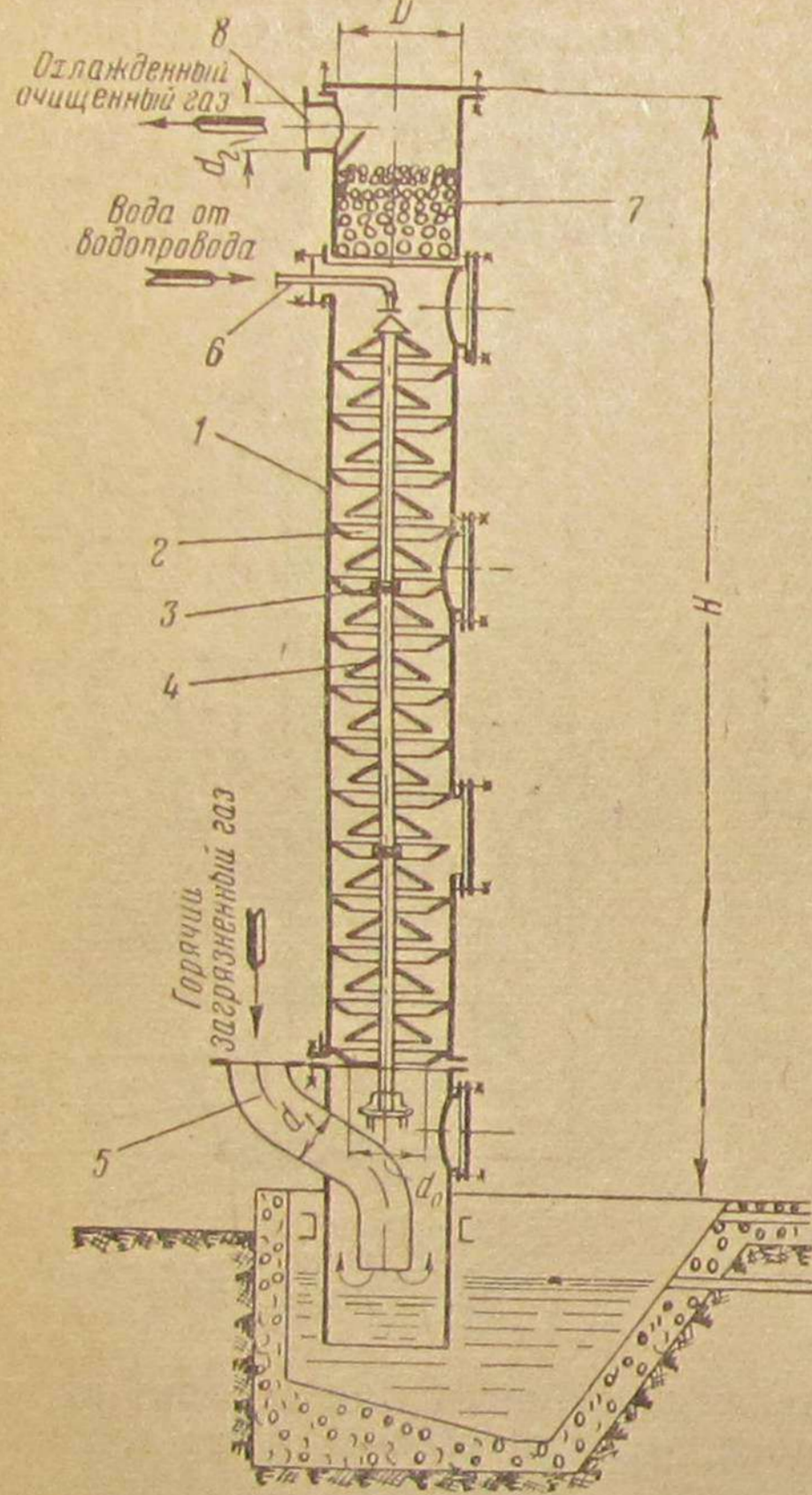
Фиг. 18. Очиститель газа циклонного типа

Качество очистки в очистителях циклонного типа зависит от начальной скорости газового потока, размера рабочей части циклона и расположения трубы, отсасывающей очищенный газ. Изменение формы входного отверстия газоподводящей трубы 5 при постоянной его площади на степень очистки газа сказывается весьма незначительно.

Исследованиями, выполненными на моделях, установлено, что при действительной скорости входа газа в циклон, равной 12—18 м/сек, можно получить глубокую очистку газа (до 99—99,5% от общего количества пыли в газе). Однако степень очистки зависит не только от конструктивных особенностей циклона, но и от размера и удельного веса улавливаемой пыли.

В эксплуатационных условиях циклонные очистители обеспечивают улавливание 70—90% пыли газа. Если пыль смешана с частицами смолы, степень очистки несколько понижается (до 50—60%). Циклонные очистители целесообразно применять в установках горячего газа, когда желательно сохранить физическое тепло газа.

Циклонные очистители применяются в таких газогенераторных установках, где длина газопроводов невелика и, следовательно, представляется возможность осуществлять периодическую очистку труб.



Фиг. 19. Скруббер-очиститель газа типа Лимна

иной конструкции решается с учётом местных условий (простота конструкции, стоимость изготовления, требования к качеству газа, возможность повышения расхода воды, габаритные условия и пр.).

¹ Удельным расходом воды называется расход воды, приходящийся на 1 м³ промытого, очищенного газа.

3. Мокрая очистка газа

Скруббер Лимна, или так называемый каскадный очиститель-холодильник, благодаря простоте конструкции, небольшим габаритам и малой стоимости изготовления получил широкое распространение. Степень очистки газа в скруббере Лимна несколько ниже, чем у скрубберов с насадкой. Необходимо иметь в виду, что во всех типах мокрых очистителей степень очистки газа в большей степени зависит от удельного расхода воды, пропускаемой через скруббер¹. Вследствие указанного, за счёт увеличения расхода воды можно улучшить очистку газа. Естественно, что в скруббере с насадкой для достижения одинаковой очистки газа расход воды будет несколько меньше, чем в очистителе Лимна. Целесообразность применения той или

Внутри железного цилиндрического корпуса 1 очистителя Лимна (фиг. 19) укреплены конические кольца-тарелки 2, между которыми на вертикальном стержне 3 смонтированы конусы 4. При тщательно выверенных по уровню конусах и тарелках вода, подаваемая в верхнюю часть скруббера, стекает тонкими струйками; газ, поступающий в нижнюю часть скруббера по трубе 5, поднимаясь снизу вверх, многократно меняет направление своего движения между тарелками и конусами, огибает их и по пути охлаждается опускающимися водяными завесами. Вода поступает в скруббер по трубе 6. Охлаждающий эффект скрубберов Лимна достаточно велик, вследствие чего размеры скрубберов такого типа получаются относительно небольшими.

В целях улучшения степени очистки газа в верхней части скруббера рекомендуется монтировать дополнительную камеру 7, которая заполняется коксом или битым пористым шамотом. Очищенный газ отбирается по трубе 8.

Расчёт скруббера Лимна состоит в определении активного объёма очистителя, расхода воды и суммарного сопротивления.

В качестве примера приводим расчёт скруббера производительностью 500 м³ газа в час [8].

Исходные данные:

Производительность скруббера	500 м ³ /ч
Температура газа, поступающего в скруббер	350° С
Температура очищенного газа	30° С
Содержание влаги в неочищенном газе	150 г/м ³
Влажность очищенного газа при t° = 30° С	35 г/м ³
Температура поступающей воды	10° С
Температура отходящей воды	60° С

Удельный расход воды, необходимой для заданного охлаждения газа, определяется по тепловому балансу процесса.

Начальное теплосодержание газа

$$0,32 \cdot 350 + 0,15 (595 + 0,47 \cdot 350) = 226 \text{ кал/м}^3.$$

Конечное теплосодержание газа

$$0,315 \cdot 30 + 0,035 (595 + 0,47 \cdot 30) = 31 \text{ кал/м}^3.$$

Удельный расход воды

$$\frac{(226 - 31) \cdot 0,95}{60 - 10} = 3,7 \text{ кг/м}^3.$$

Часовой расход воды

$$500 \cdot 3,7 = 1850 \text{ кг/ч},$$

где 0,32 и 0,315 кал/м³ °С — теплоёмкости газа;

595 + 0,47 — приближённое выражение для определения теплосодержания водяных паров в газе;

0,95 — тепловой к. п. д. скруббера.

Объём скруббера определяется по эмпирической формуле [14]:

$$V = \frac{(A + B) ZQ}{10^6 \omega}$$

Здесь A — количество влаги, которая может сконденсироваться за счёт охлаждения газа, определяется по формуле

$$A_1 = \frac{0,32 (350 - 30) \cdot 1000}{565} = 181 \text{ г/нм}^3;$$

565 кал/кг — теплота испарения воды при температуре насыщения газа паром, содержащимся в нём в начале процесса. В рассматриваемом случае газ содержит 150 г/нм³ пара, чему соответствует температура насыщения в 55° С;

B — начальное содержание водяного пара, равное 150 г/нм³;

Z — время пребывания газа в скруббере, принимаемое для расчёта в 5 сек.

$Q = 500 \text{ нм}^3/\text{ч}$ — производительность скруббера;

ω — степень осушки газа,

$$\omega = \frac{150 - 35}{150} = 0,77.$$

Активный объём скруббера будет

$$V = \frac{(181 + 150) \cdot 5 \cdot 500}{10^6 \cdot 0,77} = 1,07 \text{ м}^3.$$

В соответствии с проверенными в эксплуатации соотношениями диаметра и высоты принимаем диаметр скруббера 600 мм, высоту 4 000 мм. При этих размерах фактический объём скруббера будет 1,13 м³.

Сопротивление скруббера подсчитывается в соответствии со скоростью газа в скруббере и количеством изменений направления потока. Сопротивление активной части скруббера при 30 поворотах газа составляет 1,6—1,8 мм вод. ст., сопротивление коксовой насадки составляет около 8 мм вод. ст. Суммарное сопротивление скруббера можно оценить в 10 мм вод. ст.

Ориентировочные размеры скрубберов типа Лимна, применяемых для очистки газа в установках с двигателями внутреннего сгорания [2], приведены в табл. 13.

Таблица 13

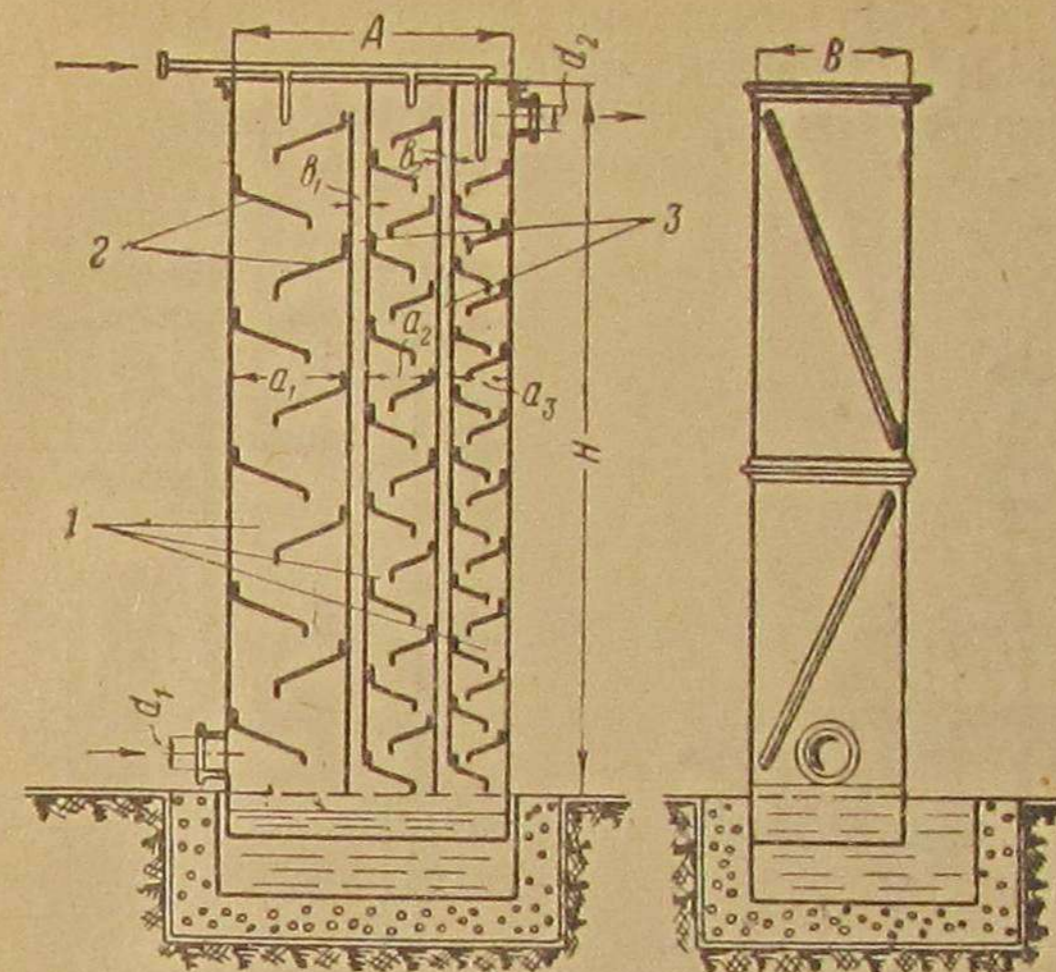
Характеристики по фиг. 19	Мощность двигателя в ЛС		
	50—60	100—120	150—180
Общая рабочая высота H в мм	3 500—4 000	4 000—4 500	5 000
Внутренний диаметр D очистителя в мм	500	700	860
Внутренний диаметр колец-тарелок d_0 » »	300	420	520
Диаметр газоподводящей трубы d_1 » »	150	200	250
Диаметр газоподводящей трубы d_2 » »	100	150	175
Число пар колец n в штуках	18	14	14

Каскадные скрубберы типа Даусона (фиг. 20) по принципу действия аналогичны скрубберам типа Лимна.

Скруббер Даусона состоит из ряда секций 1 прямоугольного сечения. В секциях смонтированы пластинки 2, по которым стекает вода. Расположение пластинок напоминает взаимное расположение тарелок и конусов в скруббере Лимна. В секциях осуществляется встречное движение воды и газа. Газ подаётся снизу и, дойдя до верха

первой секции, по прямоугольному каналу 3 опускается вниз, поступает в следующую секцию и т. п.

В целях сокращения расхода металла размеры каналов уменьшаются по мере снижения температуры газа.



Фиг. 20. Скруббер-очиститель газа типа Даусона

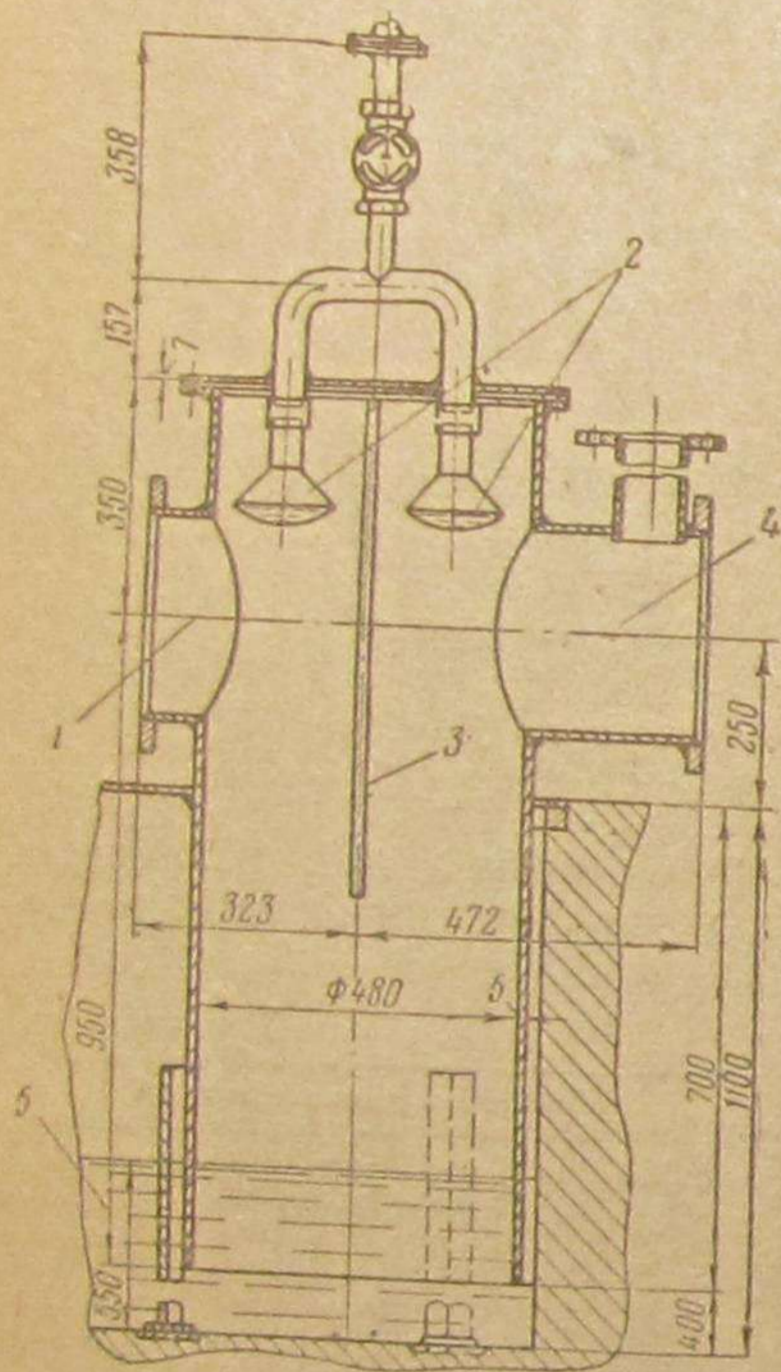
Ориентировочные размеры скрубберов Даусона для различных производительностей газогенераторных установок, питающих двигатели внутреннего сгорания, приведены в табл. 14.

Таблица 14

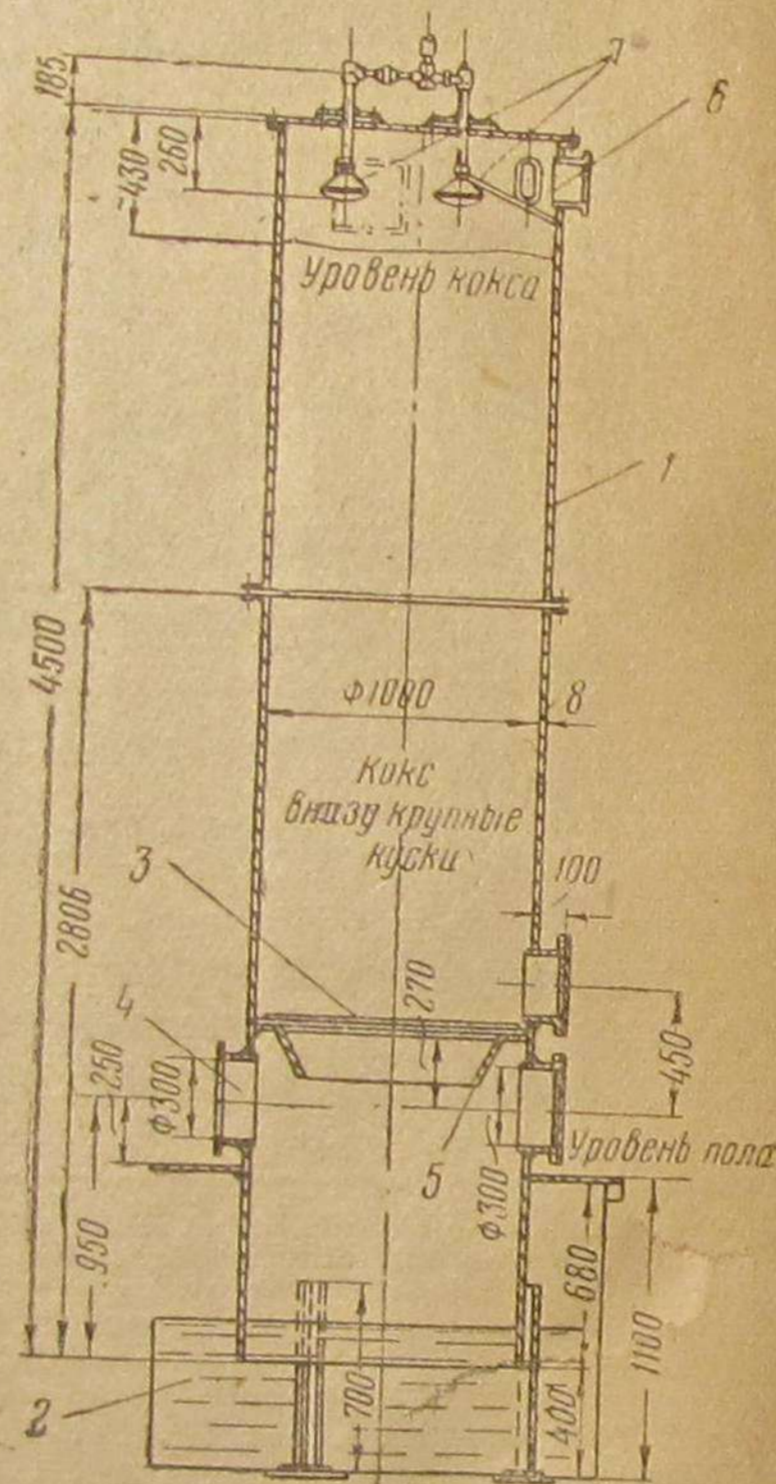
Характеристика по фиг. 20	Мощность двигателя в ЛС		
	50—60	100—120	150—180
Высота H в мм	3 000	3 750	3 750
Ширина A » »	1 057	1 170	1 515
Глубина B » »	500	700	800
Ширина 1-й секции a_1 в мм	350	500	655
» 2-й » a_2 » »	215	290	390
» 3-й » a_3 » »	180	250	325
» 1-го канала b_1 » »	45	55	65
» 2-го » b_2 » »	35	45	50
Диаметр газопускного патрубка d_1 в мм	150	200	250
Диаметр газопускного патрубка d_2 » »	100	150	175
Число пар перегородок			
в отсеке № 1	8	6	5
» » № 2	10	10	8
» » № 3	14	14	10
» » № 4	16	—	—

Очистители для газогенератора Г-2 выпускаются заводом «Двигатель революции» комплектно с газогенератором двух типов: грубый охладитель-очиститель и скруббер.

В грубом очистителе (фиг. 21), который устанавливается между генератором и скруббером, осуществляется предварительная очистка и охлаждение газа. Из генератора газ поступает в очиститель по трубе 1, орошается и омывается водой, поступающей сверху в дождевик 2, опускается вниз, огибает перегородку 3, поднимается



Фиг. 21. Грубый очиститель газа завода «Двигатель революции»



Фиг. 22. Скруббер-очиститель газа завода «Двигатель революции»

вверх, вторично орошается вторым дождевиком и выходит по трубе 4 к скрубберу. Вода стекает вниз, в гидравлический затвор 5, в который опущен нижний конец корпуса охладителя. Грубый очиститель в зависимости от расхода воды, идущей на оросители-дождевики, снижает температуру газа с 550° до $450-200^{\circ}$ С. Грубый очиститель предназначен для очистки газа от крупных механических примесей и предотвращения изменения (ухудшения) состава газа, которое может иметь

место при высоких температурах. Основные размеры очистителя показаны на чертеже.

Скруббер (фиг. 22) выполняется из железного сварного корпуса 1, нижняя часть которого монтируется в гидравлическом затворе 2. На решётку 3 загружается около 1,3 т кокса. Нижние слои кокса рекомендуется укладывать из кусков размером 70—80 мм, верхние более мелким (15—20 мм). Газ поступает из грубого очистителя по трубе 4, проходит конус 5 и решётку 3 и, поднимаясь между кусками кокса, выходит в верхней части корпуса через патрубок 6. Газ промывается водой, поступающей в скруббер через дождевики 7.

Основные размеры скруббера приведены на фиг. 22.

Опыт эксплуатации очистителей завода «Двигатель революции» показал вполне удовлетворительные результаты очистки и охлаждения газа.

VI. ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

1: Газогенераторная установка для двигателей в 30—50 лс

Общий вид расположения оборудования установки показан на фиг. 23. Газогенераторная установка состоит из газогенератора 1, вентилятора розжига 2, двух очистителей — грубого 3 и тонкого фильтра 4, конденсационного резервуара 5, смесителя газа с воздухом 6 и двигателя 7.

На фиг. 23 представлено рекомендуемое размещение и примерные расстояния между отдельными агрегатами. Расстояние между осями генератора и первого очистителя показано в 3300 мм. Расстояния между первым и вторым очистителями и двигателем выбираются по местным условиям, причём в целях экономии труб рекомендуется по возможности выдерживать указанное на схеме расстояние только между газогенератором и первым очистителем, т. е. на участке наиболее резкого падения температуры газа. Остальные расстояния следует принимать минимальными. Поверхность очистителей и трубопроводов достаточна для охлаждения газа от 400 до $50-60^{\circ}$ С (при температуре наружного воздуха $+20^{\circ}$ С).

Газогенератор и очистители монтируются вне здания двигателей, на открытой площадке. В целях улучшения условий труда обслуживающего персонала над газогенераторной установкой рекомендуется устраивать навес. Газогенераторы и очистители устанавливаются на площадках, выложенных из красного кирпича или любого местного строительного материала, стойкого в противопожарном отношении.

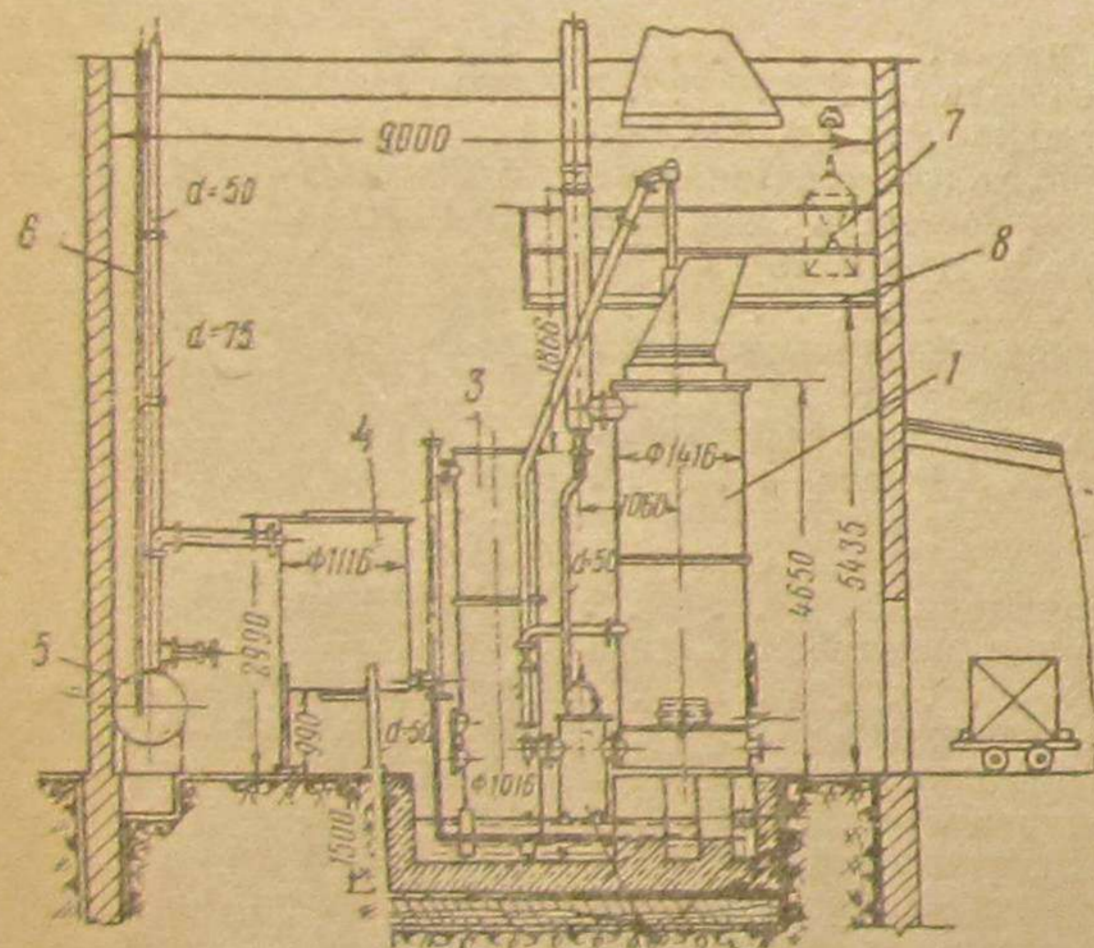
В зависимости от назначаемого топлива по указанной схеме монтируются газогенераторы типа Т20-1 или Т20-2 (очистительно-охлаждающие устройства и расположение всех агрегатов остаются без изменений).

По приведённой схеме было построено несколько установок для небольших линейных электростанций, оборудованных двигателями

В газогенераторах прямого процесса (типа Т20-2) успешно газифицировался антрацит различной крупности (АЗ, АС, АМ) и хорошо отобранный шлакоотсев. В генераторах обратного процесса (типа Т20-1) газифицировались древесные чурки из свежесрубленной древесины и угли сулюктинские, кзыл-кийские, подмосковные, кизеловские и др. В годы Отечественной войны, когда нормальное снабжение топливом было нарушено, нередко газогенераторные установки использовали и такие топлива, на которые они не рассчитывались. Например, были периоды работы установок на смеси антрацита и шлакоотсева, антрацита и подмосковного угля и др. Естественно, что работа газогенераторов в этих условиях достигалась только за счёт квалифицированного и внимательного обслуживания.

2. Газогенераторная станция с генераторами Г-2

Общий вид расположения оборудования газостанции с газогенераторами Г-2 и очистителями завода «Двигатель революции» показан на фиг. 24.



Фиг. 24. Общий вид расположения оборудования газостанции с газогенераторами Г-2 завода «Двигатель революции»

ке 8, представляющей второй этаж газогенераторного помещения. Ресивер 5 служит для устранения пульсирующего потока газа в трубопроводах, которое появляется вследствие прерывистого потребления газа двигателем. Пульсация потока газа зависит от числа оборотов, тактности, размеров и числа цилиндров двигателя.

Газогенератор 1 устанавливается в едином (сообщающемся) гидравлическом затворе с оросителем—грубым очистителем 2 и скруббером тонкой очистки газа 3. За скруббером монтируется сухой очиститель газа 4, в котором происходит осушка газа и отделение влаги, механически вынесенной из скруббера. Далее устанавливается газовый ресивер 5 и вентилятор розжига с трубой 6 сброса газа в атмосферу. Газостанция оборудована подъемником топлива 7, расположенным на загрузочной площадке 8,

Быстроходные многоцилиндровые двухтактные двигатели создают менее пульсирующий поток газа, а тихоходные четырёхтактные малоцилиндровые — более пульсирующий газовый поток. Следует иметь в виду, что в газогенераторных установках ресиверной ёмкостью является не только объём расширительного сосуда, но и объём газопровода и других ёмкостей, через которые проходит газ от генератора к двигателю. По Гюльднеру [15] объём ресивера должен превышать суммарный рабочий объём цилиндров двигателя в 10—15 раз.

Газогенераторная станция, как правило, строится в самостоятельном помещении, отделённом капитальной стеной от машинного здания. Здание газогенераторной строится с соблюдением всех правил противопожарной безопасности и правил технической эксплуатации электростанций, оборудованных двигателем внутреннего сгорания.

Газогенераторы, очистители и другое оборудование располагаются таким образом, чтобы обеспечить свободные проходы и удобное обслуживание. В частности, расстояние между газогенераторами должно быть не менее 1,5 м, расстояние от генератора до стен—не менее 1,0 м, высота от загрузочной площадки до затяжки стропил—не менее 1,8—2,0 м.

На одной из железных дорог Союза в 1942 г. была построена и введена в эксплуатацию газогенераторная электростанция, оборудованная двумя газовыми двигателями завода «Двигатель революции» мощностью по 140 ЛС и двумя комплектами газогенераторного оборудования производства того же завода. Результаты испытаний этой газогенераторной электростанции и сравнение проектно-расчётных и фактически полученных эксплуатационных параметров приведены в табл. 15.

Таблица 15

Тип и номер газогенератора	Г-2 завод «Двигатель революции»	
	№ 1	№ 2
Характеристики		
Разрежение в мм вод. ст.		
за газогенератором	64	62
за скруббером	88	200
за сухим фильтром	260	310
перед двигателем	305	—
Температура газа в °С:		
за газогенератором	384	241
перед смесителем	20	25
Температура воды после охлаждения двигателя в °С	51	46
Расход воды на охлаждение газа в скрубберах в кг/квт-ч	—	37,3
Нагрузка двигателей в ЛС	(Двигатель № 17)	(Двигатель № 18)
средняя за 10 час. испытаний	108	115
максимальная (за 15 мин.)	138	124

Сравнение проектных и фактически полученных эксплуатационных характеристик газостанции даёт следующие соотношения величин:

	По проекту	Фактически
Расход топлива в кг/квт-ч	1,32	2,06
Влажность топлива в %	32	45
Расход воды на охлаждение газа в кг/квт-ч	20—36,5	38,5
Общее сопротивление газогенераторной системы в мм вод. ст.	До 350]	300—400
Стоимость электроэнергии в коп/квт-ч.	34,43	36,6—38

Значительное превышение расхода топлива объясняется большой влажностью чурок, поступавших на электростанцию в период испытаний ($W^p = 45,23\%$). Генераторы работали с подготовкой (подсушкой) топлива, и часть летучих уносилась вместе с удаляемой влагой.

Учитывая, что испытания проведены после длительной эксплуатации газостанции с частично изношенным оборудованием, можно оценить совпадение проектных и фактических величин вполне удовлетворительным.

На основании двухлетнего тщательного учёта стоимости электроэнергии, выработанной газовыми двигателями, представляется возможность сделать некоторый анализ экономической рентабельности описанной газогенераторной электростанции по сравнению с дизельной станцией той же мощности. Себестоимость электроэнергии складывалась из следующих элементов (табл. 16)¹.

Таблица 16

Наименование затрат	Стоимость 1 квт-ч энергии в коп.		
	1943 г.	1944 г.	1945 г.
Рабочая сила	25,7	27,7	23,9
Материал	0,5	0,7	0,6
Топливо	8,6	7,3	8,2
Электроэнергия	0,2	0,1	0,1
Прочие расходы	3,2	2,9	2,7
Итого	38,2	38,7	35,6

Годовая выработка электроэнергии по газовым двигателям этой электростанции составляет около 1 000 000 квт-ч.

С переходом электростанции на газ потребовалось увеличить штат обслуживающего персонала (рабочие по разделке топлива, кольца, подкатчики, газовщики) с общим расходом по заработной плате в 5 825 руб. в месяц. Одновременно электростанции не потребовался обслуживающий персонал других квалификаций, который был бы необходим в случае работы двигателей на жидком топливе (ра-

¹ Заметим, что расходы по рабочей силе на рассматриваемой электростанции чрезмерно велики.

бочие нефтехозяйства, помощники машинистов и др.) с общим расходом по заработной плате в 3 750 руб. в месяц.

Таким образом, фактическое увеличение основного эксплуатационного расхода — заработной платы, после перехода на газ составило 2 175 руб. в месяц.

Экономия жидкого топлива после ввода в эксплуатацию газовых двигателей, по данным дороги, составила в 1945 г. 716 000 руб. За этот же срок израсходовано 12 160 м³ дров общей стоимостью 207 000 руб.

Таким образом, общая экономия по топливу достигла 509 000 руб., т. е. ежемесячная экономия по стоимости расходуемого топлива составляет 11 800 руб., что на 9 625 руб. больше ежемесячных расходов на обслуживающий персонал. Если учесть, что в настоящее время подвозка, очистка, хранение, распиловка, разделка древесины на чурки и прочие работы, связанные с топливподготовкой, выполняются газостанцией, а не топливоснабжающей организацией, то при централизованной организации снабжения электростанции чурками можно ожидать ещё большего снижения расходов на обслуживающий персонал.

За четыре года эксплуатации описанной газогенераторной электростанции установлено, что газовые двигатели завода «Двигатель революции» типа ДР26/38 по 140 ЛС и газогенераторные установки Г-2 того же завода вполне отвечают требованиям надёжной и устойчивой работы в условиях обслуживания ответственных потребителей электроэнергии, какими являются железнодорожные узлы.

За указанный период не наблюдалось серьёзных перебоев или поломок двигателей, газогенераторов и вспомогательного оборудования. Обслуживание двух одновременно и непрерывно работающих газовых двигателей осуществлялось одним машинистом, причём по износу деталей двигателей и чистоте рабочих поверхностей (цилиндры, поршни, клапаны, всасывающий и выхлопной коллекторы, картер двигателя) газовые двигатели показали значительные преимущества по сравнению с такими же нефтяными двигателями, работающими на этой же электростанции.

В заключение отметим, что в условиях длительной и напряжённой эксплуатации газовые двигатели обнаружили существенные технические и экономические преимущества по сравнению с аналогичными нефтяными двигателями. Бесперебойность и надёжность работы газовых двигателей решающим образом зависят от качества топлива и тщательности предварительной его подготовки. Последнее обстоятельство наглядно подтверждается тем, что с поступлением в 1946 г. на описанную выше газогенераторную электростанцию дров с повышенной влажностью (от 43 до 46—50%) эксплуатационные и технические показатели резко снизились. Появились случаи перебоев в работе двигателей, заметно увеличились тепловые перекосы в генераторах, резко возрос расход дров, участились случаи перегрева и коробления колосниковых решёток, усложнились условия обслуживания и т. д. Таким образом, гарантийные технические условия завода «Двигатель революции» в отношении нормальной газификации древесных чурок

влажностью до 50% газогенераторами Г-2 полностью не выдерживаются. Следует предъявлять более строгие требования к топливу, не допуская влажности чурок более 40%.

3. Газогенераторная станция с механизированными газогенераторами

Расположение газогенераторного оборудования газостанции с механизированными газогенераторами производительностью по 660—800 нм^3 газа в час показано на фиг. 25. Два газогенератора 1 и очистителя типа Лимна 2 объединяются газопроводом 10. При параллельной работе газогенераторов такая газостанция может выработать свыше 1500 нм^3 газа в час и обеспечить двигатели мощностью 600—700 ЛС.

По проведённой схеме намечается перевод на генераторный газ первых электростанций, оборудованных двигателями «Вортингтон». Перевод на газ двигателей мощностью в 300—400 ЛС намечается также по аналогичной схеме компоновки генераторов и очистителей, причём на этих станциях будут устанавливаться по одному действующему газогенератору и очистителю.

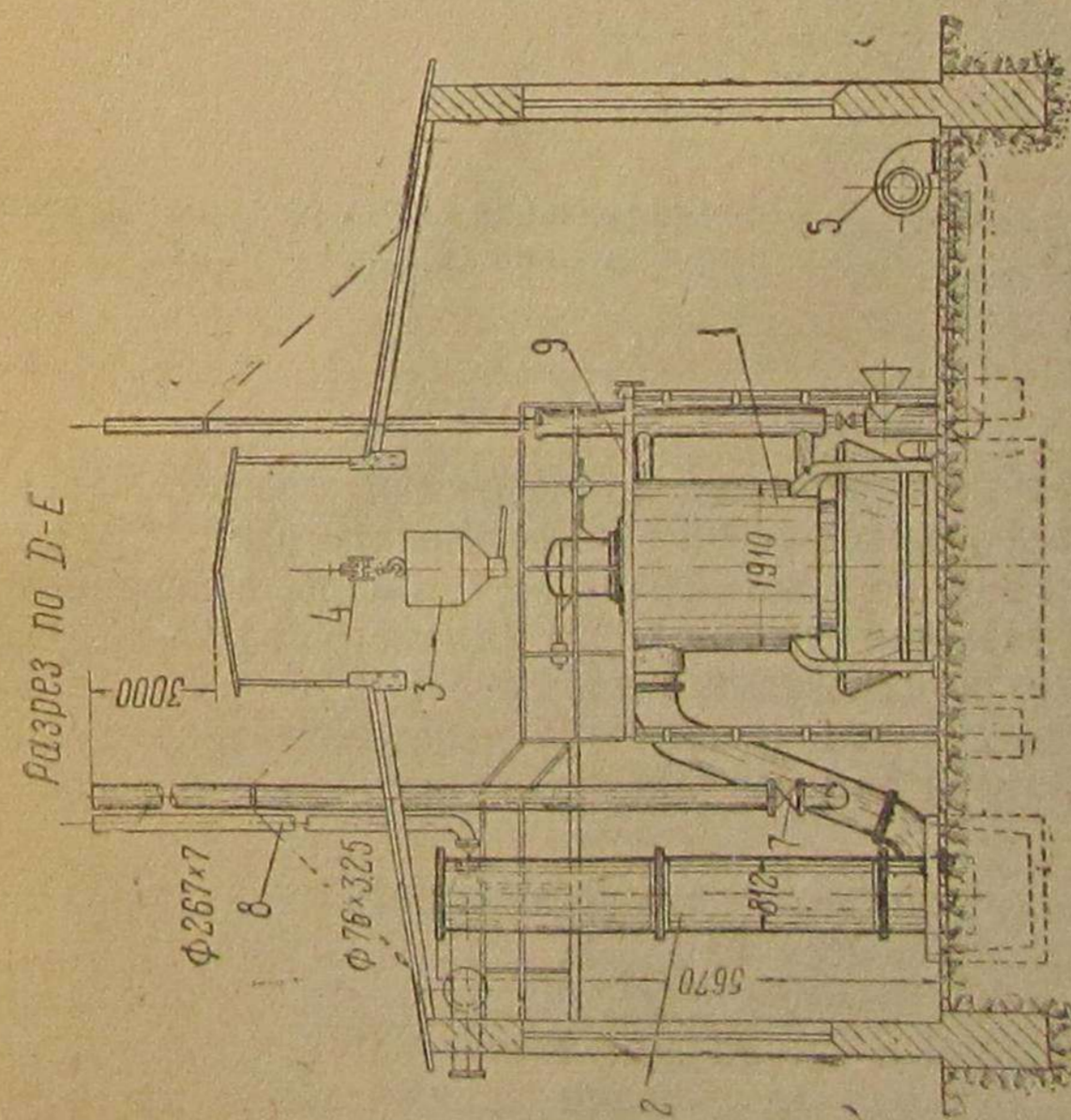
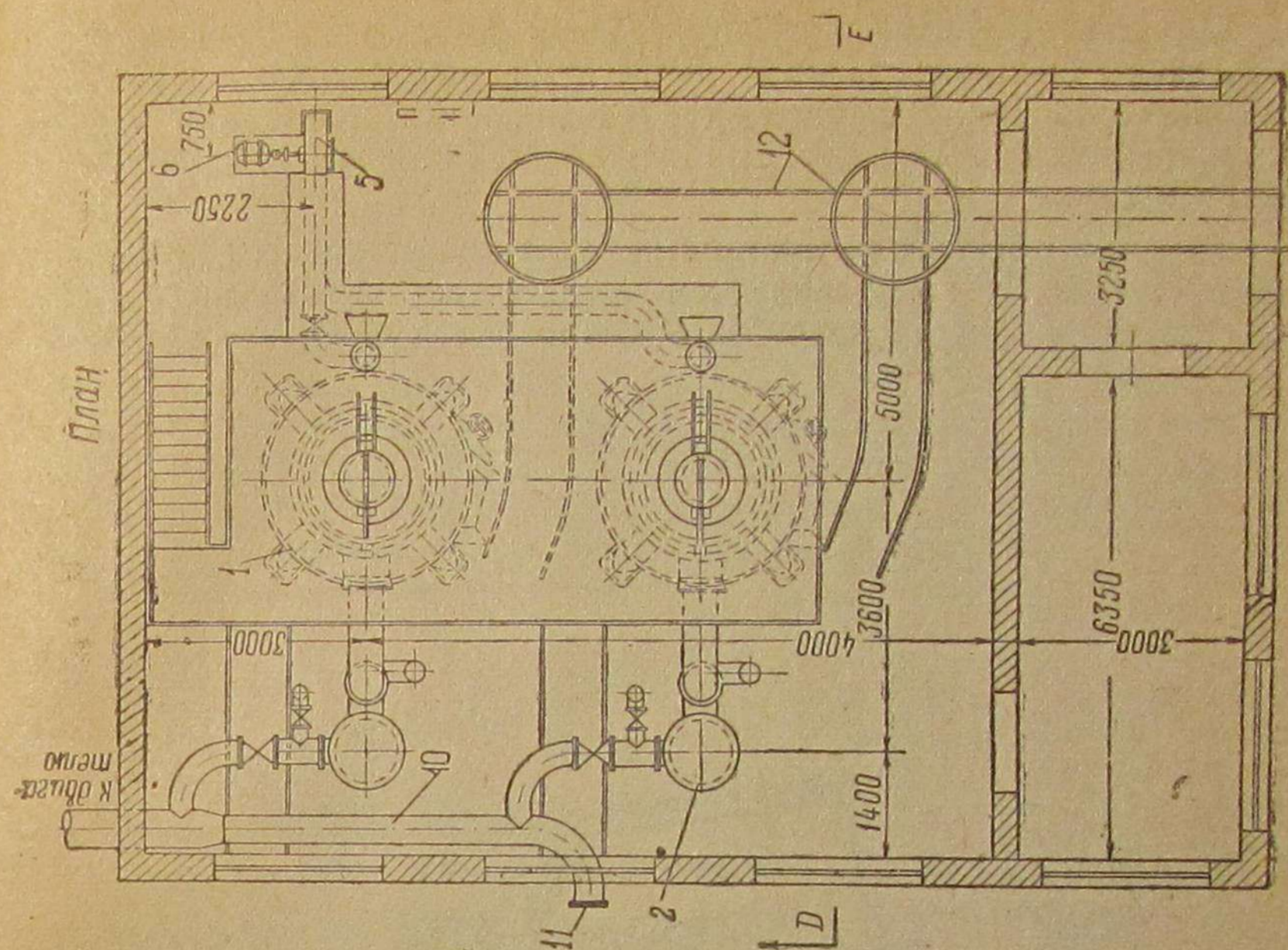
4. Газогенераторная установка для растопки паровозов

Растопка паровозов дровами, повсеместно применяемая на дорогах Союза, вносит заметные осложнения в работу депо из-за ряда недостатков, присущих этому способу. Основными из них являются: значительная продолжительность заправочного времени, высокая стоимость снабжения депо дровами и серьёзные затруднения по их доставке. Нормы времени, установленные на растопку паровозов серии ФД, — 4 часа и других серий — 3,5 часа, как правило, не выдерживаются. Хронометрирование затраты времени на растопку паровозов после тёплой промывки, выполненное в некоторых депо Московско-Рязанской ж. д., показало, что фактически растопка паровозов в зимнее время нередко занимает 7—8 час. Отмечены многочисленные случаи и более продолжительной заправки. Длительные простои чаще всего возникают из-за повышенной влажности дров, ограничения количества выдачи их на растапливаемый паровоз, перебоев в поступлении дров в депо и несовершенства принятого способа растопки.

Нормированное, а тем более фактическое время, затрачиваемое на растопку паровозов, составляет немалую долю общего времени простоя паровозов в ремонте.

Способ растопки паровозов генераторным газом, равно как и естественным газом, предложен и осуществлён нами¹ в депо Москва-сортировочная Московско-Рязанской ж. д. и депо Москва-пассажирская М.-Курской ж. д.

¹ Предложение разработано и осуществлено кандидатом технических наук Еремеевым П. В. совместно с автором и доц. Болховитиновым Г. Ф.

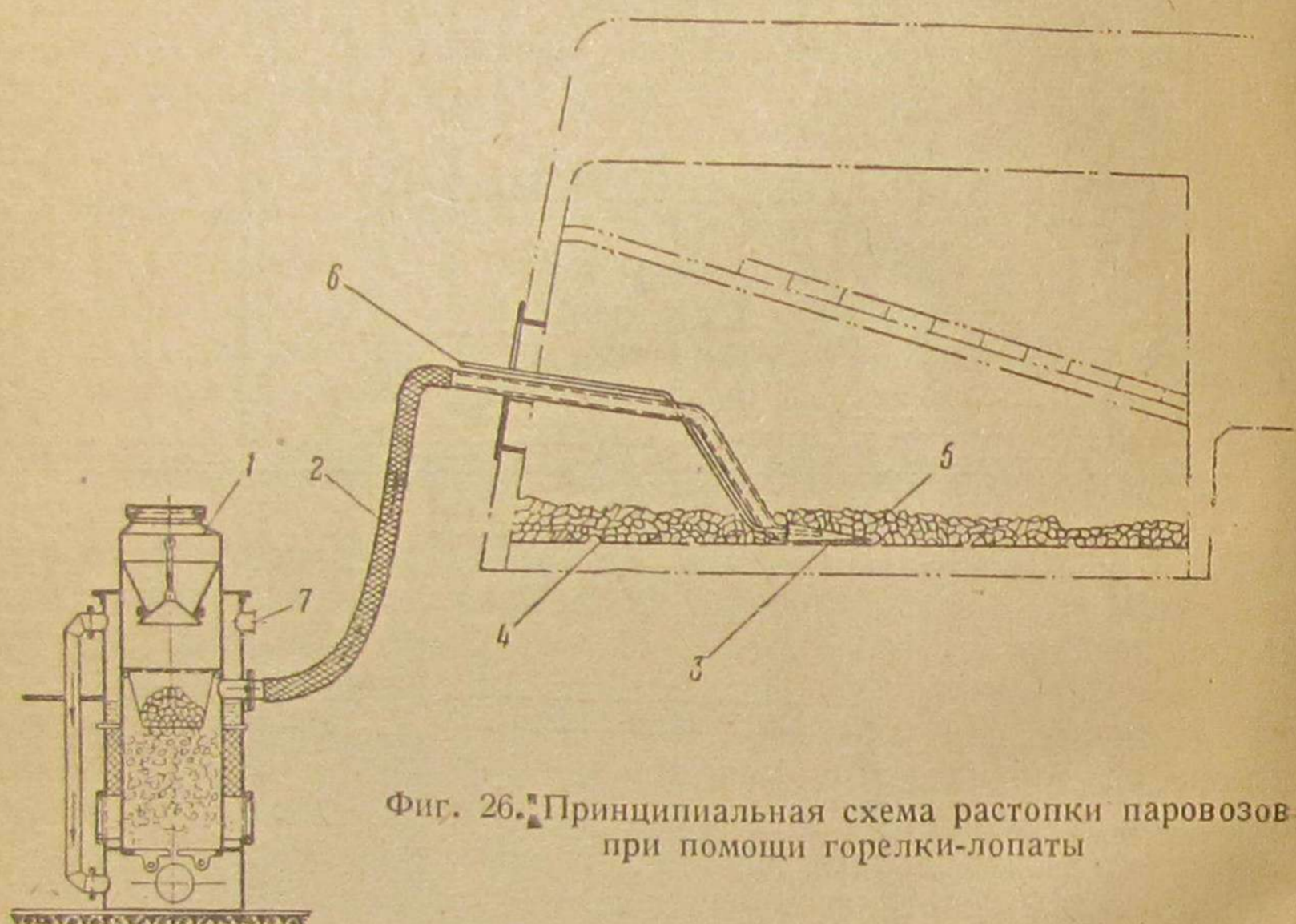


Фиг. 25. Газогенераторная станция с механизированным газогенератором диаметром 1500 мм:

1 — газогенератор $\varnothing 1500$ мм, 2 — скруббер Лимна, 3 — подёмник для подачи топлива, 4 — ковш с монорельсом, 5 — вентилятор, 6 — электромотор, 7 — задвижка Лудло, 8 — труба, 9 — рабочая площадка, 10 — газопровод, 11 — предохранительная взрывная шайба, 12 — узкоколейный путь с поворотными кругами.

Для всестороннего изучения газовой растопки паровозов были проведены эксплуатационные испытания описываемого способа в зимних условиях. В период эксплуатационных испытаний в осенних и зимних условиях было растоплено более 150 паровозов разных серий.

Растопка паровоза генераторным газом осуществляется следующим образом (фиг. 26): под давлением вентилятора, нагнетающего воздух в генератор 1, через патрубок 7 газ подаётся по гибкому шлангу 2 к газовой горелке 3.



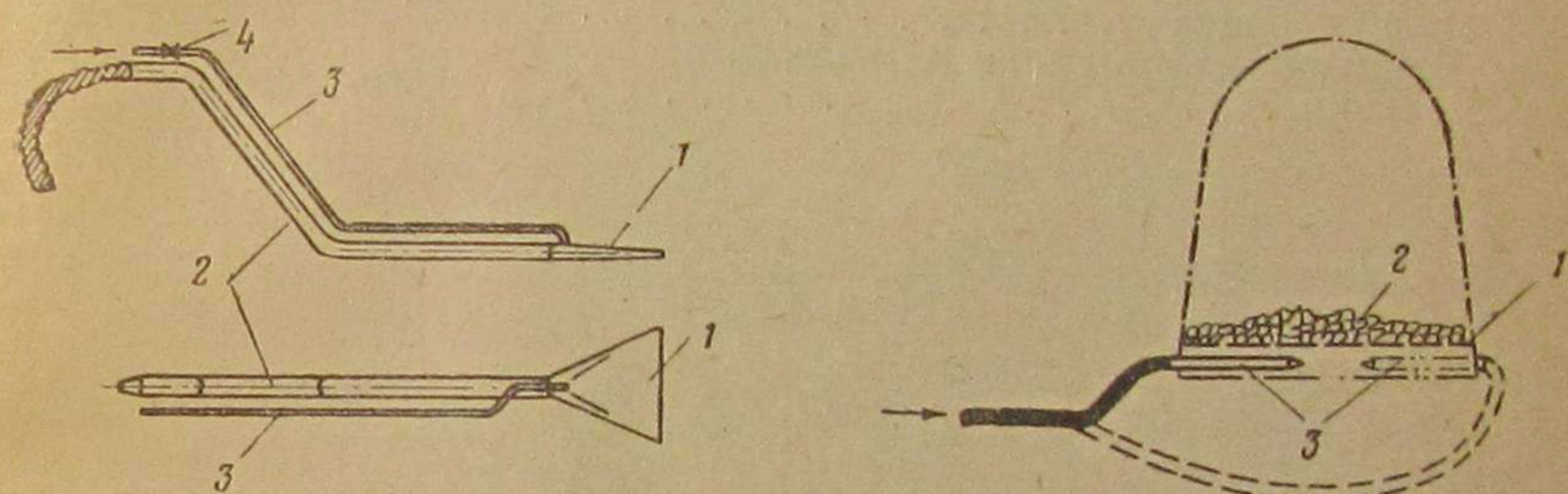
Фиг. 26. Принципиальная схема растопки паровозов при помощи горелки-лопаты

В эксплуатации проверены две конструкции газовых горелок. Первый тип представляет собой горелку-лопату (фиг. 27), выполненную в виде железной коробки—трапеции 1, в малое основание (вершину) которой вваривается газовая труба 2 диаметром 1,5—2". Воздух к горелке подводится самостоятельной трубой 3 с регулируемым краном 4. Воздушная труба вваривается непосредственно в корпус горелки-лопаты. Внутри камеры горелки происходит перемешивание воздуха с газом.

Во время растопки лопата-горелка устанавливается на поверхности колосниковой решётки 4 топки паровоза, как показано на фиг. 26. Предварительно вся поверхность колосниковой решётки покрывается слоем топлива 5 высотой в 40—50 мм. Включаются газ и воздух 6. Горючая смесь, выходящая из горелки, поджигается; на горелку забрасывается 6—10 лопат угля. Уголь разжигается. По мере прогрева

и поджога топлива подача газа постепенно сокращается, а затем и прекращается и увеличивается подвод воздуха; горелка начинает работать как раздувающее устройство открытого горна. Когда розжиг первого костра угля закончен, горелку-лопату переносят на другое место поверхности колосниковой решётки и операцию повторяют, а образовавшийся очаг горящего топлива разваливают и засыпают тонким слоем свежего угля. Получив 3—5 очагов горящего угля, горелку удаляют, после чего дальнейшая растопка ведётся обычным способом. Общая продолжительность образования 3—5 очагов в зависимости от качества топлива составляет 30—40 мин.

Второй тип горелки представляет собой обычную трубу диаметром 1,5—2", один конец которой соединяется с гибким шлангом, а другой оставляется открытым. Воздух к трубе-горелке не подводится, горение газа осуществляется за счёт внешнего воздуха.



Фиг. 27. Горелка-лопата

Фиг. 27а. Принципиальная схема растопки паровозов при помощи трубы-горелки

Принципиальная схема растопки паровоза при помощи трубы горелки показана на фиг. 27а. Розжиг и последовательность операций здесь несколько иные: после засыпки колосниковой решётки 1 слоем угля 2 высотой 40—60 мм труба-горелка 3 подводится через зольник или его боковые щели под колосниковую решётку и устанавливается в стороне, обращённой к арке топki. Газ поджигается, топливо прогревается и поджигается пламенем, выходящим из трубы горелки и проникающим через отверстия колосниковой решётки и щели, имеющиеся между её плитами. По мере поджога топлива горелка перемещается к стороне шуровочного отверстия. В целях ускорения процесса целесообразно вести розжиг двумя горелками, подведёнными от генератора с двух сторон решётки. Продолжительность розжига топлива по всей площади решётки нормально составляет 15—20 мин.

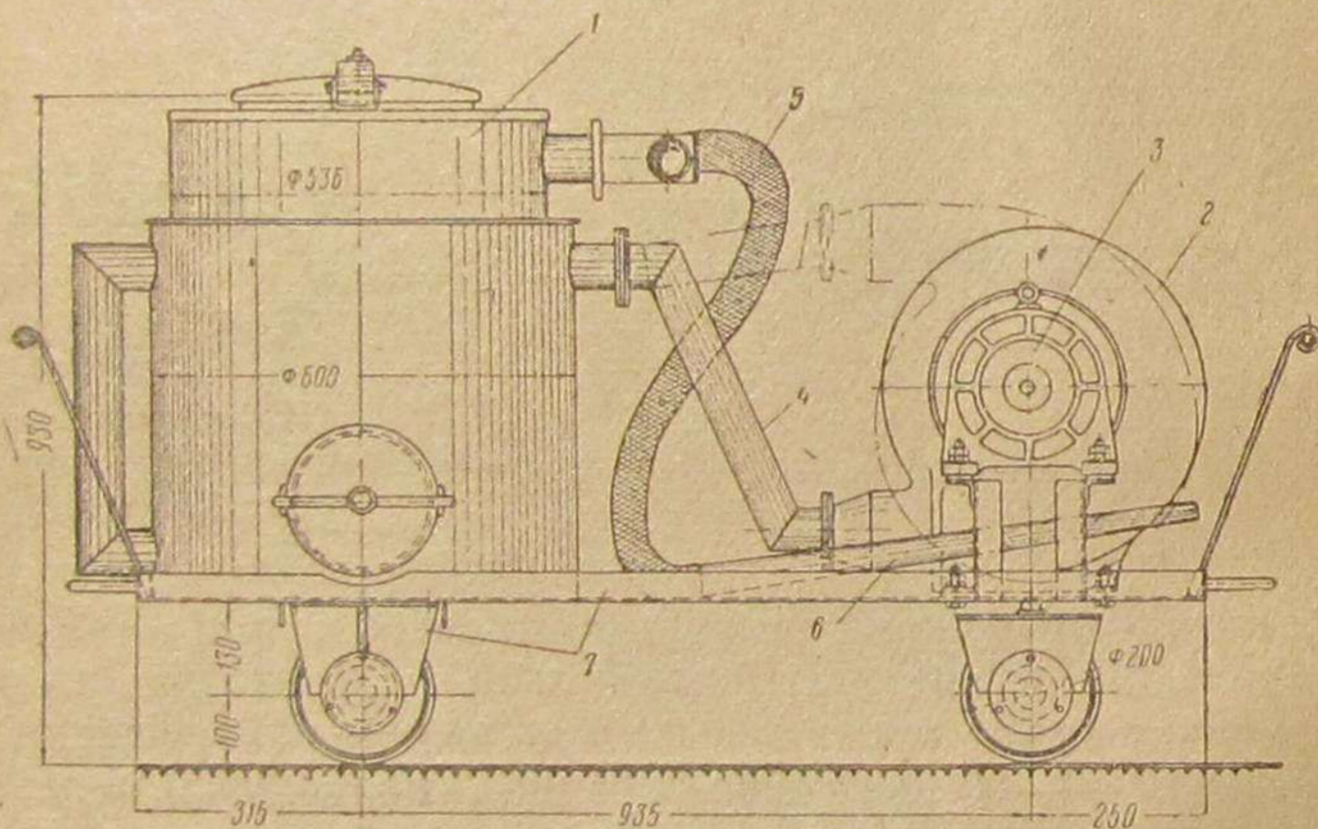
Розжиг при помощи трубы-горелки следует признать более рациональным благодаря меньшей его продолжительности, простоте конструкции горелки, отсутствию подвода к ней воздуха и удобству в обслуживании.

В целях достаточно гибкого обслуживания растопки паровозов

генераторным газом газогенераторная установка монтируется на ручной тележке (фиг. 28).

Газогенераторная установка имеет следующие технические характеристики:

Тип газогенератора	T-27
Расчётное топливо—антрацит марок АЗ, АС, АМ, АК, шлакоотсев, кусковой каменный и бурый уголь.	
Производительность по газу	до 120 $\text{нм}^3/\text{ч}$
Расход топлива по антрациту	25 $\text{кг}/\text{ч}$
Теплотворная способность газа (расчётная, низшая)	1 150 $\text{ккал}/\text{нм}^3$
Вентилятор высокого или среднего давления.	
Вес газогенератора	110 кг
Продолжительность работы газогенератора между загрузками топлива (минимум)	30 мин.
Общий вес всей установки с тележкой и запасом топлива	370 кг
Стоимость изготовления и монтажа всей установки	1 000—1 500 руб.



Фиг. 28. Газогенераторная установка, смонтированная на ручной тележке:

1—газогенератор, 2—вентилятор, 3—электромотор, 4—воздухопровод, 5—гибкий шланг, 6—труба-горелка, 7—тележка

Описанные способы заправки паровозов проверены в сравнительно длительной эксплуатационной работе. Выяснились весьма серьезные эксплуатационно-экономические преимущества растопки паровозов газом, которые характеризуются улучшением технологии, снижением стоимости растопки и резким сокращением простоя паровозов под растопкой.

Целесообразность широкого введения газовой растопки паровозов подтверждается не только сокращением простоя паровозов, уменьшением расхода дров и облегчением труда кочегаров, но и общим удешевлением растопки. Выявлено, что стоимость топлива,

расходуемого на одну растопку (с учётом подготовки газогенератора), равна 1 р. 97 к.; стоимость электроэнергии, расходуемой на одну заправку, — 21 коп.

Считая равными эксплуатационные затраты на обслуживающий персонал при газовой и существующей растопке, получим общую стоимость газовой растопки одного паровоза в сумме 2 р. 45 к.

Стоимость растопки одного паровоза дровами при цене дров в 24 руб. за 1 м^3 и нормальном расходе их составит: для паровозов серии ФД 24 руб., для паровозов других серий 19 р. 20 к.

Испытания в депо Москва-сортировочная показали, что общая продолжительность газовой растопки паровозов серии СО с доведением давления до 4,5—6 ат колебалась от 2 час. 55 мин. до 4 час. Средняя фактическая продолжительность обычной заправки паровозов серии СО в этом депо зимой 1945/46 г. составляла 8 час. По данным дороги, стоимость простоя паровоза оценивается в 7 р. 94 к. в час, следовательно, сокращение простоя одного паровоза на 4 часа уменьшает расходы на 31 р. 76 к. (без учёта повышения расхода топлива при длительном розжиге паровоза).

Предложенный способ растопки паровозов после длительных эксплуатационных испытаний, проведенных в депо Москва-Курская I, в январе 1947 г. был рассмотрен Научно-техническим советом МПС, одобрен им и рекомендован к широкому применению.

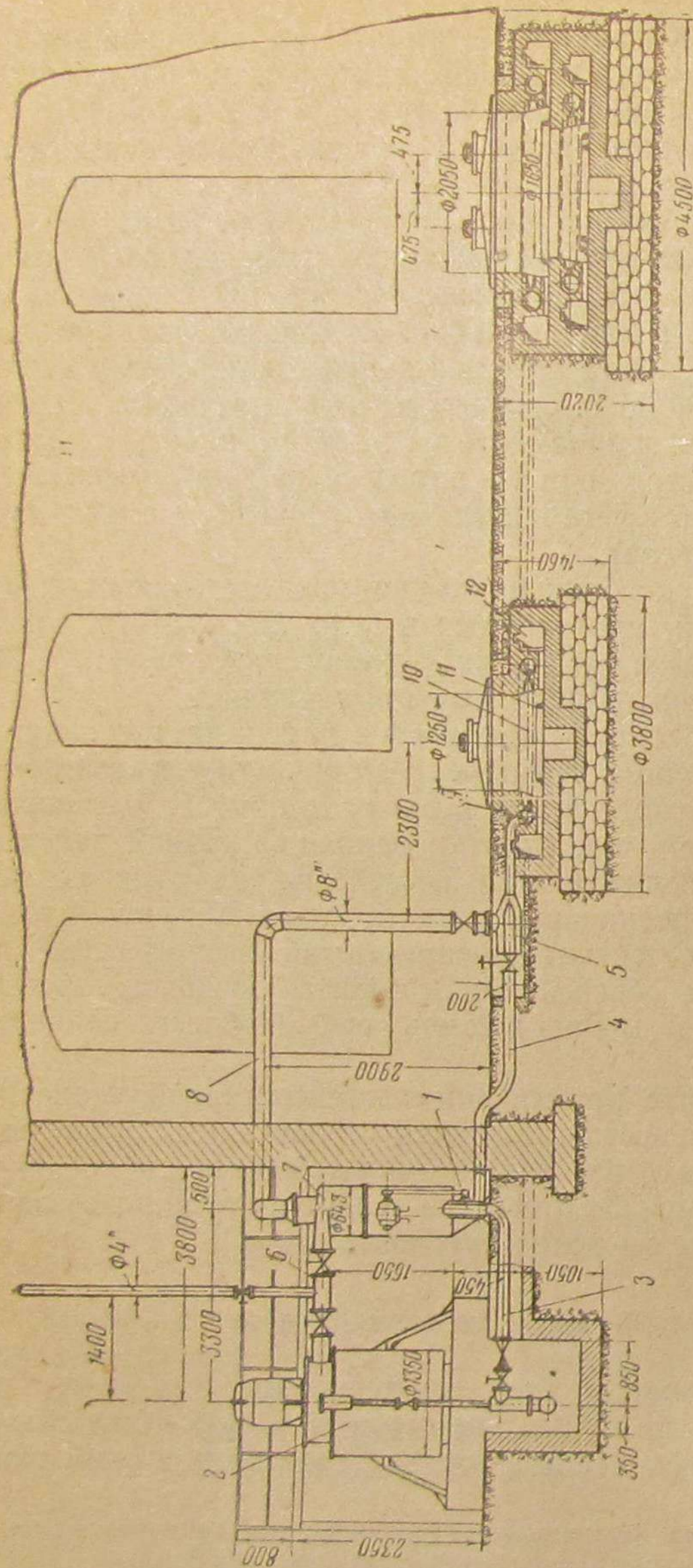
В области дальнейшего сокращения простоя паровозов под заправкой далеко не полностью использованы все возможности, которые появляются в связи с переходом на газовую растопку. В частности, если газогенераторная установка, смонтированная на ручной тележке (фиг. 28), по своей производительности рассчитана только на розжиг угля, заброшенного на колосниковую решётку, то более мощная газогенераторная установка обеспечит одновременный розжиг угля на колосниковой решётке и обогрев топки и котла мощным газовым факелом, вследствие чего можно достичь ещё большего сокращения времени растопки.

Схема растопки в случае применения газогенераторной установки повышенной производительности отличается от описанных выше тем, что в дополнение к горелкам, которыми подводится газ под колосниковую решётку, через шуровочное отверстие вводятся горелки, создающие мощный газовый факел в топке паровоза.

5. Бандажный горн с газогенератором

Первый газовый бандажный горн на транспорте был построен в 1936 г. в Батайских колёсных мастерских Северо-Кавказской ж. д.¹ С тех пор газовые бандажные горны с газогенераторами типа

¹ Работа была выполнена Научно-исследовательским сектором Ростовского-н/Д института инженеров железнодорожного транспорта. Автор проекта горна инж. Бельский В. И., автор газогенераторной установки к горну инж. Фурьянский Н. А. в дальнейшем газогенератор был усовершенствован инж. Малкиным С. А.



Фиг. 29. Бандажный горн

Т-24 нашли повсеместное распространение на дорогах и заводах Министерства путей сообщения.

Горны предназначаются для нагрева вагонных и паровозных бандажей перед съёмом или одеванием их на колёсный центр. Существуют индивидуальные горны, рассчитанные на серию колёсных пар близких размеров, и универсальные двухэтажные горны, в нижней части которых прогреваются бандажи малого диаметра, а в верхней — большого диаметра.

Двухэтажный горн представляет собой простое дублирование конструкций одноэтажного горна.

Общий вид расположения газогенераторной установки с бандажным горном представлен на фиг. 29.

Воздушное дутьё от вентилятора 1 поступает в газогенератор 2 по трубе 3 и по трубе 4 в смеситель 5 газа с воздухом. Из газогенератора под вентиляторным давлением газ поступает по газопроводу 6 в циклон-очиститель 7 и далее по трубопроводу 8 в смеситель 5, где

и происходит перемешивание воздуха с газом. Горючая смесь поступает в кольцевой газопровод 9 с равномерно размещёнными фурмами для подачи газо-воздушной смеси в цилиндрическую камеру 10, куда спускается бандаж или колёсная пара. Фурмы, число которых зависит от диаметра бандажного горна (расстояния между осями фурм принимаются 200—350 мм*), представляют собой трубки длиной 70—80 мм и диаметром $\frac{3}{4}$ " , вваренные в кольцевой газопровод 9. Бандажи и колёсные пары устанавливаются на опору 11, в качестве которой используется любой старый бандаж соответствующего диаметра. Продукты сгорания отсасываются в кольцевой бор 12.

Расчётные характеристики для бандажных горнов приводятся в табл. 17.

Таблица 17

Характеристики	Тип горна	
	Одноэтажный	Двухэтажный
Продолжительность операции нагрева в мин.	15	15
Температура нагрева бандажа в °С	320	320
Количество горелок в камере 1-го этажа	12—18	16—20
Количество горелок в камере 2-го этажа	—	20—24
Расход генераторного газа в $\text{м}^3/\text{ч}$ в камере 1-го этажа	220	300—320
То же, в камере 2-го этажа	—	400—420
Расход воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}$ в камере 1-го этажа	200	300—320
То же, в камере 2-го этажа	—	400—420
Давление газа перед смесителем в мм вод. ст.	40—60	40—60
Давление воздуха перед смесителем в мм вод. ст.	60—100	60—100
Производительность газовытяжного вентилятора или количество смеси воздуха и продуктов сгорания, отсасываемых из горна, в $\text{м}^3/\text{ч}$ (при $t^\circ = 300^\circ \text{C}$)	3400	—

Приведённая характеристика бандажных горнов подтверждена длительной эксплуатацией их во многих пунктах Союза.

Обслуживание газостанций при обеспечении их соответствующим топливом не вызывает затруднений и легко осваивается персоналом.

Иллюстрацией хорошей работы газовых бандажных горнов является отсутствие каких-либо серьёзных неполадок в эксплуатации более чем 50 установок за 10 лет. В пунктах, где наряду с газовыми имеются нефтяные горны, обслуживающий персонал предпочитает пользоваться первыми.

Несмотря на достаточно хорошее освоение газовых бандажных горнов и генераторов к ним, работа этих установок не всегда безопасна. На Орджоникидзевском вагоноремонтном заводе в 1945 г. наблюдались случаи воспламенения газа непосредственно в смесителе, вследствие

* Увеличение числа фурм при соответствующем уменьшении диаметра обеспечивает более равномерный нагрев бандажа. Наиболее равномерный нагрев можно было бы обеспечить сплошной щелевой горелкой, охватывающей весь бандаж.

чего возникали хлопки в газопроводах. Следует помнить, что при некотором сочетании горючих составляющих—газа и воздуха—газовоздушная смесь может быть взрывоопасной. Основной причиной сгорания газа в смесителе является проникновение пламени из горна в газо-воздушный трубопровод и далее в смеситель. Возникновение потока пламени по направлению, противоположному движению газа, объясняется неисправностью кольцевого газопровода (трещины по газопроводу или надломы фурм в местах их приварки).

В исправном кольцевом газопроводе горючая смесь выходит через фурмы и воспламеняется на выходе в горн. В этом случае воспламенение газа в кольцевом газопроводе исключается ввиду охлаждающего воздействия фурм. Если же в кольцевом газопроводе имеются трещины или щели по месту сварки фурм, то горючая смесь может воспламениться, вследствие чего появится горение в смесителе. Генераторный газ при содержании в нём кислорода примерно до 3% не воспламеняется, следовательно, в этом случае горение газа ограничивается смесителем; если же генераторный газ содержит повышенное количество кислорода, то может произойти сгорание газа в газопроводе, очистителе и генераторе. Скорость сгорания зависит от соотношения между горючими элементами газа и кислородом. При некотором сочетании этих составляющих смесь может быть взрывоопасной. Учитывая сказанное, обслуживающему персоналу необходимо внимательно следить за газопроводом и горном и всегда поддерживать их в исправном состоянии. Необходимо также на поворотах и отрезках основного газопровода и около смесителя предусматривать установку взрывных предохранительных шайб, которые выполняются в виде фланцев с глухой железной прокладкой толщиной в 0,1 мм.

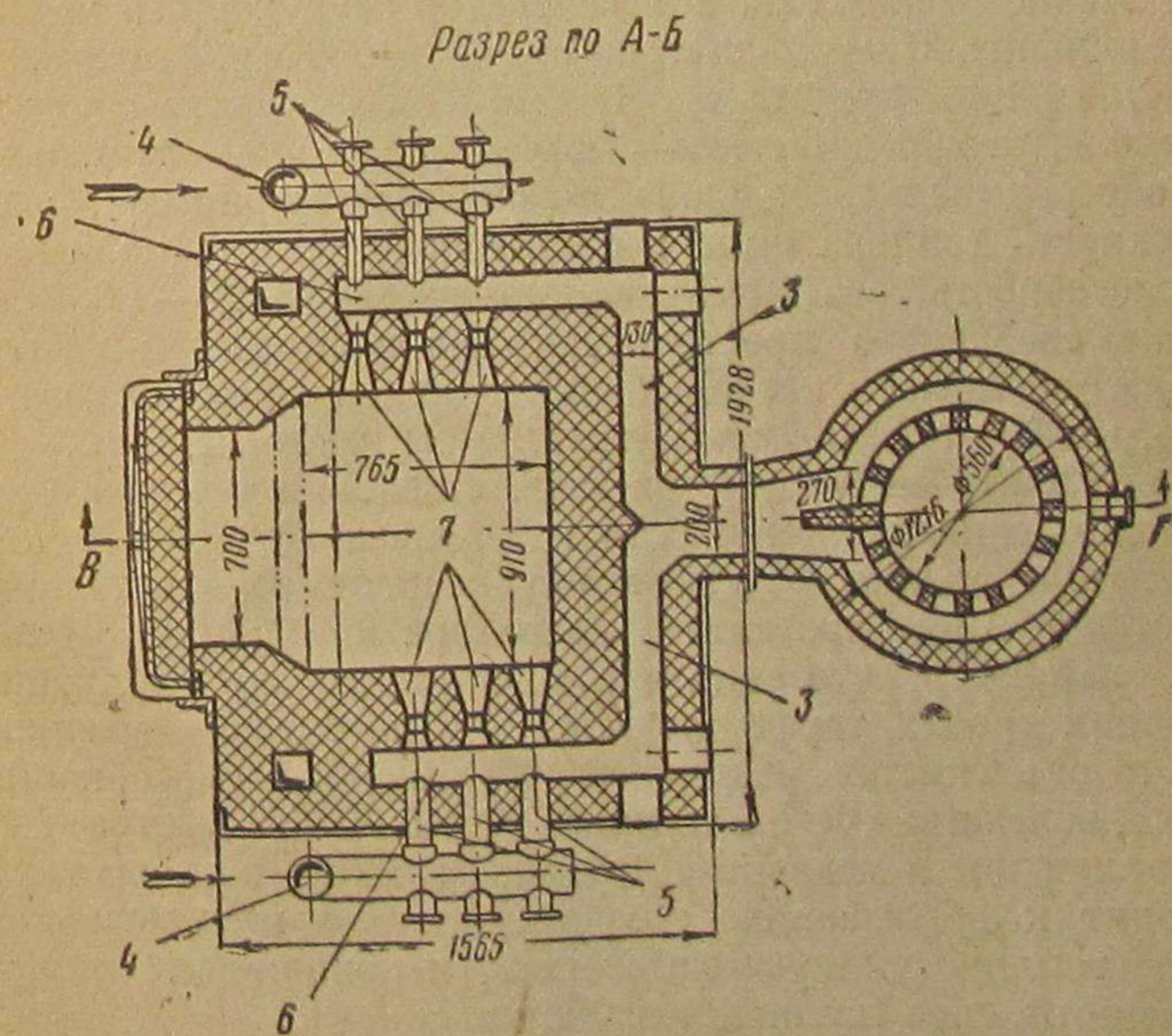
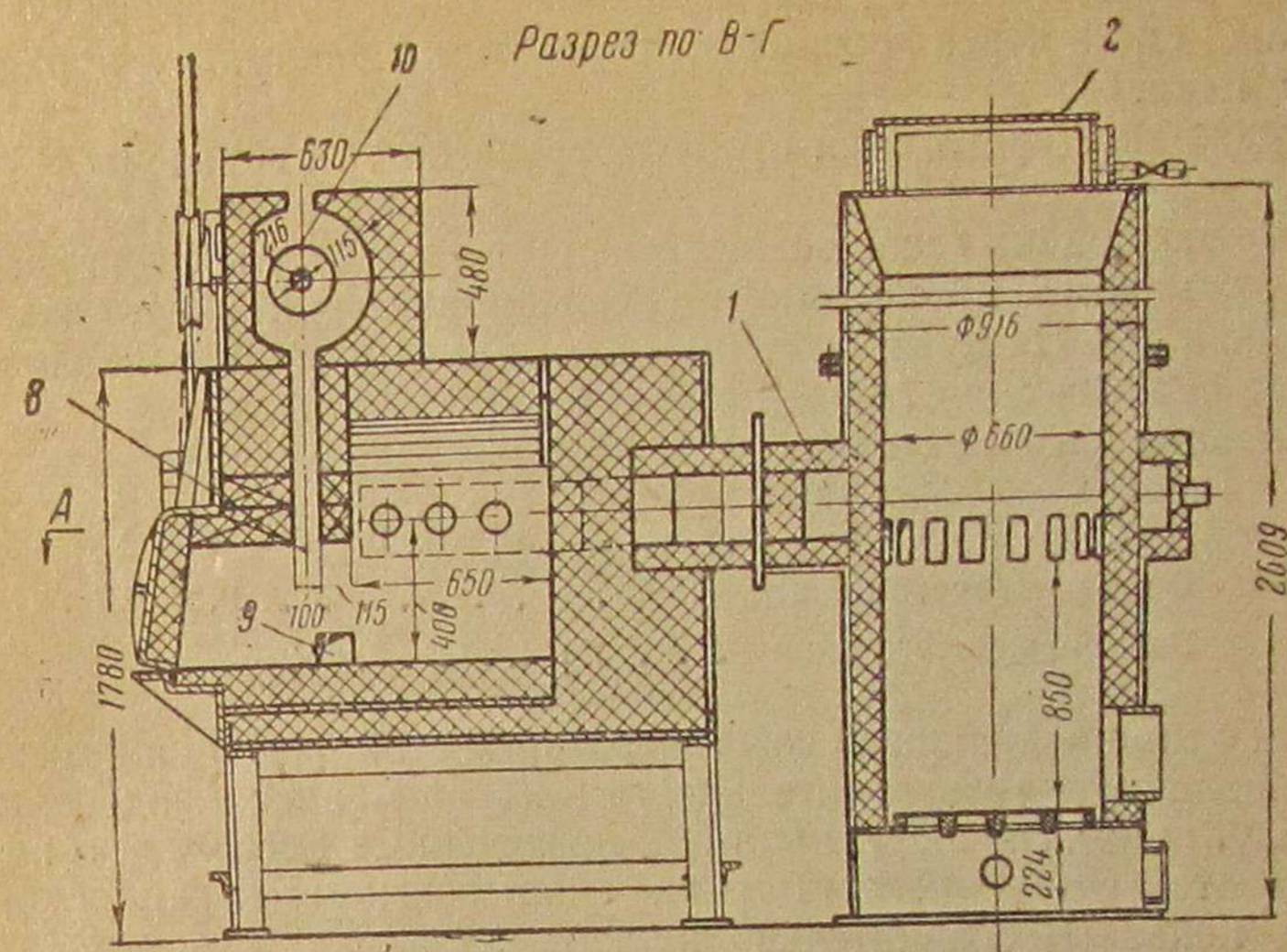
6. Производственные печи

На фиг. 30 представлена кузнечная печь с индивидуальным газогенератором. Газогенератор типа Т-22 соединён с печью футерованным патрубком 1 длиной 212 мм.

Газогенератор прямого процесса предназначен для газификации дров, древесных отходов, бурых углей или смеси этих топлив. В генераторе можно газифицировать также и антрацит, но для этого желательно увлажнять воздушное дутьё.

Высота газогенератора от колосниковой решётки до газоотводящих окон составляет 850 мм, общая строительная высота до загрузочного люка 2 609 мм. Газогенератор для дров оборудуется неподвижной колосниковой решёткой, а в случае использования смеси дров и бурого угля или только угля — подвижной колосниковой решёткой встряхивающего типа. Герметическое закрытие верхнего загрузочного люка 2 обеспечивается гидравлическим затвором. Внутренняя часть генератора футеруется огнеупорным кирпичом.

Из генератора газ поступает в газовые каналы 3, подведённые с двух сторон к рабочей камере печи.



Фиг. 30. Кузнечная печь с индивидуальным газогенератором

Воздух подаётся по трубам 4 и через отростки 5 поступает в каналы 6, где осуществляется перемешивание рабочей смеси; далее газозвоздушная смесь через горелочные отверстия 7 поступает в рабочую камеру печи.

На каждой стороне печи предусмотрено по три горелочных отверстия.

Отбор отходящих газов осуществлён у верхней пяты свода рабочего окна через канал 8, проходящий по всей ширине печи, и через два боковых канала 9. На пути движения отходящих газов устанавливается воздухоподогреватель 10.

Основные размеры печи:

Площадь пода $0,91 \times 0,765 = 0,7 \text{ м}^2$

Объём рабочего пространства $0,5 \text{ м}^3$

Размер рабочего окна $0,7 \times 0,375 \text{ м}$

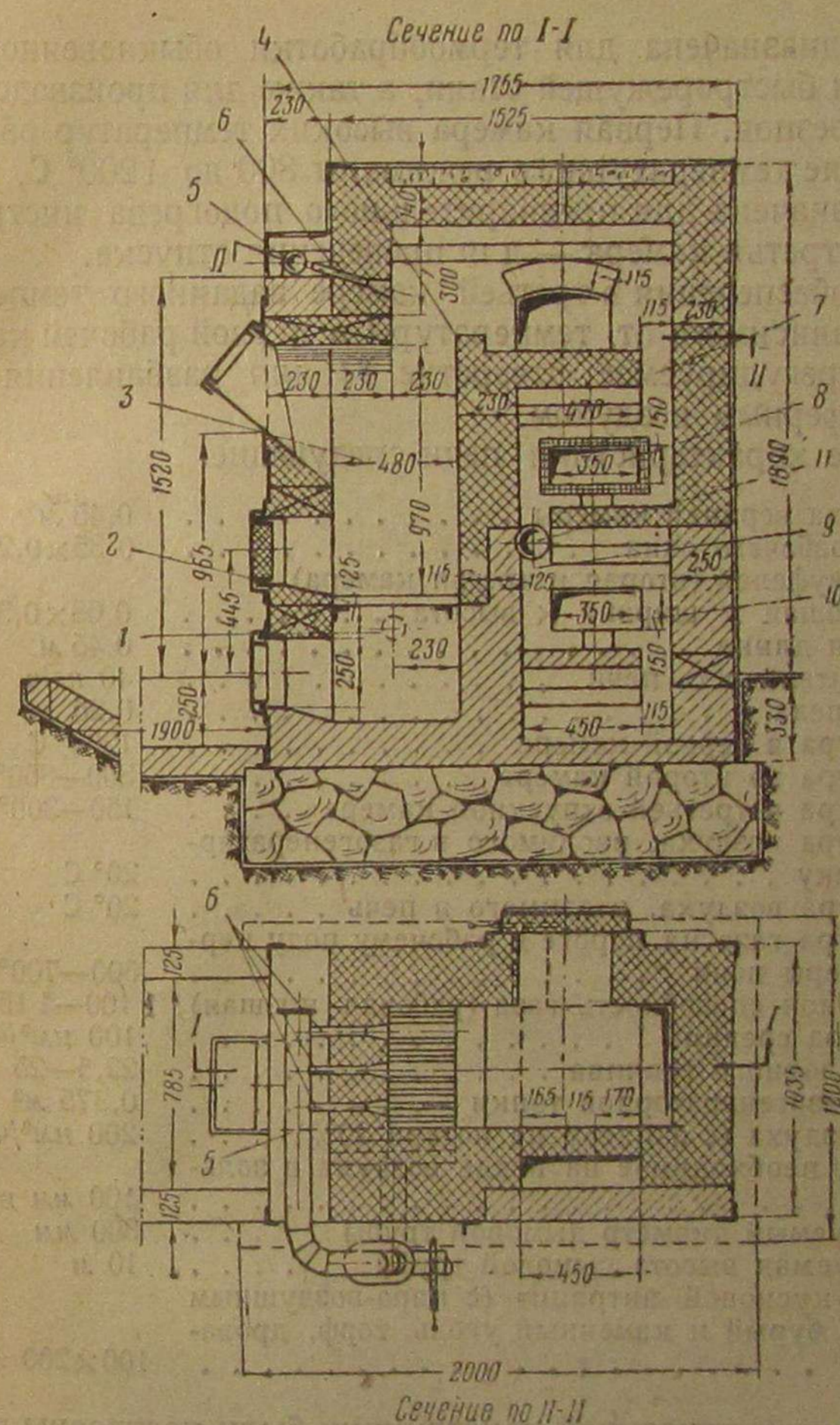
Печи с индивидуальным газогенератором этой конструкции строятся на различную производительность и хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации. Однако испытания, проведённые Всесоюзным научно-исследовательским институтом на Лианозовском вагоноремонтном заводе, показали сравнительно низкую экономичность этих печей, что объяснялось неудовлетворительным техническим обслуживанием и пренебрежением к предварительной подготовке топлива. В частности, на Лианозовском заводе в генератор загружались неразделанные дрова длиной 500 мм, диаметром от 200 до 500 мм. Естественно, что при диаметре газогенератора в 660 мм в его шахту одновременно можно было загрузить не более 2—3 поленьев (по диаметру). Между поленьями образовывались большие свободные пространства, реакционная поверхность топлива была недостаточна, вследствие чего тепловорная способность газа редко поднималась выше 800—1 000 кал/м³. Заполнение свободного пространства между поленьями опилками или мелким углём хотя несколько и улучшало качество газа, но не настолько, чтобы этот приём можно было бы рекомендовать.

Заметного повышения качества газа, снижения удельного расхода топлива, повышения экономичности и улучшения всех теплотехнических показателей можно достигнуть улучшением предварительной топливоподготовки и эксплуатацией генератора на однородном топливе. Известно, например, что один и тот же газогенератор лучше работает на одних дровах, торфе или угле, чем на смесях перечисленных топлив. Это объясняется различием реакционных способностей разных топлив, вследствие чего в топливной смеси будут быстрее выгорать одни составляющие и медленнее другие. Различие в скоростях сгорания приводит к образованию золовых каналов или мешков в тех местах, где топливо уже успело сгореть, и появляется возможность возникновения в слое топлива воздушных свищей.

В генераторах указанной конструкции рекомендуется применять бурый уголь с размером кусков от 30 до 70 мм, кусковой торф или дрова-швырок размером не более 100 × 200 мм.

На фиг. 31 показана одна из типовых конструкций производственных печей с газогенераторной топкой, разработанная и рекомендуемая ЦНИИ.

Печь совместно с газогенератором представляет единую конструкцию. Воздух от вентилятора подаётся в зольник 1, пронизывает непо-



Фиг. 31. Инструментальная печь конструкции ЦНИИ с газогенераторной топкой

движную колосниковую решётку 2 и поступает в рабочую шахту газогенераторной топки 3. Генераторный газ, поднимаясь вверх, у порога 4 рабочей камеры печи встречается с потоком воздуха, который подаётся от вентилятора по трубе 5, и равномерно распре-

ляется по ширине печи тремя отростками-фурмами 6. На пороге пода печи происходит перемешивание газа с воздухом и сгорание топливовоздушной смеси. Газ омывает под печи и опускается по каналу 7 во вторую камеру, где расположен футерованный муфель 8, и далее по каналу 9 в третью камеру, где омывает железный или футерованный муфель 10, откуда отработавший газ направляется в боров.

Печь предназначена для термообработки обыкновенной инструментальной и быстрорежущей стали, а также для производства работ по наварке резцов. Первая камера высоких температур обеспечивает регулирование температурного режима от 800 до 1200° С, вторая камера предназначена для предварительного подогрева инструментальной стали и третья камера — для проведения отпуска.

В целях обеспечения в третьей камере заданного температурного режима, независимого от температуры в первой рабочей камере, предусмотрено регулируемое отверстие 11 для разбавления дымовых газов атмосферным воздухом.

Расчётные характеристики печи следующие:

Длина пода верхней камеры	0,45 м
Размеры рабочего окна	0,35×0,225 м
Размеры муфелей (вторая и третья камера)	
длина общая × ширина × высота	0,68×0,35×0,15 м
полезная длина	0,45 м
Производительность печи	40 кг/ч
Площадь пода	0,26 м ²
Температура в первой камере	1200° С
Температура во второй камере	800—860° С
Температура в третьей отпускной камере	150—300° С
Температура воздуха, вводимого в газогенераторную топку	20° С
Температура воздуха, вводимого в печь	20° С
Температура газа на пороге к рабочему поду первой камеры печи	600—700° С
Теплотворная способность газа (рабочая низшая)	1100—1150 кал/нм ³
Расход газа средний	100 нм ³ /ч
Расход условного топлива	22,5—25 кг/ч
Сечение газогенераторной топки	0,375 м ²
Расход воздуха (с запасом на потери 20%)	200 нм ³ /ч
Давление, необходимое на вводе воздуха в зольник	100 мм вод. ст.
Рекомендуемый диаметр дымовой трубы	300 мм
Рекомендуемая высота дымовой трубы	10 м
Топливо—кусковой антрацит (с паро-воздушным дутьём), бурый и каменный уголь, торф, дрова-швырок	100×200 мм

В 1945 г. печи описанной конструкции были построены в нескольких пунктах дорог Союза. Испытания, проведённые на бурых углях, сортированном и рядовом антраците (АЗ, АС, АРШ), показали удовлетворительное качество конструкций и пригодность их к повсеместному применению.

Следует, однако, отметить, что в случае работы на непресеянном мелком топливе целесообразно глубину рабочей шахты газогенера-

торной топки уменьшить с 970 мм до 500—650 мм в зависимости от крупности топлива.

Основные результаты эксплуатационных испытаний инструментальной печи следующие.

1. Коэффициент избытка воздуха в печи легко поддерживался в пределах 1,08 — 1,13 при содержании СО в дымовых газах, близком или равном нулю. Таким образом, практически с дымовыми газами отсутствовали потери от химической неполноты сгорания.

2. Печь может значительно превысить расчётную производительность, а следовательно, снизить удельный расход топлива.

3. Продолжительность нагрева заготовок диаметром 100—110 мм составила 40—55 мин. (рекомендуемая скорость прогрева заготовок диаметром 100 мм — 42 мин.).

4. Температура в рабочей камере устойчиво выдерживалась в пределах 1200° С.

5. Удельный расход условного топлива в среднем изменялся от 445 до 475 кг топлива на 1 т металла в час.

В испытаниях применялись низкосортные заштыбленные топлива, для которых живое сечение колосниковой решётки и свободное расстояние между колосниками необходимо уменьшить. Сокращение живого сечения решётки значительно понизило бы потери топлива с провалом. В этом случае удельный расход топлива легко довести до 330 кг на 1 т металла в час.

6. Печь допускает гибкую регулировку и устойчивое сохранение назначенного теплового режима.

7. Предварительная сортировка топлива облегчает обслуживание; наоборот, сжигание АРШ связано с повышением затрат времени и сил на шуровку и борьбу со шлакованием.

Эксплуатационными испытаниями установлено, что в отдельных узлах конструкция печи может быть улучшена. В частности, рекомендуется убрать приемок зольника газогенератора, одновременно уменьшив высоту шахты генератора на 250—350 мм, увеличить с 3 до 5 количество сопел, подающих воздух в рабочую камеру (сопла следует расплющить в горизонтальной плоскости), муфель третьей камеры целесообразно футеровать, своды над шуровочными и зольниковыми дверками можно выполнять прямыми.

VII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

1. Общие положения

Эксплуатация газогенераторных установок, обслуживающих электростанции, должна производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электростанций, оборудованных двигателями внутреннего сгорания»; эксплуатация других газогенераторных установок — в соответствии с действующими правилами для газогенераторных станций и правилами техники безопасности.

После монтажа или капитального ремонта осматриваются все основные элементы газостанции: газогенераторы, скрубберы, сухие

очистители, ресиверы, смолоулавливатели, газопроводы, задвижки. Опрессовка агрегатов воздухом ведётся на давление, равное двойному рабочему разрежению. Проверяемые сварные швы, соединения, фланцы и пр. промазываются раствором мыла. В процессе освидетельствования и приёмки оборудования вентиляторы и насосы проверяются на производительность и напор, одновременно проверяется исправность устройства топливоподачи, гидравлических затворов, клапанов и пр.

В процессе эксплуатации при каждой сдаче-приёмке смены необходимо производить наружный осмотр установки. Периодичность общих профилактических осмотров разрабатывается и утверждается руководителем предприятия, в ведении которого находится газогенераторная установка. Текущий профилактический ремонт газогенераторов, газовой арматуры и вентиляции должен производиться не реже одного раза в квартал после примерно 2 000 час. работы; сухих очистителей, скрубберов, газовых горшков, газопроводов, водоснабжения — не реже одного раза в год; насосов, контрольно-измерительной аппаратуры — не реже одного раза в месяц.

На основании осмотров установки и в соответствии с результатами наблюдения за эксплуатацией устанавливаются сроки капитального ремонта.

Осмотром всех элементов установки должны быть определены состояние футеровки и обмуровки газогенераторов, кожухов очистителей, плотность заделки люков и крышек, чистота поверхности уплотняющих пазов, плотность фланцевых соединений и других мест, через которые может подсасываться воздух в газовую систему или выливаться газ в помещение.

В газогенераторной необходимо иметь исправный инструмент: шуровочные штанги, противопожарный инструмент, переносные электрические лампочки и др. Смотровые приспособления газогенераторов-очистителей, насосов, вентиляторов и других элементов (люки, лазы) должны быть всегда свободны от посторонних предметов и удобны в обслуживании. Гидравлические затворы, сливные и дренажные трубы должны поддерживаться в чистоте. Предохранительные устройства необходимо периодически очищать от грязи и наноса, обычно откладывающихся на поворотах, в местах установки предохранительных клапанов и взрывных шайб. Арматура должна легко открываться и закрываться, а штоки задвижек и вентилей следует периодически смазывать.

2. Подготовка установки к пуску

Перед розжигом газогенератора необходимо осмотреть всю установку, предварительно следует провентилировать газогенератор, очистители и газопровод, что осуществляется включением вентилятора или открытием крышек и задвижек генератора, зольника и очистителей. После того как установлено, что обмуровка, загрузочная крышка, зольниковый люк, фурмы, смотровые и шуровочные люки и колосниковая

решётка газогенератора исправны, производится осмотр других элементов установки (плотность крышек очистителей, состояние наружных обечаек всей аппаратуры, наличие воды в системе, отсутствие грязи в гидравлических затворах, исправность дренажных устройств).

После внешнего осмотра целесообразно проверить всю установку на плотность, для чего все люки и задвижки закрываются и включается вентиляторное дутьё. По местам возможных неплотностей проходят со свечой, наблюдая, не отклоняется ли пламя свечи. Проверку на плотность можно осуществить и другим способом; для этого в газогенераторе необходимо разжечь костёр из влажных дров, концев, камыша или соломы и, закрыв люки в генераторе, включить вентиляторное дутьё; неплотности будут обнаружены по выбиванию дыма.

3. Розжиг газогенератора и пуск в работу газогенераторной установки

Розжиг газогенераторов прямого и обратного процессов выполняется различными способами. Некоторые особенности имеются и при розжиге газогенераторов типа Т-24, у которых отсутствует колосниковая решётка. Розжиг газогенераторов прямого процесса (газогенераторы с колосниковой решёткой) выполняется следующим образом: на колосниковую решётку забрасывается шлак размером кусков 20—40 мм (размер кусков шлака выбирается несколько больше свободного расстояния между колосниками); шлаки образуют подушку высотой 20—40 мм; на шлаковую подушку забрасывают горящие концы и сверху засыпают щепу или мелкие дрова; при наличии по соседству действующей печи или топки шлаковую подушку можно засыпать раскалённым углём; при открытой зольниковой дверце и верхней крышке генератора ожидают, пока загруженное топливо хорошо разожжётся (3—5 мин.), после чего засыпают небольшую порцию свежего угля; выждав, пока и это топливо воспламенится, засыпают новую порцию угля и включают вентиляторное дутьё. В газогенераторах, работающих на паро-воздушной смеси, в начальный период розжига подают воду в паро-водяную рубашку с тем, чтобы в момент включения вентилятора уже можно было бы увлажнять дутьё. Для того чтобы обеспечить быстрое нагревание воды, вначале в паро-водяную рубашку подают $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ нормального объёма воды с тем, чтобы по мере её нагревания постепенно уровень довести до контрольного краника. Необходимо помнить, что включение неувлажнённого воздушного дутья при подаче воздуха в большом количестве и в случае работы на углях с невысокой температурой плавления золы может привести к шлакованию, повторному розжигу или создать затруднения в нормальной эксплуатации.

Включив вентиляторное дутьё, дальнейший розжиг ведут при закрытой зольниковой дверце и открытой загрузочной крышке. Розжиг с открытой загрузочной крышкой можно допустить в случае, если генератор находится на открытой площадке; если же генератор смонтирован в помещении, то все описанные выше операции выполняются

через свечу или газовыпускную трубу генератора с закрытой загрузочной крышкой.

По мере разогрева генератора постепенно повышают уровень топлива и воды, доводя их до нормально эксплуатационной высоты.

В период, когда генератор доводится до горячего состояния, подачу воздуха регулируют так, чтобы получить устойчивый горючий газ. Качество газа и устойчивость его горения проверяются на газопробном кранике. Если выходящий из краника газ горит фиолетовым факелом с оранжевым оттенком, качество его следует считать удовлетворительным. При неудовлетворительном прогреве слоя топлива, когда газогенератор идёт «холодным ходом», газ будет гореть жёлтым пламенем.

По получении надлежащего качества газа открывают задвижки газопровода, закрывают свечу и подают газ к потребителю.

В случае если газогенератор обслуживает двигатель внутреннего сгорания, перед пуском двигателя, убедившись, что газоподводящая система продута газом, который выходит у патрубка смесителя, выключают вентиляторное дутьё и пускают двигатель. В целях плавного перехода генератора на требуемый двигателем режим газификации рекомендуется, запустив двигатель на газе, увеличивать обороты последнего лишь постепенно, не допуская вначале больших оборотов.

Общая продолжительность розжига газогенератора типа Т20-1, Т20-2 производительностью до 100 нм^3 газа в час не превышает 30 мин. Опытный обслуживающий персонал при надлежащей заблаговременной подготовке топлива сокращает продолжительность розжига до 20 мин., а иногда до 12—15 мин.

Розжиг генераторов прямого процесса, которые не имеют колосниковой решётки (тип Т-24), отличается от описанного следующим: в газогенераторах, не имеющих обычных колосниковых решёток, её роль выполняется шлаковой подушкой, которая поддерживает весь слой топлива и одновременно распределяет воздушное дутьё, подаваемое через дутьевую головку. Поэтому до розжига в шахту генератора необходимо загрузить крупный шлак, покрыв последним всю площадь над дутьевой головкой. Высота шлаковой подушки устанавливается в зависимости от диаметра генератора и дутьевой головки (100—200 мм); дальнейшая последовательность операций не отличается от описанной выше.

Розжиг генераторов обратного процесса газификации производится несколько иначе.

Последовательность операций розжига генератора обратного процесса проследим на примере пуска газогенераторной установки Г-2 завода «Двигатель революции». На колосниковую решётку засыпается древесный уголь размером кусков 40—60 мм. Уголь предварительно освобождают от мелочи просеиванием. Загрузку угля в высокую шахту, какой является шахта генератора Г-2, ведут таким образом, чтобы уголь не раздробить и не превратить его в мелочь. Рекомендуется для загрузки древесного угля применять мешки или корзины, в которых топливо опускается в шахту, где и опрокидывается при помощи верёвки, привязанной к нижней части мешка или корзины. Высота слоя древес-

ного угля должна примерно равняться диаметру топливника. Далее осторожно забрасывают стружку, сухую щёпу, мелкие сухие дрова. Дрова или щепу смачивают нефтью или керосином.

При отсутствии на станции древесного угля на колосниковую решётку до уровня второго ряда фурм засыпается сухая щепка и дрова; в этом случае розжиг будет более продолжительным.

Сверх слоя древесной мелочи до половины высоты шахты загружают мелкие сухие дрова, чурки, швырок. Загрузку необходимо производить осторожно, равномерно укладывая дрова по сечению шахты, не допуская разрушения кирпичной кладки.

Далее открывают задвижку дымовытяжной трубы, нижнюю зольниковую растопочную дверцу и нижний ряд фурм. Через растопочную или зольниковую дверцу поджигают слой мелочи, пропитанной нефтью. Горение идёт на естественной тяге вытяжной трубы. После того как дрова на уровне нижнего ряда фурм хорошо разгорятся, растопочная или зольниковая дверца закрывается, а нижний ряд фурм и смотровые отверстия остаются открытыми. Когда плоскость активного горения поднимется, закрывают нижний ряд фурм, открывая следующий. Так поступают до тех пор, пока горение установится на уровне рабочего ряда фурм, а в нижней части накопится слой раскалённого древесного угля. Одновременно постепенно догружают сухие дрова до верха шахты, закрывают шибер вытяжной трубы и продолжают розжиг искусственным дутьём, заполняя газом всю очистительную аппаратуру и газопроводы. Когда проба газа у двигателя покажет, что газ удовлетворительного качества, выключают вентилятор и пускают двигатель. В случае, если горение газа у газопробного краника после выполнения всех описанных операций ещё не будет устойчивым, выключают вентилятор, открывают шиберную заслонку вытяжной трубы и вновь переводят розжиг на естественную тягу, добиваясь хорошего горения дров на уровне рабочего ряда фурм.

Затем операцию пуска повторяют. В период пуска двигателя на газе включают подачу воды на очистительную аппаратуру.

На сухих дровах продолжительность розжига генератора Г-2 составляет 3—5 час.

Во время розжига и нормальной работы генератора спускной вентиль вытяжной трубы остаётся открытым, конденсирующаяся влага спускается в ванну гидравлического затвора. Однако в начале розжига, когда генератор работает по прямому процессу газификации, в целях предохранения гидравлического затвора от конденсата, загрязнённого смолой, фенольными водами и другими примесями, его целесообразно собирать в отдельный сосуд.

Розжиг генератора после кратковременного простоя (8—12 час.) ведётся аналогично описанному способу, но первоначальный запал топлива производится факелом через фурмы и смотровые люки (в случае, если в шахте не сохранился раскалённый уголь). Розжиг ведётся через дымовытяжную трубу; продолжительность всех операций по подготовке и пуску ещё не охладившегося генератора сокращается до 1—1,5 часа.

4. Обслуживание газогенераторной установки в эксплуатации

В зависимости от производительности газогенераторной установки определяется и необходимость в специальном обслуживающем персонале. В частности, газостанции с газогенераторами Г-2, Т-24, механизированными и другими типами, вырабатывающими газ для двигателей мощностью 150—200 ЛС, а также обеспечивающие газом бандажные горны или группу печей, должны обслуживаться специальным персоналом, который непрерывно находится в газостанции, ведёт постоянное наблюдение и эксплуатацию всей установки.

Для газогенераторных установок, работающих совместно с двигателями мощностью до 100 ЛС, или для индивидуальных газогенераторов, смонтированных с одной-двумя печами, специального персонала не требуется. Обслуживание ведётся машинистом, помощником, кузнецом, молотобойцем или другими лицами, работающими у двигателя или печи.

Обслуживающий персонал должен обеспечить хорошее равномерное горение топлива по всему сечению генератора, не допускать застревания топлива в шахте газогенератора, наблюдать за равномерным сходом топлива и шлаков. Для выяснения равномерности горения топлива по сечению генератора иногда можно пользоваться следующим методом: пропустить длинную металлическую штангу в разные места шахты на одинаковую глубину и, вынув её через 2—3 мин., по цвету можно составить представление о температуре в разных точках. Однако опытный обслуживающий персонал легко обнаруживает неравномерное горение топлива, наблюдая через смотровые люки.

В случае неравномерного горения необходимо прошуровать газогенератор, встряхнуть решётку, а при наличии регулируемых фурм увеличить подачу воздуха в места слабого горения, уменьшив её в сечении активного горения.

В генераторах Г-2, в процессе работы на дровах высокой влажности (40—45%), рекомендуется периодически приоткрывать шибер вытяжной дымовой трубы (работа с «подготовкой»). В генераторах типа Т20-1 избыток влаги обычно конденсируется в специальном сборнике, расположенном в верхней части генератора. Однако если скорость конденсации недостаточна и генератор постепенно переходит к холодному ходу и качество газа снижается, можно несколько приоткрыть верхний люк генератора, и тем самым частично дать выход влаге в атмосферу. Следует, однако, иметь в виду, что работа с «подготовкой» увеличивает расход топлива, вследствие чего этот способ можно применять только в исключительных случаях.

В процессе эксплуатации необходимо:

1. Следить за постоянством температуры газа, выходящего из генератора; значительные отклонения температуры газа от паспортных величин указывают на нарушение режима.

2. Обеспечивать постоянное и нормальное питание водой газогенераторов, гидравлических затворов, скрубберов и пр. Уровень воды в паро-водяных рубашках генераторов прямого процесса поддер-

живается в соответствии со специально предусмотренным контрольным патрубком, причём наиболее целесообразно подавать воду в паро-водяную рубашку непрерывно в количестве, соответствующем испаряемому объёму. В целях автоматизации подачи воды в механизированных генераторах и в генераторах типа Т-24 предусмотрено специальное поплавковое устройство, которое обеспечивает постоянство уровня.

В генераторах типа Т20-1 ввиду их небольшой производительности автоматическое питание водой не предусмотрено. В этих конструкциях необходимо соответствующим образом регулировать подачу воды краном, вручную.

Питание водой скрубберов и очистителей должно производиться таким образом, чтобы перепад между температурой воды на входе и выходе из очистителей всегда находился в пределах, указанных в паспортных данных.

3. Постоянно контролировать разрежение (или соответственно давление) воздуха за вентилятором, газа за генератором, скруббером, очистителем и перед двигателем. Отклонение давлений от нормы, указанной для данной конструкции, свидетельствует о местном или общем загрязнении системы. По перепаду давлений, которое контролируется тягомерами, легко обнаружить участок наибольшего сопротивления, а следовательно, и установить тот агрегат (очиститель, скруббер, расширитель) или участок газопровода, который необходимо очистить или промыть.

4. Систематически, через заранее назначенные промежутки времени загружать топливо. В зависимости от конструкции газогенератора, свойств газифицируемого топлива и режима работы всей установки периодичность загрузок будет различной. Для газогенераторов Г-2 загрузка топлива должна производиться примерно через 30 мин., для генераторов Т-24 — через 45 мин., для Т20-2 — через 30—45 мин. и т. д.

В генераторах, оборудованных двойным затвором (верхняя крышка и колокол), необходимо загружать топливо при плотно закрытом колоколе; поступление топлива из бункера в рабочую шахту может контролироваться опусканием колокола на полный его ход. Если колокол упирается, следовательно, шахта наполнена топливом; в противном случае уровень топлива опустился ниже, что указывает на необходимость пополнения шахты.

Обязательными условиями нормальной и бесперебойной работы газогенераторных установок являются: постоянство подачи свежего топлива, своевременное и систематическое удаление золы и шлаков. Несоблюдение одного из перечисленных условий нарушает нормальный процесс. Отсутствие достаточного запаса свежего топлива в шахте генератора и загрузка его большими порциями через значительные промежутки времени вызывает колебания в качестве газа, нередко создавая перебои в работе; несвоевременное удаление золы и шлаков уменьшает высоту активной зоны газификации, увеличивает сопротивление генератора и может повлечь перераспределение воздуха, нарушив равномерный поток его по сечению шахты.

Шлакоудаление должно осуществляться не только через определённые промежутки времени, но и равномерно по всему сечению колосниковой решётки или шлаковой подушки. Неравномерное удаление золы и шлаков по сечению может привести к тепловому перекоосу и, следовательно, неравномерному прогоранию топлива. Чрезмерно частое удаление золы и шлаков также не рекомендуется, так как оголение колосниковой решётки или отсутствие шлаковой подушки приведёт к сходу горящего топлива на колосники или в водяной затвор, что может нарушить процесс, приведёт к прогару решётки или юбки генератора и увеличению удельного расхода топлива.

В случае работы нескольких газогенераторов в единую сеть (параллельная работа) необходимо правильно распределить нагрузку между генераторами. Контроль за распределением нагрузки ведётся по показаниям тягомеров, установленных за генераторами и очистительной аппаратурой, и по температуре газов за генераторами.

5. Остановка газогенератора

Для остановки генераторов, работающих под разрежением, необходимо: а) закрыть задвижку на газопроводе к двигателю; б) открыть задвижку или шибер на свече или дымовытяжной трубе; в) плотно закрыть фурмы, смотровые и шуровочные отверстия; г) прекратить подачу воды в генератор, скрубберы, очистители; д) постепенно, через несколько минут, закрыть шибер на свече или дымовытяжной трубе. По тягомеру убедиться, что давление в генераторе не возрастает. В противном случае снова открыть шибер, выпустить в атмосферу скопившийся газ и снова закрыть задвижку. Операцию необходимо повторять до тех пор, пока давление не перестанет подниматься.

В случае необходимости остановки газогенератора на ремонт или полную чистку необходимо проделать все перечисленные выше операции; после охлаждения топливо и зола выбираются. Сокращения времени полной разгрузки можно достигнуть за счёт сжигания всего топлива, остающегося в генераторе после его остановки. Для этой цели, отключив генератор от сети, ставят его на «прогар» (открывают дымовытяжную трубу, свечу и зольниковую дверцу). Газ выпускают в атмосферу.

Для остановки генераторов, работающих под давлением, рекомендуется соблюдать следующую очередность операций; а) выключить вентиляторное дутьё; б) закрыть задвижку на газопроводе между вентилятором и газогенератором; в) закрыть задвижку между генератором и потребителем; г) повторить операции по остановке генераторов, работающих под разрежением, перечисленные в пунктах «б» — «д».

Полная остановка газогенераторов, работающих на паро-воздушном дутье, производится следующим образом: уголь из загрузочной коробки высыпается в генератор, открывается свеча розжига, прекращается подача воздушного дутья, усиливается подача пара для гашения топлива (генератор от сети отключается), после охлаждения топливо выбирается.

6. Теплотехнический контроль и контрольно-измерительная аппаратура

Теплотехнический контроль за работой газогенераторных установок должен обеспечить своевременное выявление ненормальностей в работе станции, места или агрегата, где наблюдается отклонение от установленной нормы, и облегчить выявление причины, вызвавшей это отклонение. В зависимости от производительности газостанции объём и техника контроля, естественно, имеют свои особенности. В мощных промышленных газостанциях контролируется значительно большее количество рабочих элементов и узлов газостанции, а техника контроля и оснащение приборами отличаются сложностью и специфичностью. В газогенераторных установках средней и малой производительности обычно необходимо и достаточно контролировать следующие элементы: а) количество и влажность газифицируемого топлива; б) состав газа; в) температуру газа за генератором, скруббером, очистителем и перед потребителем; г) температуру паро-воздушной смеси (в генераторах с паро-воздушным дутьём); д) давление воздуха перед генератором (в генераторах, работающих под давлением); е) разрежение за генератором, скруббером, очистителем и перед потребителем; ж) температуру воды до и после мокрых скрубберов и очистителей.

В зависимости от производительности газогенераторной установки учёт расхода топлива производится между каждой сменой или за сутки (промежуточные электростанции, нагревательные устройства или другие потребители газа, работающие в одну смену). Учёт расхода угля и дров ведётся по весу, а в случае отсутствия соответствующего оборудования учёт расхода топлива ведётся по объёму, для чего необходимо заранее вывесить клеть, вагонетку или другие мерные ящики, в которых подаётся топливо к генератору.

Качество топлива устанавливается по анализу средней пробы каждой партии топлива, поступающей на склад газостанции. Среднюю пробу топлива необходимо отбирать в соответствии с инструкцией по отбору и разделке проб твёрдого топлива для электростанций, оборудованных газогенераторными установками. Вследствие решающего значения качества отбора средней пробы топлива на результат анализа и последующих выводов о пригодности топлива необходимо строго придерживаться указанных правил. Ввиду недостаточного знакомства обслуживающего персонала с действующими правилами отбора средних проб, приводим сокращённый текст инструкции.

Общие положения

§ 1. Оценка качества сжигаемого топлива производится путём анализа средней пробы, специально отобранной для этой цели и разделанной в лабораторную пробу. Средняя проба отбирается от топлива, поступающего на склад, и от расходуемого со склада на газогенераторную установку.

§ 2. Проба, отобранная от топлива, поступающего на склад, является контрольной и служит основанием для последующих расчётов с поставщиком топлива, а проба, отобранная от топлива, поступающего на сжигание

в газогенераторную установку, определяет экономичность работы последней. Поэтому на тщательность и строгое соблюдение правил отбора должно быть обращено особое внимание.

§ 3. Отбор пробы производится от каждой вновь поступившей на склад партии топлива. От каждого сорта и марки топлива отбирается и разделяется отдельная проба. Пробы отбираются непосредственно из транспортной тары, автомашины, вагонетки или из штабелей и куч (в последнем случае в срок не более суток с момента поступления топлива на склад).

§ 4. Отбор проб топлива, расходуемого со склада на газогенераторную установку, должен производиться непрерывно в течение всего периода работы установки в количествах, пропорциональных весу сжигаемого топлива, причём продолжительность периода накопления отдельных порций в среднюю пробу определяется размером установки и количеством потребляемого топлива и во всяком случае не должна превышать одной декады.

§ 5. Во время накопления средней пробы до разделки её в лабораторную должно быть обращено особое внимание на сохранение неизменной влажности топлива, почему отбираемые в пробу отдельные порции должны храниться в герметических металлических или деревянных, обитых изнутри железом ящиках с пропаянными швами и плотными крышками.

§ 6. При отборе проб необходимо брать всё попадающее топливо, не отбрасывая крупных кусков породы и мелочи. Отбираемая в среднюю пробу порция топлива должна характеризоваться тем же содержанием мелочи, что и топливо, поступающее на сжигание.

§ 7. Особо тщательно следует производить отбор проб от смесей, что необходимо для равномерного распределения в отбираемой пробе составляющих смеси.

§ 8. Периодически должен производиться отбор топлива, длительно хранящегося на складе, для наблюдения за изменением качества топлива.

Отбор средней пробы топлива из штабелей

Древесное топливо

§ 9. Отбор проб дров производится из штабеля путём деления его на отдельные части размером не более 6 м каждая. По лицевой стороне штабеля проводится диагональ, разбиваемая на шесть равных частей, причём поленья в количестве семи штук, отмеченные точками деления диагонали, отбираются в пробу. От каждого отобранного полена отпиливается на расстоянии $\frac{1}{3}$ его длины от торца отрез толщиной 30 мм. Последний очищается от коры и опилок и раскалывается пополам. Полученные таким образом отрезки составляют лабораторную пробу на влагу и складываются в герметическую металлическую банку.

§ 10. Чурки отбираются с каждой лицевой стороны штабеля и по средней линии его. Из каждого штабеля длиной 6 м отбирается 21 чурка. Чурки распиливаются пополам и от свежего торца отпиливается отрез толщиной 20 мм.

§ 11. Мелкие древесные отходы (рейки, обрезки) отбираются из разных мест и с различной высоты кучи в количестве не менее семи из каждой кучи. Рейки и обрезки распиливаются пополам, от свежего торца отпиливается отрез толщиной 20 мм. Собранные из одной или нескольких куч отрезки помещаются в герметическую или стеклянную банку, образуя лабораторную пробу на влагу.

Уголь

§ 12. На поверхности штабеля, включая и боковые грани, проводится ряд параллельных взаимно перпендикулярных линий с интервалами 1—2 м между ними. По углам образовавшихся квадратов перпендикулярно к по-

верхности выкапываются ямки глубиной не менее 0,5 м, из которых отбираются одна или несколько лопат или совков с таким расчётом, чтобы количество отобранного в пробу угля составляло не менее 0,1% от веса штабеля.

§ 13. Отобранная средняя проба подвергается дальнейшей обработке в соответствии с изложенным ниже способом приготовления лабораторной пробы. Хранение средней пробы осуществляется согласно § 5.

Торф

§ 14. Отбор средней пробы торфа из штабеля производится путём вырывания ямок глубиной не менее 0,5 м с обеих лицевых сторон штабеля:

а) на высоте 0,5 м от основания штабеля по середине длины его;

б) на высоте 1,5 м от основания штабеля на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины его от обоих торцов.

Из каждой ямки отбираются три торфины: с поверхности, из середины и со дна. Общее количество торфин, отбираемых из штабеля, должно быть 30. Каждая торфина разрывается пополам, причём одна из половинок поступает в ящик для хранения средней пробы, другая же отбрасывается.

§ 15. В случае наличия в кусковом торфе мелочи размером менее 25 мм в количестве более 10% отбор торфа должен производиться лопатой, совком или другими имеющими борты приспособлениями. Количество мелочи оценивается на-глаз.

Отбор проб топлива, поступающего на сжигание

Уголь

§ 16. Отбор проб угля из транспортной тары (вагонетка, автомашина, тачка) должен производиться из разных мест её и на глубине не менее 0,3 м. Проба берётся из каждой тары с пропуском некоторого числа её. При подаче угля транспортными механизмами и устройствами отбор пробы должен охватить всё сечение потока. При отборе пробы следует использовать всё попавшее в отборник топливо, не выбирая отдельных кусков.

§ 17. Минимальное количество отбираемого в пробу угля должно составлять не менее 0,1% веса характеризуемого топлива.

Торф

§ 18. Способ отбора проб торфа, равно как и количественная норма отбора, должен полностью соответствовать правилам, изложенным в § 16 и 17. При наличии разнородного по размеру топлива отбор проб должен производиться отборником, обеспечивающим пропорцию мелочи в отбираемой пробе, соответствующую содержанию мелочи в топливе.

Разделка проб

§ 19. Хранение средней пробы топлива до разделки её в лабораторную и приготовление последней должны обеспечить сохранение первоначальной влажности пробы. Хранение ящиков, содержащих средние пробы, а также самих проб должно производиться в неотопляемом помещении, защищённом от воздействия ветра, дождя, солнечных лучей и теплового излучения.

§ 20. Хранение накопленной средней пробы свыше декады без разделки её в лабораторную пробу не допускается.

§ 21. Разделка проб должна производиться на железной или деревянной обитой железом площадке и должна быть по возможности механизирована.

§ 22. Ручная разделка средней пробы угля и торфа производится с соблю-

дением следующих соотношений между максимальным размером кусочков топлива и минимальным весом его остатка:

Уголь

Максимальный размер кусочков в мм	25	13	3
Минимальный вес остатков пробы в кг	60	15	1

Торф

Максимальный размер кусочков в мм	130—150	70—80	50—60	25—30	10
Минимальный вес остатка пробы в кг	130—250	65—75	30—35	15—20	5—10

§ 23. Разделка пробы топлива производится путём измельчения всего угля или торфа, собранного в среднюю пробу, до размера 25 мм для угля и соответственно 130—150 мм для торфа и последующего сокращения путём четвертования. Получающиеся после первого сокращения остатки топлива подлежат дальнейшей разделке (измельчение, перемешивание), причём каждый раз максимальный размер куска и вес пробы должны соответствовать указаниям, данным в § 22.

§ 24. Сокращение веса пробы четвертованием производится с соблюдением следующих правил; всё отобранное в пробу топливо после измельчения тщательно перемешивается и перелопачивается в кучу конической формы. Затем куча расплющивается тонким слоем путём нажатия на вершину её лопатой или металлическим листом в круг, имеющий одинаковую толщину по всей его площади; разравнивание круга перемешиванием топлива не допускается. Круг делится двумя взаимно перпендикулярными диаметрами на четыре равные части. Два противоположных сектора отбрасываются, а два других подвергаются дальнейшей такой же разделке до получения остаточной пробы с размерами кусочков и весом, соответствующими последней колонке цифр § 22.

§ 25. Остаточная проба тщательно перемешивается и четвертуется, после чего из каждой четверти отбираются совком по две порции весом каждая около 0,25 кг. Порции, отобранные из каждой четверти, смешиваются вместе, и полученные две лабораторные пробы весом каждая около 1 кг помещаются в герметически закрывающиеся стеклянные или металлические банки. Стеклянные банки должны иметь притёртые или каучуковые пробки, а металлические должны быть пропаяны по швам и иметь плотные крышки, обмотанные изоляционной лентой. Каждая банка должна иметь ярлычок с характеристикой пробы топлива. Одна из банок направляется в лабораторию для анализа, другая сохраняется в качестве контрольной.

§ 26. Испытание топлива в лаборатории производится:
угля — согласно ГОСТ 147-41 (взамен ОСТ ВКС 7151);
торфа — согласно ОСТ-ЭС-1-40 (взамен ОСТ ВКС 7742);
дров, древесных отходов и чурок — согласно ОСТ НКЛес 8649 163 (взамен ОСТ ВКС 1461).

Определение качества газа в газостанциях, обслуживающих крупные двигатели внутреннего сгорания (250, 500 ЛС) или снабжающих группу заводских потребителей, производится газоанализатором Орсэ—Фишер через каждые 2 часа. В более мощных заводских газостанциях в течение смены производится дополнительно два полных анализа газа прибором ВТИ.

В генераторном газе нормального качества содержание кислорода не должно превышать 0,2—0,8%, а содержание углекислоты — 8—10%. Увеличение содержания углекислоты свидетельствует об ухудшении качества газа, повышенное содержание кислорода указывает на недостаточную интенсивность процесса, прогары или под-

сосы воздуха через неплотности в генераторе, зольнике, очистителях или газопроводах. Если повышенное содержание углекислоты ухудшает экономические и технические показатели в работе установки, то большое содержание кислорода в газе является опасным, причину появления которого необходимо немедленно обнаружить и устранить.

Измерение температуры газа за газогенератором производится при помощи хромельальюмелевых, нихромконстантановых или железо-константановых термопар. Термопары (так называемый горячий спай) вставляются в металлические гильзы, сваренные или ввёрнутые в газопроводы так, чтобы гильза была погружена в газопровод на $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ его диаметра. Измерение температуры газа после сухого очистителя, температуры паро-воздушной смеси, дутьевого воздуха и скрубберной воды производится ртутными или другими химическими термометрами со шкалой до 100° С. Термометры вставляются также в металлические гильзы с предохранительными кожухами.

Следует учитывать, что точность показания термометров и термопар значительно улучшается, когда в гильзы заливается масло или специальный легкоплавкий материал, который принимает температуру стенок гильзы и передаёт её термопаре или термометру. Установка термометров и термопар в сухой патрон может дать ошибку в показаниях, так как между стенками гильзы и термометром будет воздушная изолирующая прослойка.

Разрежения измеряются водяными тягомерами (манометрами), представляющими U-образные стеклянные трубки, каждая ветвь которых имеет длину соответственно величине максимального ожидаемого разрежения. Тягомеры и гальванометры термопар монтируются на едином щите, который укрепляется в удобной и хорошо освещённой части газостанции. Тягомеры соединяются с местом измерения металлическими трубками диаметром 6—8 мм, которые монтируются с уклоном в какую-либо сторону, с тем чтобы в них не скопился конденсат и была возможность хорошей продувки и промывки этих трубок.

На газостанциях, обслуживающих двигатели мощностью более 100 ЛС или снабжающих группу потребителей газа, ведётся запись показаний тягомеров, термопар и термометров в специальном журнале.

7. Неисправности газогенераторной установки и их устранение

Производительность генератора и качество газа в значительной мере зависят от правильного ведения процесса газификации и соответствующей предварительной топливоподготовки. Условиям, обеспечивающим нормальную эксплуатацию, посвящены предыдущие разделы настоящей работы.

Причины, вызывающие ухудшение работы газогенераторных установок, весьма разнообразны и зависят как от конструктивных особенностей и топлива, так и от режима работы, качества обслуживания и состояния оборудования.

Основные неисправности газогенераторной установки или ухудшение качества газа возникают вследствие: а) неудовлетворительного качества газифицируемого топлива; б) засорения зольника генератора, скрубберов, очистителей и газопроводов; в) появления водяных мешков в магистрали и связанного с этим пульсирующего потока газа; г) подсоса воздуха через неплотности в системе; д) низкой или, наоборот, слишком высокой температуры паро-воздушной смеси; е) повреждения генератора (заклинивание решётки, разрушение обмуровки, прогар колосников, поступление воды или воздуха из паро-водяной рубашки в зону восстановления или отбора газа; ж) повреждения очистителей, аппаратуры, газопроводов.

Легкоплавкое многозольное заштыбленное топливо приводит к резкому шлакованию, увеличению сопротивления генератора, снижению качества газа и производительности генератора. Низкие форсировки не обеспечивают сохранение необходимых температур в зоне восстановления, вследствие чего снижается качество газа. Резкое влияние низких форсировок проявляется при газификации влажных топлив. Засорение зольника генератора, скрубберов, очистителей и газопроводов, водяные мешки в системе снижают производительность установки, нарушают работу потребителей.

Механические повреждения, прогары и неплотности в газогенераторной установке приводят к ухудшению качества газа (сгорание части газа, повышение температуры, увеличение содержания кислорода) и снижению производительности.

Перечисленные недостатки в работе отдельных агрегатов и установки в целом необходимо быстро обнаруживать, устанавливая причину их появления и уметь их устранять.

Главнейшие неисправности в работе газогенераторных установок и способы их устранения приводятся в табл. 18.

8. Охрана труда и техника безопасности

Неправильное обслуживание газогенераторных установок может привести к выделению газа в помещение и отравлению обслуживающего персонала, а воспламенение газа — к ожогам. На газостанциях должны соблюдаться не только общие правила охраны труда и техники безопасности, но и специфические, учитывающие особенности этого вида производства.

Основные положения по охране труда и технике безопасности в газостанциях сводятся к следующему.

Помещение газостанции должно хорошо вентилироваться. Содержание окиси углерода в воздухе помещения не должно превышать 0,03 мг/л. Вентиляция должна осуществляться естественная; в случае недостаточности последней необходимо предусмотреть принудительную, приточно-вытяжную систему вентиляции. Наибольшее значение имеет вентиляция рабочих мест (площадка загрузочного люка, места шуровок, обслуживаемые прямки).

Неисправность или ненормальность в работе	Причина неисправности	Способ устранения
Длительный розжиг; температура газа не повышается; генератор холодный	Неправильный розжиг, мало дров; преждевременно засыпан уголь, слабая тяга или дутьё	Увеличить дутьё или очистить генератор и розжиг повторить
То же	Мокрый уголь	Применять уголь нормальной влажности; подсушить топливо
В период розжига образуется неустойчивый или негорючий газ; газогенератор горячий	Местный прогар топлива	Прошуровать и осадить топливо
Температура газа за газогенератором быстро растёт; газогенератор перегревается	Местный или общий прогар топлива	Прошуровать, осадить и засыпать свежее топливо
Температура газа за газогенератором быстро растёт. Генератор не перегревается	Подсос воздуха за газогенератором	Обнаружить и устранить подсос
Вспышки в газогенераторе	Воздух проникает в бункер вследствие пропуска через крышку загрузочного люка или повреждение корпуса	Сменить прокладку крышки загрузочного люка; исправить дефекты или сменить детали
Местный перегрев газогенератора	Подсос воздуха в генератор	Устранить неплотности
Большой расход топлива	Топливо сырое; неправильная регулировка воздушного дутья или газо-воздушной смеси (при работе двигателя)	Организовать предварительную подсушку топлива; сменить топливо; отрегулировать дутьё или смеситель
Постепенное (изодня в день) снижение производительности генератора	Засорение очистительной аппаратуры и газопроводов	Промыть или сменить очистительную массу. Проверить газопроводы и в случае необходимости очистить их
Частое заплавление топливника.	Топливо легкоплавкое	Снизить форсировку; увеличить температуру паро-воздушного дутья; улучшить сортировку топлива; усилить наблюдение за генератором; сократить промежутки между шуровками. В случае если эти меры не обеспечивают нормальный процесс, — сменить топливо

Неисправность или ненормальность в работе	Причина неисправности	Способ устранения
Слишком горячий ход генератора	Чрезмерно высокая форсировка; работа на низком уровне рабочего слоя топлива; низкая температура паро-воздушной смеси	Снизить форсировку, привести уровень к нормальной высоте; увеличить температуру паро-воздушной смеси
Слишком холодный ход генератора	Низкая форсировка, влажное топливо, высокая температура паро-воздушной смеси	Увеличить форсировку; подавать топливо нормальной влажности; снизить температуру паро-воздушной смеси
Двигатель не пускается или пускается на газе, но снижает обороты и останавливается	Низкое качество газа; плохо прогрет генератор перед пуском; чрезмерно влажное топливо; подсос воздуха через неплотности, забиты очистители и магистраль	То же
Двигатель плохо принимает нагрузку	Повреждение топливника, бункера или корпуса газогенератора	Исправить дефекты или сменить детали
Двигатель работает с закрытой воздушной заслонкой смесителя; при работе на газе «стреляет», с переводом на жидкое топливо работает нормально	Посторонний подсос воздуха	Устранить подсос воздуха
Частые перебои в работе свечей	Влажный и смольный газ	Пользоваться соответствующим топливом; работать с подготовкой; предварительно подсушивать топливо; усилить форсировку; снизить температуру паро-воздушного дутья; улучшить охлаждение и очистку газа
Отложение смолы в очистителях и газопроводе	Низкая форсировка генератора, загрузка топлива большими порциями, высокая влажность топлива, слишком частая шуровка и сход несгоревшего топлива на колосниковую решётку, подсосы воздуха через неплотности	Поднять форсировку; прогреть генератор; устранить подсосы воздуха; ввести нормальный режим шуровок и загрузок топлива; усилить пропуск воды через очистители

Неисправности или ненормальность в работе	Причина неисправности	Способ устранения
Взрыв (хлопки) в очистителях	Подсос воздуха в генераторе или очистителях; охлаждение газа недостаточное; насадка в очистителях возгорается	Устранить подсосы воздуха; усилить подачу воды в очистители
Резкое увеличение разрежения за газогенератором	Засорение генератора, решётки и зольника	Встряхнуть решётку; спустить золу и мелочь в зольник; очистить зольник
Резкое увеличение разрежения за очистителями	Засорение очистителей	Промыть очиститель; сменить очистительную массу.
Периодическое, пульсирующее увеличение сопротивления	В очистителях или газопроводе появились водяные мешки	Устранить водяные мешки и спустить воду или конденсат
Перегрев или выгорание колосников	Шуровка топлива и встряхивание решётки излишне часты, подсосы воздуха в зону восстановления (в генераторах обратного процесса)	Шуровку топлива и встряхивание решётки производить реже, по мере надобности; устранить подсос воздуха

Над загрузочными люками должны быть зонты для удаления газа, выбивающегося во время шуровок, растопок или догрузки топлива.

В помещении газостанции температура воздуха не должна быть ниже 8—10°, а в случае оборудования газогенераторной установки на открытой площадке необходимо иметь помещение для обогрева персонала.

Естественное и искусственное освещение газостанции должно быть достаточным для свободного осмотра всех приямков, люков, задвижек, приборов и пр.

Недопустимы: неплотности в системе и попадание воздуха в очистители и газопроводы, чистка зольника на работающем генераторе, открывание вентилей или пробных кранов, если генератор работает под разрежением. Необходимо всегда следить за уровнем воды в затворах, обеспечивать погружение в затвор концов спускных трубок (дымовытяжная труба, спускная труба скрубберов, ресивера и пр.); периодически проверять качество газа по анализу; не допускать повышенного содержания в газе кислорода; соблюдать осторожность при шуровке топлива.

Запрещается: а) производить шуровку без рукавиц; б) близко наклоняться к открытым шуровочным или загрузочным люкам; в) обслуживать газогенератор в одежде, пропитанной бензином, керосином или маслом; г) поджигать газ у открытых люков; д) поджигать газ на воздушном патрубке смесителя двигателя; е) поджигать газ на свече

при выключенном вентиляторе; ж) вдыхать газ, выходящий из бункера, свечи или другой части установки; з) ремонтировать аппаратуру без специального разрешения ответственного лица газостанции; и) ремонтировать аппаратуру, не проветрив тщательно все ёмкости (генератор, очистители, газопроводы) и не отключив генератор от общей сети; к) курить или иметь открытый огонь в помещении газостанции.

Газоопасные работы могут выполняться только в присутствии ответственного лица газостанции (начальник, заместитель), при условии обеспечения рабочих рукавицами, очками и специальными противогазами. Газоопасные работы всегда должны выполняться группой рабочих не менее двух человек для того, чтобы в случае необходимости оказывать взаимную помощь.

Правила по технике безопасности должны быть изучены всем обслуживающим персоналом и вывешены на видном месте.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации электрических станций, оборудованных двигателями внутреннего сгорания. Изд. Наркомхоза РСФСР, 1943.
2. Инструкция по устройству и эксплуатации газогенераторных установок на городских электростанциях НККХ РСФСР. Изд. Наркомхоза РСФСР, 1943.
3. Проф. Н. В. Шишаков. Основные характеристики газификации советских топлив. 1940.
4. Проф. Н. В. Шишаков. В помощь газогенераторщику. Металлургиздат, 1945.
5. Б. М. Черномордик. Теория и расчёт транспортных газогенераторов. Машгиз, 1943.
6. Инж. Г. Р. Тренклер. Газогенераторы. Энергоиздат, 1933.
7. Н. Н. Доброхотов. Расчёт газогенераторов и генераторного процесса. 1922.
8. НИС РИИЖТ «Расчетно-пояснительная записка к проекту газификации печного хозяйства типового депо. 1940.
9. Н. А. Фуфрянский. Влияние сернистых соединений генераторного газа на двигатель внутреннего сгорания. МЭМИИТ, 1940.
10. Н. А. Фуфрянский. Испытание и эксплуатация мотовозов на генераторном газе из антрацита. Азчериздат, 1936.
11. Руководство по переоборудованию колёсных тракторов СХТЗ в газогенераторные. НАТИ, 1942.
12. Инструкция по обслуживанию газогенераторных станций. Изд. Энергочермета СССР, 1944.
13. Альбом рабочих чертежей газогенераторных установок для электросиловых стационарных двигателей мощностью от 30 до 75 ЛС.
14. Крендель. Основные факторы процесса охлаждения и очистки газа в скрубберах типа Лимна. Журн. «Химстрой» № 7, 1934.
15. Гюльднер. Конструирование дизелей.