

ЦЕНА 1 р. 40 к.
Папка 30 коп.

X-21-2-2



M $\frac{221}{37}$

СОСЛОВИЯ ПО ТЕХМИНИМУМУ

Н. В. ЧИСТЯКОВ

221
37

ПРОИЗВОДСТВО
ВОДОРОДА И
ВОДЯНОГО ГАЗА

ОНТИ • ГОСХИМТЕХИЗДАТ • 1933

УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ТЕХМИНИМУ

M $\frac{221}{37}$ Н. В. ЧИСТЯКОВ

ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА И ВОДЯНОГО ГАЗА

Допущено Центротехпропом НКТП в качестве учебного пособия по техминимуму для химической промышленности

НКТП  СССР

ОНТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1933 ЛЕНИНГРАД



34-690

Редактор *М. Кичигин*.
Сдана в набор 23/XI 1933 г.
Формат 82×110^{1/32}.
Уполю. Главлита № В-68946.

Технический редактор *Т. И. Бернштейн*.

Подписана к печати 4/XII 1933 г.

ГХТИ № 454.

Тип. зн. в 1 п. л. 41.216.

Тираж 2000—9^{1/8} л.

Заказ № 1792.

2-я тип. ОНТИ им. Евгении Соколовой. Ленинград, пр. Кр. Командиров. 29.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга предназначается как руководство по минимуму для рабочих, занятых на газогенераторных установках, вырабатывающих водород по железо-паровому способу в аппаратуре системы Пинч, а также на установках водяного газа системы Пауэр-газ и Ньютон Чемберс. Книга ставит своей целью сообщить рабочим указанных производств первоначальные, элементарные сведения, касающиеся главным образом описания аппаратуры указанных производств; сообщить первоначальные сведения о химических превращениях, о свойствах газов, топливе, горении и пр.; познакомить с контролем производства и инструкциями по ведению процесса. Главы по ведению процесса получения водяного газа на установках Пауэр-газ и Ньютон Чемберс и об основных понятиях автоматического управления написаны инж. Н. Ф. Стукаловым, на основании описаний и инструкций, имеющихся на заводах, а также данных его личной практики.

Мы полагаем, что книга будет полезна не только рабочим, занятым в промышленности синтетического аммиака, но и в гидрогенизационном производстве, где железо-паровой способ получения водорода значительно распространен.

В книге даются лишь основные сведения, в предположении, что вопросы, в ней затронутые, будут подробно разрабатываться в кружках с участием руководителей.

Автор

Москва, 1933, XI. 15.

Основные сведения по химии

Что изучает химия

В чем, в сущности, состоит работа каждой фабрики и каждого завода?

Состоит она в том, что поступающее на фабрики или завод сырье перерабатывается там в готовую продукцию данной фабрики, другими словами, работа машин и рабочих вызывает в поступившем материале — сырье — определенные изменения, превращающие его в готовую продукцию. На текстильной фабрике из волокон растений или шерсти животных делают бумажные материи, сукна. На конфетной фабрике из сахара, фруктовых соков, муки, молока, какао, меда и прочего делают конфеты. На металлургических заводах из руд получают металлы. На других заводах из кусков металла изготавливают разные вещи, придавая им ту или иную форму.

Если внимательно приглядеться к тому, что делается вокруг нас, то нетрудно увидеть, что повсюду идут различные изменения. То нагревается, то охлаждается железная крыша на доме, а с течением времени она ржавеет. изнашивается платье, изготавливается инструмент, стираются ступени каменных лестниц в домах.

Если внимательно присмотримся ко всем изменениям, происходящим вокруг нас, то увидим, что эти изменения бывают двух родов. Это легко видеть на примерах. Так, кусок бумаги можно разорвать и можно его сжечь. В первом случае бумага бумагой и останется, во втором — вместо бумаги получается зола и дым, никак на бумагу непохожие. Если из железа сделать гвоздь, железо при этом не изменится. Совсем другое дело, если гвоздь проржавеет. Ржавчина ни по виду, ни по свойствам непохожа на железо. В чем же разница? В случае, когда рвали бумагу, делали гвоздь, и в других подобных случаях, тот материал (вещество), из которого сделаны предметы (бумага, железо), остался без из-

менения. Когда же бумага сгорела и железо проржавело, изменилось само вещество, из которого сделаны предметы.

Если вы просмотрите ряд известных вам производств, то сами легко заметите, что в одних из них изменяется лишь внешняя форма предметов, — возьмите, например, работу цехов кузнечного, столярного, токарного. Это — производства механические. В них вещество, из которого состоят предметы, не изменяется; скажем, дерево остается деревом, хотя бы из него сделали стол, кровать, линейку или какой-либо другой деревянный предмет.

В других же производствах — химических — происходит глубокое изменение самого вещества. Так, например, уксусная кислота, древесный спирт, скипидар, канифоль и другие продукты, добываемые из дерева, совсем непохожи на дерево; эти вещества обладают совершенно иными свойствами, чем дерево.

Химия изучает только такие изменения, при которых изменяется самое вещество, т. е. когда из одних веществ получаются другие, на них непохожие. Все остальные изменения касаются другой науки — физики.

На металлургических заводах, когда из непохожих на металлы руд добывают металлы, происходят, главным образом, химические изменения.

На металлообрабатывающих заводах происходят изменения физические (придание кускам металла различной формы, плавки и т. д.). Сырость после дождя и испарение воды при нагревании солнцем — изменения физические. Питание животных и растений — изменение химическое, так как при этом вещества пищи превращаются в совсем другие вещества — тела животных и растений.

Надо, впрочем, заметить, что и в производстве, и в природе изменения физические и химические идут рядом друг с другом и тесно переплетаются между собой. Разделяют же их только для удобства изучения — так скорее можно разобраться в тех правильностях, или, как говорят в науке, законах, по которым они происходят.

Вещества простые и сложные

Перед вами кусок мела. Капните на него какой-нибудь кислотой, и она зашипит. Это из мела под действием кислоты выделяются пузырьки прозрачного, тяжелого, неспособного поддерживать ни горения, ни дыхания, углекислого газа.

Прокалим теперь кусок мела на очень горячем пламени.

Из мела опять выделится углекислый газ, а оставшееся у нас более твердое вещество на проверку окажется уже не мелом, а известной всем негашеной известью. Что все это значит? А это значит, что мел — сложное вещество, что он состоит, по крайней мере, из двух других веществ: углекислоты и негашеной извести. Соединяясь химически друг с другом, эти два вещества образуют мел, а мел в свою очередь можно разложить на эти два вещества.

Значит, мел — сложное вещество. Ну, а может быть углекислый газ и негашеную известь тоже можно разложить на какие-нибудь вещества?

Оказывается, действительно можно. Если в углекислый газ внести горящую ленточку металла магния, то горение магния будет продолжаться. При этом углекислый газ будет разлагаться на уголь (или вернее, как мы впоследствии узнаем, углерод) и особый газ — кислород. Горящий магний будет химически соединяться с этим кислородом, выделявшимся из углекислого газа. Вот мы и разложили углекислый газ на два других вещества: углерод и кислород.

Химические исследования показывают, что негашеная известь, в свою очередь, тоже является сложным веществом и состоит из кислорода и особого мягкого металла кальция. Сложных веществ, или, как говорят, химических соединений, бесчисленное множество.

Путем нагревания, воздействия других веществ, действия электричества и т. п. удастся разложить многие сложные вещества, получить из них два или несколько таких, из которых они состояются. Многие, но не все.

Сколько ни бились химики, какие средства они ни применяли, но все же им никогда не удалось разложить обычными способами такие вещества, как кислород, углерод, кальций, железо, золото. Из этих веществ можно было получить новые только в том случае, когда они соединялись с одним или несколькими другими веществами, разложить же их не удавалось. Вот такие-то вещества и стали называть веществами простыми. К ним относятся кроме перечисленных выше, такие вещества, как сера, фосфор, хлор, медь, цинк, олово и целый ряд других; их известно около девяти десятков.

Вам, конечно, приходилось видеть много самых разнообразных кирпичных построек — домов, башен, стен и т. п. И все эти столь различные сооружения возведены из сравнительно небольшого набора разных форм кирпичей. Подобно этому и все бесконечно разнообразные сложные веще-

ства, встречающиеся в природе и в производстве, складываются из сравнительно небольшого числа простых веществ, по-разному и в разных количествах химически соединенных друг с другом.

Как построено всякое вещество

Теперь зададимся вопросом о том, как построено всякое вещество — сплошное оно или состоит из отдельных частичек? На этот вопрос отвечает так называемая атомная теория, сущность которой сводится к следующему.

Всякое простое вещество состоит из мельчайших частичек атомов, которые являются как бы основными кирпичиками, из которых строится это вещество.

Когда два или несколько простых веществ соединяются друг с другом, образуя химическое соединение, то при этом происходит соединение атомов простых веществ. Атомы различных простых веществ при **соединении друг с другом образуют мельчайшую частичку сложного вещества, называемую молекулой.** Так, атомы углерода, соединяясь с атомами кислорода, образуют молекулы углекислого газа или молекулы другого соединения — окиси углерода (называемой иначе угарным газом). Атомы водорода, соединяясь с атомами кислорода, образуют молекулы воды. Нередко атомы какого-нибудь одного простого вещества соединяются друг с другом и образуют молекулы этого простого тела.

Предположение о существовании атомов и молекул в настоящее время блестяще подтверждено опытным путем, и теперь никто из ученых не сомневается в том, что атомы существуют и в действительности.

Атомы и молекулы имеют чрезвычайно малые размеры: их нельзя заметить ни в какие микроскопы. И тем не менее химикам удалось определить, во сколько раз атом какого-либо простого вещества весит больше или меньше, чем атом другого простого вещества, и определить очень точно.

На первый взгляд такая вещь кажется совсем невероятной. Как же это можно класть на весы и взвешивать атомы — такие мелкие частички вещества, которых не разглядишь и с помощью сильнейшего микроскопа? Но этого вовсе и не нужно делать. Зная, например, что при известных условиях и в одинаковых объемах газов водорода и кислорода находится одинаковое число атомов того и другого, просто взвешивают эти объемы. Оказывается, что определенный объем кислорода в 16 раз тяжелее такого же объема

водорода. А раз в них одинаковое число атомов, то значит, и атом кислорода в 16 раз тяжелее атома водорода.

Атом водорода оказался самым легким из атомов всех простых веществ. Поэтому вес атома водорода и приняли за единицу, выражая вес других атомов по отношению к водороду. Говорят, например, что атомный вес кислорода 16, азота 14, углерода 12, серы 32, хлора 35, натрия 23 и т. д. Это значит, что атом кислорода в 16 раз, атом азота в 14, атом углерода в 12, а атом серы в 32 раза тяжелее, чем атом водорода.

Здесь надо оговориться, что приведенные только что цифры атомных весов нами округлены.

Таблица важнейших химических элементов

Название элемента	Химический знак	Как читаются буквы	Атомный вес	Название элемента	Химический знак	Как читаются буквы	Атомный вес
Азот . . .	N	эн	14,01	Медь . . .	Cu	цэ-у	63,57
Алюминий	Al	а-эль	26,97	Мышьяк . .	As	а-эс	74,92
Барий . . .	Ba	бэ-а	137,36	Натрий . . .	Na	эн-а	23,0
Бор	B	бэ	10,82	Никель . . .	Ni	эн-и	58,69
Бром	Br	бэ-эр	79,92	Олово . . .	Sn	эс-эн	118,7
Висмут . . .	Bi	бэ-и	109,0	Платина . .	Pt	пэ-тэ	195,23
Водород . .	H	аш	1,008	Радий . . .	Ra	эр-а	225,97
Гелий . . .	He	аш-э	4,0	Ртуть . . .	Hg	аш-гэ	200,61
Железо . . .	Fe	эф-э	55,84	Свинец . . .	Pb	пэ-бэ	207,21
Золото . . .	Au	а-у	197,2	Серебро . .	Ag	а-гэ	107,88
Иод	I	иот	126,93	Сера	S	эс	32,06
Калий . . .	K	ка	31,1	Сурьма . . .	Sb	эс-бэ	121,76
Кальций . .	Ca	цэ-а	40,07	Углерод . .	C	цэ	12,0
Кислород . .	O	о	16,0	Фосфор . . .	P	пэ	31,02
Кобальт . .	Co	цэ-о	58,94	Фтор	F	эф	19,0
Кремний . .	Si	эс-и	28,66	Хлор	Cl	цэ-эль	35,46
Магний . . .	Mg	эм-гэ	24,32	Хром	Cr	цэ-эр	52,01
Марганец . .	Mn	эм-эн	54,93	Цинк	Zn	зэт-эн	65,38

Химическая азбука

Теперь вам нужно познакомиться с особым химическим языком, чтобы научиться читать и понимать химические формулы и уравнения.

Химический язык — это такой интернациональный язык,

который понимает всякий человек любой национальности, если он хоть немножко знаком с химией. Химики имеют свой интернациональный язык так же, как имеют его, например, математики. Интернациональный язык математиков знает каждый грамотный человек. Три значка 586 на любом языке обозначают число пятьсот восемьдесят шесть. Значки $46 + 34 - 20$ показывают каждому грамотному человеку любой национальности, что к числу сорок шесть надо прибавить число тридцать четыре, а из полученной суммы вычесть число двадцать. А если написать $46 + 34 - 20 = 60$, то получится выражение, дающее во второй его половине результат тех действий, которые показаны в первой половине.

Очень похож по существу своему на этот математический язык и язык химиков. Только здесь условными значками служат уже не цифры, как в приведенных выше примерах, а особые буквы.

В химии условились обозначать каждое простое вещество начальной буквой его латинского названия. Так, например, кислород обозначается буквой O (о), водород обозначается буквой H (аш), углерод — C (цэ).

В тех случаях, когда названия нескольких простых веществ начинаются с одной и той же буквы, в обозначениях их (иногда кроме одного) к первой букве прибавляется одна из последующих. Например, углерод, как было сказано, обозначается буквой C, медь Cu (цэ-у), хлор — Cl (цэ-эль) и т. д.

Итак, если написан значок H, то каждый химик — немец, англичанин, русский, японец — все равно знает, что речь о водороде. Но мало того.

Каждый химик знает при этом, что речь идет не о водороде вообще, а об 1 атоме водорода. Значок H обозначает 1 атом водорода, значок O — 1 атом кислорода, значок Cl — 1 атом хлора и т. д. И смотрите, какое получается удобство и экономия: вместо того чтобы говорить «1 атом железа» мы пишем просто две буквы Fe, вместо «1 атом серы» — букву S и пр. Как видите, стоит немножко потрудиться, чтобы усвоить этот язык.

Ну, а как быть в том случае, когда нам нужно обозначить, например, не атом, а молекулу какого-нибудь простого вещества? Как, например, на химическом языке изобразить, что «молекула водорода состоит из 2 атомов водорода»? Очень просто, мы пишем H₂ (читаем «аш-два»). Другими словами, около знака H справа внизу мы ставим цифру, указывающую, сколько атомов содержится в его молекуле.

Еще пример: молекула кислорода O_2 (читается «о-два»), молекула серы (при некоторых условиях) — S_4 («эс-четыре»), молекула азота — N_2 («эн-два») и т. д.

Пойдем дальше и предположим, что нам нужно обозначить не молекулу простого вещества, а молекулу сложного вещества. В этом случае мы просто пишем рядом знаки простых веществ, входящих в состав молекулы данного сложного вещества. Например, молекула окиси углерода состоит из 1 атома углерода (С) и 1 атома кислорода (О). Знак окиси углерода, или, как говорят, ее формула, будет СО (читается «цэ-о»). Молекула хлористого натрия (поваренной соли) состоит из 1 атома натрия (Na) и 1 атома хлора (Cl) — значит, формула хлористого натрия будет NaCl (читается «эн-а-цэ-эль» или «натрий-хлор»).

Ну, а как делается, когда в состав молекулы сложного вещества входят между другими и несколько одинаковых атомов, т. е. несколько атомов одного и того же простого вещества? В таких случаях опять-таки поступают просто: справа внизу у знака пишут маленькую цифру, показывающую число атомов этого простого вещества в соединении. Молекула воды, например, состоит из 2 атомов водорода (H) и 1 атома кислорода (O), значит, ее химическая формула будет H_2O («аш-два-о»). Обратите опять внимание на огромное удобство и экономию: вместо того чтобы сказать «молекула сероводорода состоит из 2 атомов водорода и 1 атома серы», мы пишем понятную для химика формулу H_2S («аш-два-эс»). Вместо того чтобы сказать «молекула аммиака состоит из 1 атома азота и 3 атомов водорода», мы пишем NH_3 («эн-аш-три»).

Но опять-таки и этого всего мало. Вспомнив сказанное раньше и вдумавшись в наши таинственные для незнакомого с ними человека формулы, мы откроем в них еще более глубокое содержание. В самом деле: ведь каждый атом имеет свой определенный атомный вес, который не изменяется и тогда, когда этот атом химически связывается с другими атомами. Но тогда, значит, мы по формуле любого химического соединения легко можем вычислить его молекулярный вес.

Берем, например, окись углерода. Как показывает ее формула — СО, ее молекула состоит из 1 атома углерода (С) и 1 атома кислорода (О). Значит, молекулярный вес (вес молекулы) окиси углерода равен сумме атомных весов углерода и кислорода. Мы знаем, что атомный вес углерода равен 12,0, а атомный вес кислорода 16. Складывая эти цифры,

получаем, что молекулярный вес окиси углерода СО равен $12 + 16 = 28$.

Другой — несколько более сложный — пример: нам нужно узнать молекулярный вес окиси железа Fe_2O_3 . Совершенно очевидно, что мы его получим, сложив 2 атомных веса железа (Fe), и 3 атомных веса кислорода. Тогда узнаем, что молекулярный вес окиси железа $Fe_2O_3 = 2 \cdot 55,8 + 3 \cdot 16 = 111,6 + 48 = 159,6$.

Вот, следовательно, какую интересную возможность дают нам наши формулы. По любой из них можно узнать молекулярный вес соответствующего соединения, если сложить атомные веса всех составляющих молекулу атомов. Эта возможность чрезвычайно важна для различных технических и теоретических расчетов. Итак химический язык оказывается чрезвычайно удобным.

Химические уравнения

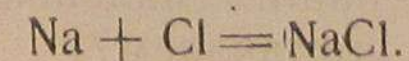
Химическую азбуку вы теперь усвоили: вы научились изображать химическими знаками элементы и их различные соединения. Но ведь в природе нет ничего неизменного и постоянного, в ней все находится в вечном движении, и поэтому главной задачей химии является исследование и изучение превращений различных веществ, их взаимодействия, изменения, перехода одного в другое.

Поможет ли нам здесь усвоенная нами химическая азбука, облегчит ли она работу, даст ли возможность коротко и просто выражать процессы превращения веществ — химические реакции?

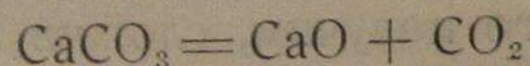
Да. В этом ее главная задача и основное значение. Ведь обычную азбуку мы учим не ради нее самой, а для того, чтобы научиться с ее помощью читать и писать; так и здесь мы изучали химическую азбуку для того, чтобы овладеть химической грамотой, которая заключается в умении читать и писать уравнения химических реакций.

Но что это значит — уравнение химической реакции?

Раскалим кусочек натрия и опустим его в сосуд с хлором. Натрий загорится и будет выделять белый дым, который представляет собой не что иное, как хлористый натрий NaCl (поваренную соль). Натрий соединился с хлором, образовав поваренную соль. Эту реакцию мы можем изобразить следующим химическим уравнением:



При прокаливании в шахтной печи известняка (CaCO_3) из него выделился углекислый газ (CO_2), и мы получили негашеную известь (CaO). Эту реакцию мы изобразим таким уравнением:



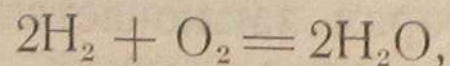
При определенных условиях можно окись углерода окислить при помощи кислорода водяного пара. В результате этой реакции получается углекислота и водород. Выражая это в виде уравнения, мы получаем:



Здесь в левой части уравнения мы имеем вещества, вступающие в реакцию: окись углерода (цэ-о) и воду (аш-два-о), а в правой у нас будут вещества, получившиеся в результате этой реакции: углекислота (цэ-о-два) и водород (аш-два).

Когда нам нужно обозначить, что в реакции участвует несколько одинаковых атомов или молекул, мы обозначаем их число соответствующей большой цифрой, поставленной перед знаком данного атома или формулой данной молекулы. Например, 3Cu значит «3 атома меди», 2CO_2 — «2 молекулы углекислого газа», 2NaCl — «2 молекулы хлористого натрия» и т. д.

И смотрите, не путайте этих цифр с маленькими цифрами, стоящими в формулах справа внизу у соответствующих знаков химических элементов. Формулу 3CO_2 словами можно выразить так: «3 молекулы углекислоты, каждая из которых состоит из 1 атома углерода и 2 атомов кислорода». Знак O_2 обозначает 1 молекулу кислорода, состоящую из 2 атомов, знак 3O_2 — 3 молекулы кислорода, а знак 7O — 7 атомов кислорода и т. п. И когда мы хотим изобразить, что при соединении водорода с кислородом образовалась вода, то мы пишем:



т. е. 2 молекулы водорода (состоящая каждая из 2 атомов водорода), соединившись с 1 молекулой кислорода (состоящей из 2 атомов кислорода), образовали 2 молекулы воды (состоящие каждая из 2 атомов водорода и 1 атома кислорода).

Видите, как много приходится говорить слов, чтобы рассказать то, что выражено ясно и понятно для каждого знающего химический язык нашим маленьким химическим уравнением. Как же мы их составляем?

Очень просто. С одной стороны, мы знаем, какие вещества у нас были исходными или взаимодействовали при химической реакции: их мы пишем в левой части уравнения и соединяем знаком плюс (+), когда их несколько. С другой стороны, мы знаем, какие вещества у нас образовались в результате реакции: их формулы мы пишем в правой части уравнения и тоже соединяем знаком плюс, если их несколько. Обе части уравнения мы соединяем знаком равенства (=).

Но при химических реакциях ни один атом какого-либо элемента не пропадает и не возникает вновь из ничего. Поэтому знак равенства мы имеем право поставить лишь в том случае, когда в правой части уравнения есть ровно столько же атомов любого участвующего в реакции элемента, сколько их было в левой части.

Значит, мы должны при этом правильно сообразить, какие коэффициенты (т. е. цифры, обозначающие число молекул или атомов) мы должны поставить в той и другой части уравнения.

Правильно составленное химическое уравнение дает нам возможность вести количественные расчеты химических реакций; по этим уравнениям мы можем следовательно определить не только какие мы получим соединения в результате данной реакции, но и их весовые количества, что имеет конечно громадное практическое значение.

Контрольные вопросы

1. Какая разница между физическим и химическим изменением?
2. Какое различие между простыми и сложными телами?
3. Каких веществ больше: простых или сложных?
4. Что такое атомы и что такое молекулы?
5. Что такое атомный вес?
6. Определите молекулярный вес сероводорода H_2S ?

Горение

Общее понятие о горении и горючих веществах

Едва ли есть такой химический процесс, который по своему существу был бы так прост и одновременно так труден по своему выполнению, как процесс горения.

Горением в обычном смысле называется химический процесс соединения вещества с кислородом, сопровождающийся выделением значительного количества тепла и свечением пламени.

Горючие вещества, содержащие углерод и водород, в конечном итоге сгорают в углекислоту и воду. Однако несмотря на то, что продукт сгорания всегда одинаков, ход процесса сгорания может быть очень различен, что основано на начальном состоянии горючего. Он также зависит от того, насколько легко или трудно, полностью или частично горючее вещество переходит в газообразное состояние.

Обычно применяемые горючие вещества состоят главным образом из одних и тех же элементов: водорода и углерода.

Водород является одним из самых легких газов. Кроме того что водород находится в газообразном состоянии, он еще образует с углеродом многочисленный ряд химических соединений, так называемых **углеводородов**. Для примера можно привести нефть, которая представляет собою смесь таких углеводородов. Водород является одним из самых теплотворных элементов: один килограмм водорода, сгорая при соединении с кислородом, выделяет 29 000 калорий¹ (см. стр. 25).

Углерод в противоположность водороду есть твердый элемент. Он единственный элемент, который не плавится и не испаряется.

Различные свойства горючих основываются на количественных соотношениях в их составе углерода и водорода. Главная составная часть горючих состоит из углерода, в то время как содержание водорода сравнительно незначительно. Лучшие жидкие горючие содержат водорода почти вдвое больше, чем твердые горючие.

Состав горючих

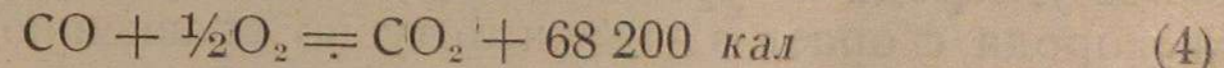
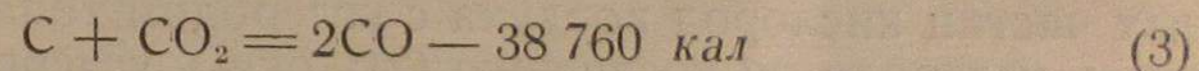
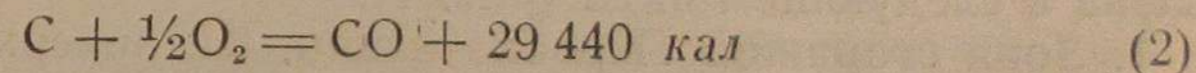
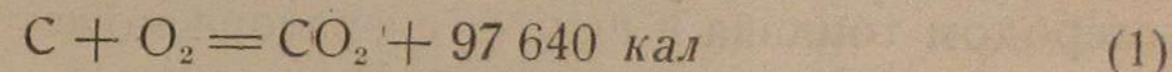
Наименование горючего	Составные части в %		
	С	Н	О
Бензин	85	15,0	0,0
Нефть	85	14,0	1,0
Бензол	92,3	7,7	0,0
Газовый пламенный уголь . .	85	5,5	9,5
Бурый уголь	64	6,0	30,0
Торф	62	6,0	32,0
Антрацит	94	3,0	3,0
Кокс	96	0,5	3,5

¹ Калорией называется количество тепла, необходимое для нагрева 1 кг воды на 1°.

Процесс горения в газогенераторах

В газогенераторах происходит получение горючего газа из твердого или жидкого топлива путем действия на него или одного воздуха или воздуха в смеси с водяным паром при высоких температурах. Способность перехода твердого горючего в горючий газ основана главным образом на способности углерода соединяться с кислородом воздуха в горючую окись углерода. Также необходимо принять во внимание выделение водорода при расщеплении водяного пара действием раскаленного углерода, причем кислород водяного пара соединяется с углеродом топлива в окись углерода. Иными словами, в генераторах идут химические процессы горения благодаря воздействию кислорода воздуха и кислорода водяного пара на раскаленный углерод.

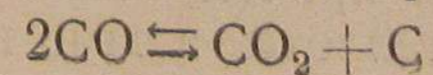
При действии кислорода воздуха на раскаленный углерод имеют место следующие реакции:



При избытке кислорода сначала образуется углекислота по уравнению (1) с выделением $97\,640 : 12 = 8\,136$ калорий тепла на 1 кг углерода.

При количестве же кислорода, недостаточном для полного окисления углерода, последний переводится в окись углерода восстановлением образовавшейся в начале процесса углекислоты по уравнению (3). Эта реакция восстановления углекислоты в окись углерода сопровождается поглощением тепла.

Получение окиси углерода из углерода твердого горючего является главнейшей реакцией генераторного процесса. Однако практически полного превращения всего углерода топлива в окись углерода достигнуть невозможно, так как одновременно с реакцией образования окиси углерода идут и другие реакции. Обычно при генераторном процессе, помимо окиси углерода, образуется еще и углекислота, как следствие неполного восстановления ее в окись углерода или как следствие разложения окиси углерода по уравнению



Углекислота способностью горения не обладает и поэтому является балластом в газе. Поэтому весь режим генератора должен быть установлен таким образом, чтобы количество углекислоты в газе было наименьшим.

Зоны газификации

В первой стадии процесса окисления углерода кислородом воздуха образуется углекислота, которая в вышележащих слоях раскаленного топлива и при отсутствии свободного кислорода восстанавливается до окиси углерода по уравнению (3). При реакции газообразования в присутствии избытка раскаленного углерода углекислота является соединением менее прочным, чем окись углерода. В нижних слоях шахты генератора при избытке кислорода окись углерода является соединением неустойчивым и поэтому образование ее в этих условиях исключается.

Таким образом, реакция между кислородом воздуха и углеродом топлива в шахте генератора может быть представлена в следующем виде (рис. 1).

1. Зона сгорания. Первоначально на поверхности угольных частиц кислород воздуха с углеродом топлива образует окись углерода по уравнению (2); окись углерода в избытке кислорода сгорает в углекислоту по уравнению (4). Температура этой зоны немного выше температуры плавления золы кокса и лежит в пределах 1 250—1 400°.

2. Зона восстановления. При прохождении потока газов далее через раскаленный слой топлива углекислота восстанавливается до окиси углерода по уравнению (3), в этой же зоне происходит разложение вводимого водяного пара с образованием окиси углерода и водорода по уравнению



3. Зона разложения. В ней происходит под влиянием высокой температуры пирогенетическое разложение летучих частей горючего, а именно газов и паров; с другой стороны, здесь образуется твердый остаток, который состоит главным образом из твердого углерода.

4. Зона высушивания. Здесь происходит испарение гигроскопической воды. Свеже внесенное в генератор горючее по мере израсходования углерода опускается все ниже, и таким образом проходит навстречу потоку газа постепенно через различные зоны, причем топливо отнимает от газа часть его физической теплоты, а само все более и более на-

гревается. При правильной и своевременной подаче топлива и удалении золы, при правильных соотношениях подаваемого воздуха и пара можно держать температуры более или менее правильно и постоянно в зонах генератора, при этих лишь условиях и возможно непрерывное получение газа постоянного нужного состава.

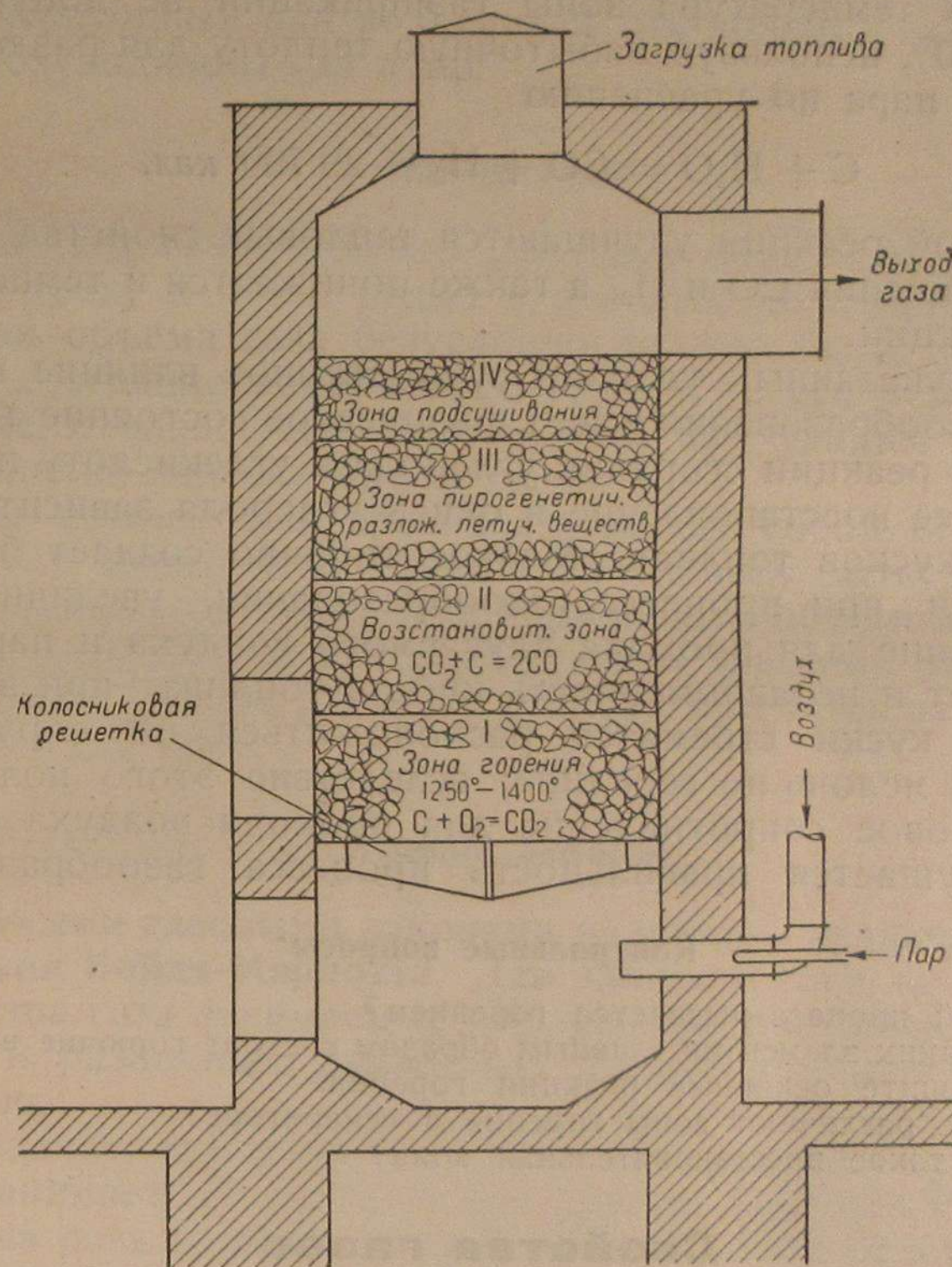
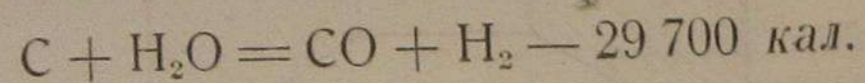


Рис. 1. Зоны газификации.

Наиболее важную роль во всех случаях играет восстановительная зона, поэтому существенным условием нормально идущего процесса газообразования должно быть: ограничение количества воздуха и доведение шахты генератора до такой высоты, при которой реакции (2), (3) и (4) протекали бы наиболее полно.

Опыты показали, что восстановление углекислоты в окись углерода по уравнению (3) происходит при температуре не ниже 1000° . Следовательно, чем температура восстановительной зоны ближе к 1000° или выше, тем совершеннее происходит процесс восстановления углекислоты в окись углерода.

Обычно температура зоны газификации не допускается выше 1000° , используя избыточную теплоту для разложения водяного пара по уравнению



При этой реакции улучшаются тепловые свойства газа за счет увеличения CO и H_2 , а также понижается и температура зоны реакции.

Кроме указанных условий существенное влияние на процессы газообразования имеет физическое состояние топлива. Скорость реакции сгорания углерода в углекислоту и последующее ее восстановление в окись углерода зависит от величины кусков топлива. Мелкое топливо создает большие трудности при процессе газообразования, увеличивая сопротивление для прохода вдуваемого воздуха и пара. Также влияет и неравномерность кусков топлива: при загрузке крупные куски стремятся расположиться по окружности шахты, а мелочь по середине; вследствие этого получается неодинаковое сопротивление для прохода воздуха и пара, чем нарушается правильность процесса газообразования.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется горением?
2. Из каких элементов главным образом состоят горючие вещества?
3. Напишите основные реакции горения.
4. Какие различают зоны горения в генераторе?
5. Что такое восстановительная зона?

Свойства газов

Определение понятия газа

Газообразным состоянием вещества называется такое, при котором вещество не имеет собственной формы и не имеет постоянного объема, принимая форму того сосуда или помещения, в котором оно находится, стремясь занять как можно больший объем.

Газами называются вещества, которые подобно воздуху при обыкновенной температуре и атмосферном давлении

находятся в газообразном состоянии. Наиболее известные из газов — это кислород, азот, водород, окись углерода, метан (болотный газ). Как газ можно рассматривать также и водяной пар при очень высоких температурах.

К газовым смесям, имеющим важное значение в технике должны быть отнесены: атмосферный воздух, светильный газ, генераторный или воздушный газ, водяной газ, смешанный (полуводяной) газ и пр.

Объем газа

Количества газов обычно даются в объемных величинах (куб. метрах) и лишь редко в весовых количествах. При указании объема газа безусловно должно быть также указано и состояние измеряемого газа, т. е. его температура, давление и влажность, потому что, как увидим ниже, от этих величин зависит объем газов.

Чтобы можно было сравнивать между собой результаты различных измерений, объем газа должен быть приведен к нормальным условиям. Под **нормальным объемом газа** понимают такой объем, который дан при давлении равном атмосферному (760 мм ртутного столба), при температуре 0°C в сухом состоянии.

Газовые законы

Основными газовыми законами являются следующие:

1. Закон Бойля-Мариотта. Для одного и того же весового количества газа занимаемые объемы при постоянной температуре и различных давлениях обратно пропорциональны давлению.

Это значит, что если мы имеем газ, который при давлении P занимает объем V , то при другом давлении P_1 , например в два раза большем, чем P , объем V_2 газа будет меньше в два раза.

Таким образом закон Бойля-Мариотта устанавливает ту зависимость, с какой происходит изменение объема газа в связи с изменением давления.

2. Закон Гей-Люссака устанавливает зависимость изменения объема газа в связи с изменением температуры. По этому закону для одного и того же весового количества газа, при постоянном давлении, занимаемые газом объемы пропорциональны температуре, т. е. если мы имеем, что при данной температуре T° какой-либо газ занимает определенный

объем V_0 , то при другой температуре T_1° этот газ будет занимать уже другой объем V_1 , а именно, с повышением температуры на один градус газ будет увеличиваться на $1/273$ часть своего объема. Вычислено, что при изменении температуры газа на каждые 3°C объем его изменяется примерно на 1%.

Удельный вес газов

Удельный вес газа — это число, которое показывает, во сколько раз объем сухого газа тяжелее или легче такого же объема сухого воздуха при одной и той же температуре и давлении. Для газов эта величина удельного веса считается при температуре 0° и давлении равном 760 мм ртутного столба.

В нижеприведенной таблице даны удельные веса некоторых газов, а также приведены веса одного куб. метра этих газов.

Удельные веса газов

Название газа	Химическая формула	Вес 1 м^3 в кг	Удельный вес
Окись углерода	CO	1,2493	0,966
Углекислота	CO ₂	1,9632	1,519
Воздух	—	1,2928	1,000
Кислород	O ₂	1,4278	1,105
Сероводород	H ₂ S	1,5209	1,176
Азот	N ₂	1,2502	0,967
Водород	H ₂	0,0899	0,069
Водяной пар	H ₂ O	0,8035	0,622

Вес 1 м^3 газа получается умножением его удельного веса на 1,2928 кг (вес 1 м^3 воздуха). Удельный вес газов иногда определяется в аппарате Шиллинга. Аппарат основан на том принципе, что одинаковые по величине объемы различных газов, при истечении под одним и тем же давлением и при одной и той же температуре из узкого отверстия, имеют различное время истечения и что удельные веса газов относятся как квадраты времени истечения (рис. 2).

Если t — время истечения воздуха

t_1 — « « газа

s — уд. вес воздуха

s_1 — « « газа

то

$$s : s_1 = t^2 : t_1^2,$$

откуда

$$s_1 = \frac{s \cdot t_1^2}{t^2},$$

а так как уд. вес воздуха = 1, то

$$s_1 = \frac{t_1^2}{t^2}.$$

Аппарат Шиллинга состоит из двух стеклянных цилиндров одного узкого и другого широкого. В широкий цилиндр А, наполненный водой, помещается другой узкий В. Внутренний цилиндр твердо установлен в латунной крышке, открыт с нижнего конца и закрыт крышкой сверху.

Он имеет два узких перехвата, на которых нанесены черточки а и б. Через верхнюю крышку сосуда В проходят две латунные трубки. Одна согнута под углом и имеет простой кран, другая — прямая с двухходовым краном; на последней находится маленькая латунная гильза С с платиновым листком, в котором сделано маленькое отверстие. Двухходовой кран D: 1) позволяет совершенно закрыть цилиндр В, 2) допускает соединение цилиндра В с атмосферным воздухом, 3) соединяет цилиндр В с гильзой С, в которой имеется тонкое щелевидное отверстие.

По трубе в цилиндр В напускается газ, удельный вес которого хотят определить.

Кроме того сквозь крышку проходит еще термометр, при помощи которого определяют температуру газа и воздуха, если они различны. Скорость истечения газа из аппарата определяют по секундомеру. Обычно на заводах имеются уже готовые таблицы, составленные для данного газа или смеси газов; в этих таблицах для каждой скорости истечения указан удельный вес, так что вычислять ничего не приходится.

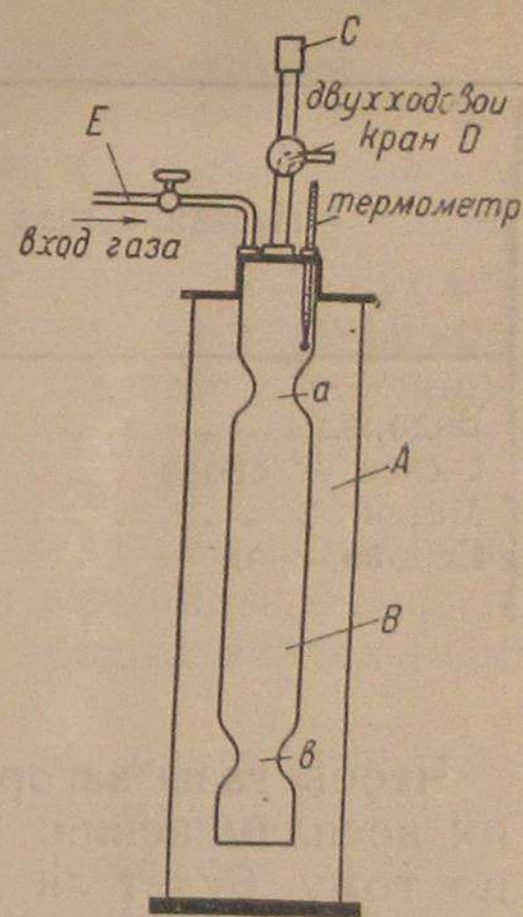


Рис. 2. Аппарат Шиллинга для определения удельного веса газов.

Теплотворная способность газов

Под теплотворной способностью горючего материала, в данном случае газа, понимают то количество единиц тепла (или «калорий»), которое развивается при полном сгорании единицы веса данного газа (1 кг) или единицы объема (1 м³).

В состав водяного газа и воздушного газа входят несколько горючих газов, как например водород, окись углерода, метан и сероводород. Остальная (негорючая) часть водяного газа: углекислота, азот — является балластом газообразного топлива. Путем опытов было найдено, что при полном сгорании указанных выше газов выделяется следующее количество тепла.

Сгорание газов

Название газа	Химическая формула	Наибольшая теплотворительность газа в кал	
		на 1 кг	на 1 м ³
Водород	H ₂	34 100	3 052
Окись углерода	CO	2 440	2 800
Метан	CH ₄	13 250	8 700
Сероводород	H ₂ S	2 470	4 150

Чтобы газы загорелись, их нужно нагреть до температуры их воспламенения. Температура эта будет различна, смотря по тому, будет ли происходить сгорание газа в атмосфере воздуха или кислорода.

Температура воспламенения (по Диксону)

Название газа	Химическая формула	В кислороде в °С	В воздухе в °С
Водород	H ₂	580—590	580—590
Окись углерода	CO	637—658	644—658
Метан	CH ₄	556—700	650—750

Пример. Определить теплотворительность водяного газа:

Составные части водяного газа	Проц. объема	Теплотворительность 1 м ³ в кал	Всего в кал
Водород H ₂	50,44	× 3 052 =	153 943
Окись углерода CO	39,10	× 2 800 =	109 480
Сероводород H ₂ S	0,25	× 4 150 =	1 038
Метан CH ₄	0,30	× 8 700 =	2 610
Углекислота CO ₂	5,00	—	—
Кислород O ₂	0,20	—	—
Азот N ₂	4,71	—	—

Итого 100,00 м³ дадут 267 071 кал.

Теплотворительность 1 м³ = 2 670 кал.

Образование взрывчатых смесей газа с воздухом

Водород, водяной газ, окись углерода и другие горючие газы, смешиваясь с определенным объемом воздуха, образуют взрывчатую смесь. Эта смесь взрывает, если придет в соприкосновение с открытым пламенем, электрической искрой, искрой от удара о металл и пр. Образование **хлопков** в аппаратуре генераторных установок и происходит благодаря воспламенению таких взрывчатых смесей газа с воздухом. Поэтому во всех тех помещениях газовых станций, где возможны утечки газа и образование взрывчатых смесей его с воздухом, принимается целый ряд предохранительных мер во избежание взрывов.

Электрическая проводка, электромоторы, различные выключатели, освещение — все это ставится специального взрывобезопасного исполнения. В таких помещениях воспрещается пользование открытым пламенем, куренье, производство сварочных работ и пр. Несоблюдение этих правил и мер предосторожности может быть причиной взрыва, часто сопровождающегося человеческими жертвами и большими разрушениями.

Ниже мы приводим таблицу пределов взрываемости смеси газов с воздухом. Таких пределов считаются два: верхний и нижний. Приведем пример.

В помещение начинает просачиваться из какого-либо аппарата водород. До тех пор пока водорода не наберется в воздухе 9,4% (по объему), взрыва может не произойти. Но уже при содержании водорода в 9,5% происходит взрыв.

Величина 9,4% будет называться **нижней границей** или **нижним пределом взрыва**. Если в дальнейшем содержание водорода в воздухе будет возрастать, смесь будет все время взрывчатой, до тех пор пока содержание водорода не достигнет 66,5 объемных процентов. Это будет **верхний предел** взрываемости для водорода; при нем взрыва уже не будет, но произойдет вспышка, воспламенение газа.

Пределы взрыва
(определены в 19-миллиметровой трубке)
Таблица Эйтнера

Название газа	Процентное содержание горючего газа в смеси с воздухом			Границы взрыва	
	Нет взрыва	Пределы взрыва	Нет взрыва	нижний	верхний
Окись углерода CO	16,4	16,6—74,8	75,1	16,5	74,95
Водород H ₂	9,4	9,5—66,3	66,5	9,45	66,4
Водяной газ	12,3	12,5—66,6	66,9	12,4	66,75
Светильный газ	7,8	8,0—19,0	19,2	7,9	19,1
Метан	6,0	6,2—12,7	12,9	6,1	12,8
Бензин	2,3	2,5—4,8	1,0	2,4	4,9

Контрольные вопросы

1. Какие вещества называются газами?
2. Назовите наиболее известные из газов.
3. Что такое нормальный объем газа?
4. Как изменяется объем газа при изменении давления?
5. Как изменяется объем газа с изменением температуры?
6. Что такое удельный вес газа?
7. Как устроен аппарат Шиллинга?
8. Что такое теплотворная способность газа?
9. В каких пределах взрывает водяной газ?

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА И ВОДЯНОГО ГАЗА

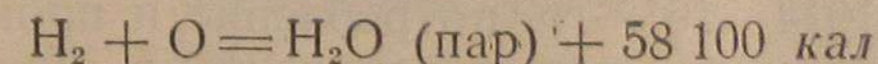
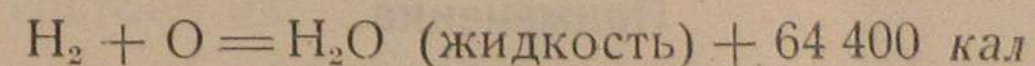
Водород

Физические свойства

Водород представляет собою газ, лишенный цвета, запаха и вкуса, встречающийся на земле в свободном состоянии в очень небольших количествах. В соединении с другими элементами он встречается в больших количествах, например в воде, которая представляет соединение водорода с кислородом.

Водород один из самых легких газов, которые мы знаем; один кубический метр его, при нормальных условиях, т. е. при 0° и 760 мм давления, весит 89,947 грамма. Отнесенный к воздуху, как к единице, он имеет плотность 0,0696, он в 14½ раз легче воздуха. Благодаря своей легкости он служит для наполнения воздушных шаров. Водород очень легко воспламеняется; он горит голубоватым слабо светящимся пламенем, но горения сам водород не поддерживает. Это можно доказать тем, что зажженная свеча у отверстия цилиндра, наполненного водородом, воспламеняет водород, а сама в цилиндре гаснет.

Сгорание водорода протекает по следующим уравнениям:



Отсюда вычисляется теплота сгорания 1 кг водорода: в воду 33 928 кал и в водяной пар 28 819 кал.

Один куб. метр водорода выделяет при сгорании в воду 3 029 кал, а при сгорании в водяной пар 2 573 кал.

Химические свойства

При обыкновенной температуре водород очень слабо и редко вступает в реакцию с другими телами.

Непосредственно, при определенных условиях, он соединяется с весьма небольшим числом веществ, например с кис-

лородом, углеродом, серой и некоторыми другими. Будучи приведен в соприкосновение с пламенем на воздухе, он соединяется с кислородом последнего и сгорает в воду. Следовательно продуктом горения водорода в данном случае является вода.

Смесь водорода с кислородом называется **гремучим газом**, так как она при воспламенении от пламени или искры сгорает со взрывом. Особенно сильный взрыв получается, если зажечь смесь 2 объемов водорода и 1 объема кислорода.

Громкий звук взрыва обуславливается тем, что образовавшийся водяной пар, благодаря моментально развивающейся от теплоты сгорания высокой температуре, занимает гораздо больший объем, чем первоначальная смесь обоих газов, и вследствие этого вдруг сильным толчком раздвигает окружающий воздух. Температура, до которой нужно нагреть гремучий газ, чтобы вызвать в нем взрыв, оказалась равной приблизительно 700° .

Водород не только способен соединяться со свободным кислородом, но может даже отнимать кислород от многих его соединений; это свойство водорода превращать более богатые кислородом соединения в более бедные или совсем его не имеющие называется **восстанавливающей способностью**, а самый процесс отнятия кислорода — **восстановлением**. Совершенно исключительной реакционной способностью обладает водород в момент его образования, выделения. В последнее время, кроме того, получен **атомный водород**, чрезвычайно активный. Он образуется, если например газообразный водород пропускать между вольфрамовыми электродами вольтовой дуги; при этом происходит распадение молекулы водорода на атомы.

Применение

До войны 1914—1918 гг. потребление и производство водорода было сравнительно ограниченным. Лишь война, выдвинув громадную потребность в водороде, сильно способствовала усовершенствованию методов его получения и развитию водородной промышленности.

Главным потребителем водорода является теперь промышленность синтетического аммиака. Производство синтетического аммиака после войны не только не уменьшилось, но даже увеличилось. Одни только заводы Баденской анилиново-содовой фабрики в Германии потребляют для производства синтетического аммиака 2 000 000 куб. метров водорода в день. Далее крупным потребителем водорода явля-

ется гидрогенизационная промышленность, дающая возможность превращать жидкие растительные масла и рыбы жиры в твердый продукт, пригодный для пищи и для мыловарения.

Водород применяется также для гидрогенизации не только жиров, но и ароматических углеводородов, например для получения декалина, тетралина и др.

В последнее время потребность в водороде встретила еще со стороны новой отрасли промышленности. Эта область связана с открытием Бергиусом и Фишером способа сжижения угля, основанного на присоединении к углю водорода при высоких давлениях, с участием катализаторов, с образованием при этом жидких горючих углеводородов, бензина и пр. Неудивительно поэтому, что во всех странах в последнее время усиленно разрабатываются методы производства водорода и с невероятной быстротой растет число патентов в этой области.

Водяной газ

Состав и свойства

Под именем водяного или голубого газа понимают газовую смесь, которая получается при продувании водяного пара через слой раскаленного углерода (кокс, антрацит). Получающийся при высоких температурах (около 1200°) водяной газ теоретически должен состоять из:

50 объемных частей водорода H_2
50 " " " окиси углерода CO

При низких температурах (около 800° C) водяной газ теоретически состоит из:

33,3 объемных частей CO_2
66,7 " " " H_2

В действительности же получаемый водяной газ обычно имеет следующий средний состав (проценты объемные):

H_2	50%
CO	40%
CH_4	0,5%
CO_2	5%
N_2	4,5%
H_2S	0,25—0,50%

Удельный вес водяного газа равен 0,518 (по сравнению с воздухом, вес которого принимается за 1).

Один куб. метр водяного газа весит при 0° и 760 мм барометрического давления 670 граммов.

Теплотворная способность одного куб. метра водяного газа при тех же самых условиях достигает 2 825 калорий. При сгорании одного куб. метра водяного газа получается 0,4 кг воды.

Водяной газ бесцветен, не имеет запаха и вследствие высокого содержания окиси углерода очень ядовит.

На воздухе он горит голубым несветящимся пламенем и поэтому обычно называется голубым водяным газом. Смешанный с воздухом он взрывает, как только в 100 частях смеси его с воздухом будет содержаться водяного газа более 12,3 объемных частей. При содержании в смеси с воздухом выше 66,9 объемных процентов водяного газа взрыва уже не происходит.

Водяной газ в указанной смеси с воздухом взрывает от соприкосновения с открытым пламенем, электрической искрой и т. п.

Большим недостатком чистого водяного газа является то, что в виду значительного содержания в нем окиси углерода он очень ядовит и вместе с тем не имеет подобно светильному газу сильного запаха, так что утечку его не всегда легко обнаружить. С целью придать ему запах его парфюмируют каким-нибудь пахучим веществом: меркаптаном, тиоацетоном или карбиламином.

Водяной газ сам по себе обладает небольшой световой силой, в простых горелках он горит бесцветным синеватым пламенем, но в Ауэровских горелках он светит весьма удовлетворительно.

Часто с целью увеличить в нем содержание тяжелых углеводородов, обладающих большой теплотворной и световой силой, он подвергается **карбюрации**. Для этого он пропускается через пары бензола или нефтяных масел. Теплотворная способность карбюрированного водяного газа значительно выше, чем нормального, и достигает 5 000 калорий на 1 м³. Карбюрированный водяной газ горит светящимся пламенем и по своим характерным свойствам приближается к светильному каменноугольному газу.

Область применения

Область применения водяного газа довольно значительна. Он имеет большое применение при добывании водорода, являясь иногда исходным основным материалом для получе-

ния водорода (способ Клода, Габер-Боша, Нитрожена), а иногда применяется в качестве восстанавливающего газа, например при железо-паровом способе получения водорода (Пинч, БАМАГ, Мессершмидт и др.).

Водяной газ применяется для разбавления каменноугольного светильного газа, к которому его можно примешивать до 30%. Для городских газовых заводов это имеет целый ряд преимуществ: получение водяного газа дешевле, чем каменноугольного, сырой материал для получения водяного газа — кокс — доставляется самим газовым заводом, наконец установка водяного газа уже через 2—3 часа готова к выработке газа, что имеет значение при внезапно повышающемся расходе водяного газа.

Высокая температура пламени ($1\ 700^{\circ}$), которую имеет водяной газ, в особенности находит применение на металлургических заводах, для сварки металлических частей, в сталелитейном деле, на пушечных и оружейных заводах, на стеклянных, фаянсовых и химических заводах.

Водяной газ применяется как топливо для сжигания в топках, для освещения и для питания газомоторов. В последних двух случаях он должен предварительно подвергаться очистке от смолистых примесей, углекислоты и сернистых соединений.

Контрольные вопросы

1. Что такое гремучий газ?
2. Почему водород называется восстановительным газом?
3. В каких пределах взрывает смесь водорода с воздухом?
4. Назовите главные области применения водорода?
5. Что такое водяной газ?
6. Почему ядовит водяной газ?

Кокс и антрацит

Основными материалами для производства водяного газа являются кокс и антрацит, сжигаемые в генераторных установках.

Понятие о топливе

По своему химическому составу всякое рабочее топливо, т. е. топливо в том виде, в каком оно поступает к потребителю для сжигания, состоит из углерода, водорода, кислорода и азота; кроме того топливо содержит еще серу, золу и влагу. Количество в топливе серы, золы и влаги в сильной степени зависит от условий добычи топлива, его хранения, переработки и других причин. Серу, золу и влагу, как нежелательные примеси, относят к так называемому балласту топлива.

Классификация топлива

Топливо по своему состоянию подразделяется на твердое, порошкообразное, жидкое и газообразное.

Твердое топливо: дрова, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, кокс.

Порошкообразное топливо: превращенное в тончайший порошок различное твердое топливо.

Жидкое топливо: нефть, мазут, бензин, керосин, спирт, смола.

Газообразное топливо: природный газ, светильный газ, газ доменных печей, водяной газ.

При нагревании топлива без доступа воздуха оно распадается на две части: летучую и твердую. По выходе из топлива горючих летучих веществ в остатке получают твердое вещество **кокс**, в состав которого входят: углерод, минеральные примеси, зола, шлаки. Количество и качество лету-

чих веществ имеют весьма важное значение в процессе горения топлива.

Теплотворная способность и состав топлива. Чтобы иметь полное представление о топливе, необходимо кроме его химического состава и выхода летучих горючих знать еще теплопроизводительность или **теплотворную способность топлива**. Под последней понимают количество тепла, выделяемого при сгорании одного килограмма твердого или жидкого топлива или одного куб. метра газообразного топлива. Это количество тепла выражают в особых тепловых единицах — **калориях**. Калорией называется количество тепла, необходимое для нагревания одного килограмма воды от 0 до 1°.

Различают высшую теплотворную способность топлива и низшую. Под высшей теплопроизводительностью понимают все тепло топлива, которое может быть выделено при полном его сгорании и при условии, если вода от сгорания водорода не превращается в пар. Под низшей же теплопроизводительностью разумеется все тепло, выделенное при полном сгорании топлива, за вычетом из него тепла, пошедшего на испарение влаги, как заключающейся в топливе до его сгорания, так и той влаги, которая получается при сгорании водорода.

Теплопроизводительность топлива определяется наиболее точно путем сжигания его в калориметрической бомбе, но может быть определена и путем вычисления по формулам, если известен элементарный состав топлива. Такова, например, формула проф. Д. И. Менделеева для твердых и жидких топлив, в которой через Q обозначена низшая (рабочая) теплотворная способность топлива, а буквами химической азбуки — весовой процент каждого элемента в составе топлива (через W обозначен % влаги в топливе):

$$Q_{\text{низш. раб.}} = 81C + 300H + 26(S - O - 6(9H + W)) \text{ кал/кг.}$$

Ниже в таблице мы приводим элементарный состав некоторых видов топлива и их теплопроизводительность.

Кокс

Как было выше указано, кокс получается при нагревании специальных сортов каменного угля в коксовых печах без доступа воздуха. Коксование ведется при высоких температурах (1000—1200° С). Вынимаемый из печи готовый рас-

Элементарный состав рабочей массы топлива в СССР
и рабочая теплопроизводительность

Топливо	Содержание в % веса рабочей массы						Теплопроизводительность в кал
	C	H	O+N	W влага	A зола	S серы	
Дрова (средн. кач.)	36,6	4,5	32,4	25	1,5	—	3 100
Торф " "	41,7	3,7	24,6	25	5,0	—	3 520
Подмосковный уголь марки О	37,1	2,75	10,25	30	17,0	3,0	3 300
Антрацит марки АП	85,4	1,75	1,75	4,5	4,8	1,8	7 350
Антрацит марки АК	82,7	1,72	1,72	4,1	7,6	1,76	7 150
Кокс (примерный состав)	82,9	1,0	2,6	1,8	10,3	1,4	7 040

каленный кокс обычно тушится водой, эта операция содействует выделению из кокса серы. В зависимости от качества кокса и его дальнейшего назначения различают: 1) металлургический кокс (или доменный), 2) литейный (или ваграночный). По внешнему виду хороший кокс имеет блестящую поверхность, чаще всего светлосерого цвета, обладает твердостью, при постукивании издает звон и имеет плоскоракостистый излом с небольшими порами.

Удельный вес кокса колеблется в пределах 1,2—2. Кубический метр кускового кокса весит 350—500 кг. Гигроскопичность кокса невелика и выражается 1—4%, однако иногда продажный кокс имеет и 8% влаги, оставшейся после тушения раскаленного кокса водой.

Одним из важных физических свойств кокса является **твердость**. Для определения твердости делают испытания на раздавливание и истирание. Твердость выражается давлением в килограммах на 1 см². Для доменного кокса требуется твердость в 140—175 кг/см.

Проба на истирание ведется в барабанах со щелями в 25 мм. Барабан вращается на горизонтальной оси со скоростью 10 оборотов в минуту. После 150 оборотов кокс отсеивают от мелочи на сите с отверстиями 40 × 40 мм. Остатка на сите должно быть не менее 65%. Для испытания берут обыкновенно около полутонны кокса (400 кг).

Содержание в коксе золы имеет для работы генераторов

большое значение. Величина содержания золы во многих случаях при выборе кокса для газификации дает перевес. Колосниковая решетка в генераторах водяного газа служит не только для поддержания топлива, но и для равномерного распределения воздуха, что дает также равномерность сгорания. Это свойство существенно зависит от содержания в коксе золы и шлаков. Установки Пауэр-газ и Ньютон Чемберс могут работать с гарантийной производительностью лишь на твердом металлургическом коксе с содержанием золы не выше 16%.

Кроме количества золы в коксе еще имеет важное значение температура плавления золы. Обычно различают точку размягчения, плавления и истечения. В состав шлака золы входят: кремневая кислота, окись алюминия, окись железа, окись кальция и окись магния. Вообще можно сказать, что для образования шлаков соотношение таких веществ, как глина и кремневая кислота, к остальным веществам, как окись железа, известь и магний, имеет значение

$$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}} = 5,5 - 1,0$$

Чем больше это отношение, тем труднее плавится шлак. Генераторная установка Пауэр-газ дает нормальную производительность при работе на коксе, температура плавления золы которого лежит в пределах не ниже 1400°.

Необходимо еще указать при оценке кокса на два понятия: это точка воспламенения и реакционная способность кокса. Под последней понимают способность кокса восстанавливать углекислоту в окись углерода.

Реакционная способность повышается равномерно с температурой.

Температуры воспламенения

Древесный уголь	252°
Газовый кокс	500°
Металлургический кокс	640°

Газовый кокс обладает большей реакционной способностью и меньшей точкой воспламенения в сравнении с металлургическим коксом.

Содержание в коксе серы колеблется в пределах 1,2—2,1 (для донецкого кокса). Кокс, в котором содержание серы превышает 2,1%, является мало желательным для газификации.

ции, так как это вызывает в дальнейшем повышение расхода при очистке полученного газа от серы. Теплотворная способность хорошего кокса должна быть не ниже 7 000 кал (органической части — около 8 000 кал).

Технические условия для специальных сортов топлива по данным 1925 г.

Наименование сорта	Марка	Размер кусков в мм	Предельное содержание			Теплотворная способность (в б.с.м.бе) кал
			влаги %	серы %	зола %	
Антрацит литейный	АЛ	Не менее 75	5	2,5	8	7 800—7 650
Антрацит газогенераторный	АГ	От 25 до 100	5	2,5	8	7 800—7 650
Антрацит плита	АП	Свыше 125	5	4	10	7 200
Кокс литейный I сорт	КЛ I	Более 50	8	2,0	13	—
Кокс литейный II сорт	КЛ II	Более 50	8	2,0	16	—
Кокс металлургический	КМ	Более 50	8	3,5	17	—

Антрацит

Антрацит есть твердое естественное топливо, последний этап превращения растительных остатков в уголь. Значительные количества антрацита у нас находятся в Донецком угольном бассейне (пласты Власовский, Грушевский, Должанский и др.).

Антрацит отличается от каменного угля большей плотностью, высоким удельным весом и сильным жирным блеском. Углерода содержит от 92 до 97%. Удельный вес антрацита 1,25—2,0. Наиболее пригодным по своему составу для получения водорода по железо-паровому способу является антрацит, содержащий:

Зола	не свыше 4 ⁰ / ₁₀₀	Летучих	не свыше 5,0 ⁰ / ₁₀₀
Серы	" 1,5 ⁰ / ₁₀₀	Мелочи	" 0,0
Влаги	" 3 ⁰ / ₁₀₀		

При получении из антрацита водяного газа он не должен растрескиваться в генераторах при высоких температурах, иначе образовавшаяся при этом мелочь будет создавать со-

противление пару и воздуху и тем снижать производительность генераторов. Антрацит должен иметь тугоплавкую золу, плавкостью не ниже 1 100°. Размер кусков при загрузке в генератор должен быть от 60 до 120 мм.

В случае отклонений от этих условий расход антрацита на производство одного куб. метра газа соответственно возрастает. Так, при производстве водорода по железо-паровому способу, по данным немецких фирм, мы будем иметь следующий перерасход антрацита. При увеличении на 1%:

Зола расходуется больше антрацита на	2 ⁰ / ₁₀₀	Влаги расходуется больше антрацита на	1 ⁰ / ₁₀₀
Серы расходуется больше антрацита на	5 ⁰ / ₁₀₀	Мелочи расходуется больше антрацита на	10 ⁰ / ₁₀₀

Сидерит

В генераторах системы Пинча, вырабатывающих водород по железо-паровому способу, в качестве катализатора¹ раньше применялись особые брикеты в форме кирпичей размером 250 × 116 × 50 мм. В состав этих брикетов входят главным образом следующие вещества (в %):

Fe ₂ O ₃	59,3	MgO	23,0
Al ₂ O ₃	10,7	SiO ₂	6,9

Впоследствии оказалось, что применение сидерита или углекислого железа вместо указанного состава брикетов значительно повышает производительность генератора. Сидерит, или углекислая соль закиси железа есть природная железная руда. Применяемый у нас сидерит Бакальского месторождения имеет примерно следующий состав (в %):

SiO ₂	13,44	CaO	0,38
Al ₂ O ₃	2,64	MgO	8,37
Fe ₂ O ₃	1,38	CO ₂	32,40
FeO	41,04		

Сидерит указанного месторождения является наиболее чистым, без содержания пород, без бурого и магнитного железняка. Есть сидериты, которые содержат железа больше, однако по своей структуре они являются неподходящими для получения водорода.

К сидериту должны предъявляться следующие технические требования:

1) содержание металлического железа в нем не должно быть ниже 36%;

¹ Катализаторами называются вещества, ускоряющие ход реакции, но количество которых до и после реакции остается без изменения.

2) куски сидерита не должны содержать включений посторонней породы;

3) куски сидерита должны быть крепки и не иметь выветрившихся частей, что характеризуется большим содержанием железа в виде Fe_2O_3 ;

4) в изломе сидерит должен иметь ровную кристаллическую структуру и быть по внешнему виду розовато-желтого цвета.

Болотная железная руда

Болотная руда применяется при сухой очистке водяного газа или водорода от сероводорода и цианистых соединений. Болотная руда по своему химическому составу есть естественный гидрат окиси железа с примесью пустой породы и незначительным количеством других элементов. Она бурого цвета и имеет не металлический, а земляной вид; встречается на дне болот и озер, а также под торфяниками и среди них. Образовалась она из воды, содержащей в растворе углекислую соль, которая после поглощения кислорода образует водную окись железа.

Одним из месторождений в СССР, где в данное время разрабатываются залежи болотной железной руды, является ст. Парголово Октябрьской ж. д. Руда этих месторождений применяется на наших заводах.

Анализ болотной железной руды (со ст. Парголово, 1929 г.)

	% на сухое вещество
Влажность	18,72
Всего железа в виде Fe_2O_3	65,47
В том числе:	
Fe_2O_3	61,23
FeO	3,82
Al_2O_3	следы
Потеря при прокаливании	15,89
Нерастворимый осадок	16,38
CaO	0,76
MgO	0,32
Сера	0,05
CO_2	2,35
Щелочность	Нет
Вся окись железа, если ее считать в виде	
$Fe(OH)_3$	81,93

Пригодная для очистки газа от серы болотная руда должна, по возможности, содержать меньше пустой породы, не содержать $FeCO_3$ и быть действительно гидратом, т. е. содержать конституционную воду.

По своим очистительным качествам парголовская руда принадлежит к средним сортам; она поглощает сероводорода около 20% по весу, в то время как хорошая руда должна поглощать до 30%.

Единственным способом определить пригодность данной руды для поглощения сероводорода является практическое насыщение ее сероводородом до отказа. Обычно это выражают в весовых процентах поглощенного рудой сероводорода. Никакие другие определения не дают правильного суждения о поглотительной способности руды; определение гидратной воды не дает правильной оценки болотной руды.

Контрольные вопросы

1. Какие основные виды сырья применяются в установках водяного газа?
2. Что такое теплотворная способность топлива?
3. Какие нежелательные и вредные примеси находятся в коксе и антраците?
4. Что такое шлак?
5. Что такое сидерит?
6. Для чего применяется болотная железная руда?

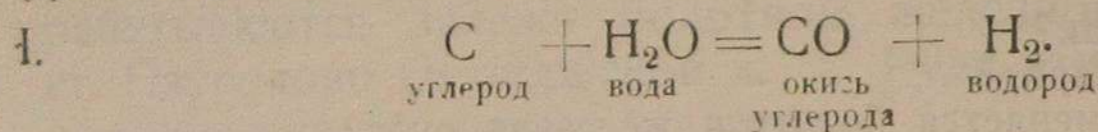
ПРОИЗВОДСТВО ВОДЯНОГО ГАЗА ПО СПОСОБУ ПИНЧА

В настоящей главе мы дадим краткое описание производства водяного газа в генераторах Пинча.

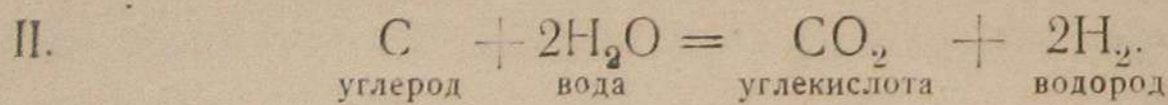
Теория процесса

Водяной газ получается в генераторах при прохождении водяного пара через слой раскаленного углерода (кокса, антрацита или другого богатого углеродом горючего). При этом водяной пар разлагается на свои составные части — водород и кислород, и одновременно происходит соединение кислорода с углеродом в окись углерода и углекислоту.

Образование водяного газа происходит по двум основным уравнениям:



Эта реакция идет только при высоких температурах — 1100—1200°; если же температура опускается ниже 900°, то образование водяного газа происходит по уравнению:



Если температура в генераторе понижается до 500°, то образование водяного газа происходит почти исключительно по уравнению II.

При разложении водяного пара по уравнению I образующийся газ теоретически содержит по объему:

Водорода H ₂	50%
Окиси углерода CO	50%

При разложении же по уравнению II получается:

Углекислоты CO ₂	33,3%
Водорода H ₂	66,7%

Так как в большинстве случаев требуется водяной газ с возможно высокой теплотворной способностью, то стараются получить его по уравнению I.

Однако всегда одновременно в генераторе идет образование газа и по II уравнению. Всегда образуется немного углекислоты перед окончанием периода газования, когда углерод вследствие расхода тепла во время химического процесса образования газа заметно охлаждается. Кроме того водяной газ всегда содержит немного азота, который отчасти получается от топлива, отчасти остается в генераторе после воздушного дутья. Далее водяной газ еще загрязнен сероводородом, который может быть легко удален потом из газа химическим путем почти начисто.

Получаемый в действительности технический водяной газ имеет нижеследующие составные части (в процентах по объему):

Водород H ₂	46—52	Метан CH ₄	2,2—0,5
Окись углерода CO	37—30	Сероводород H ₂ S	0,25
Углекислота CO ₂	6—4	Кислород O ₂	0,4—0,1
Азот N ₂	8—3,5		

Если мы начнем пропускать через слой раскаленного топлива (кокса или антрацита) при температуре около 1200—1100° водяной пар, то последний станет разлагаться и начнется образование водяного газа; температура внутри генератора станет постепенно понижаться, так как для разложения водяного пара требуется затрата большого количества тепла. Наступит такой момент, когда вследствие понижения температуры разложение водяного пара прекратится, а следовательно прекратится и образование водяного газа.

Для того чтобы опять поднять в генераторе температуру до 1200°, впуск пара прекращают и начинают продувать через генератор воздух. При этом происходит сгорание топлива, сопровождающееся выделением тепла, температура в генераторе снова поднимается до 1200°; тогда прекращают воздушное дутье и вновь пускают пар. В дальнейшем эти операции чередуются.

Период парового дутья называется холодным дутьем или газованием, а период воздушного дутья называется горячим дутьем.

Обычно продолжительность этих операций в генераторах водяного газа Пинча следующая: газования 4—6 минут, воздушного дутья 1—2 минуты.

Генератор водяного газа

Генератор представляет собой железный клепаный цилиндрический кожух диаметром в 2,8 м, с неподвижной ко-

досниковой решеткой, с коническим дном и крышкой сверху. В крышке имеется загрузочное отверстие 1 для топлива. В нижней части генератора имеются шлаковые и зольниковые дверцы. Топливо загружается на колосниковую решетку, высота слоя топлива обычно достигает нижнего уровня штуцера 2. Газ выходит через верхний штуцер 2, воздух подается под колосниковую решетку через штуцер 3.

Генератор сконструирован так, что газование можно производить в меняющихся направлениях: нормально пар подается снизу под колосники и газ выходит сверху через 2; однако для того, чтобы не дать слишком высоко подняться горячей зоне и чтобы не раскалить верха генератора, после двух-трех газований снизу делают одно газование сверху. В последнем случае пар подается сверху и газ выходит через штуцер 3.

При воздушном дутье воздух подается снизу под колосники через штуцер 3.

Генератор внутри футерован шамотным кирпичом; толщина футеровки цилиндрической части равна 275 мм. Между кожухом генератора и футеровкой имеется изоляционный

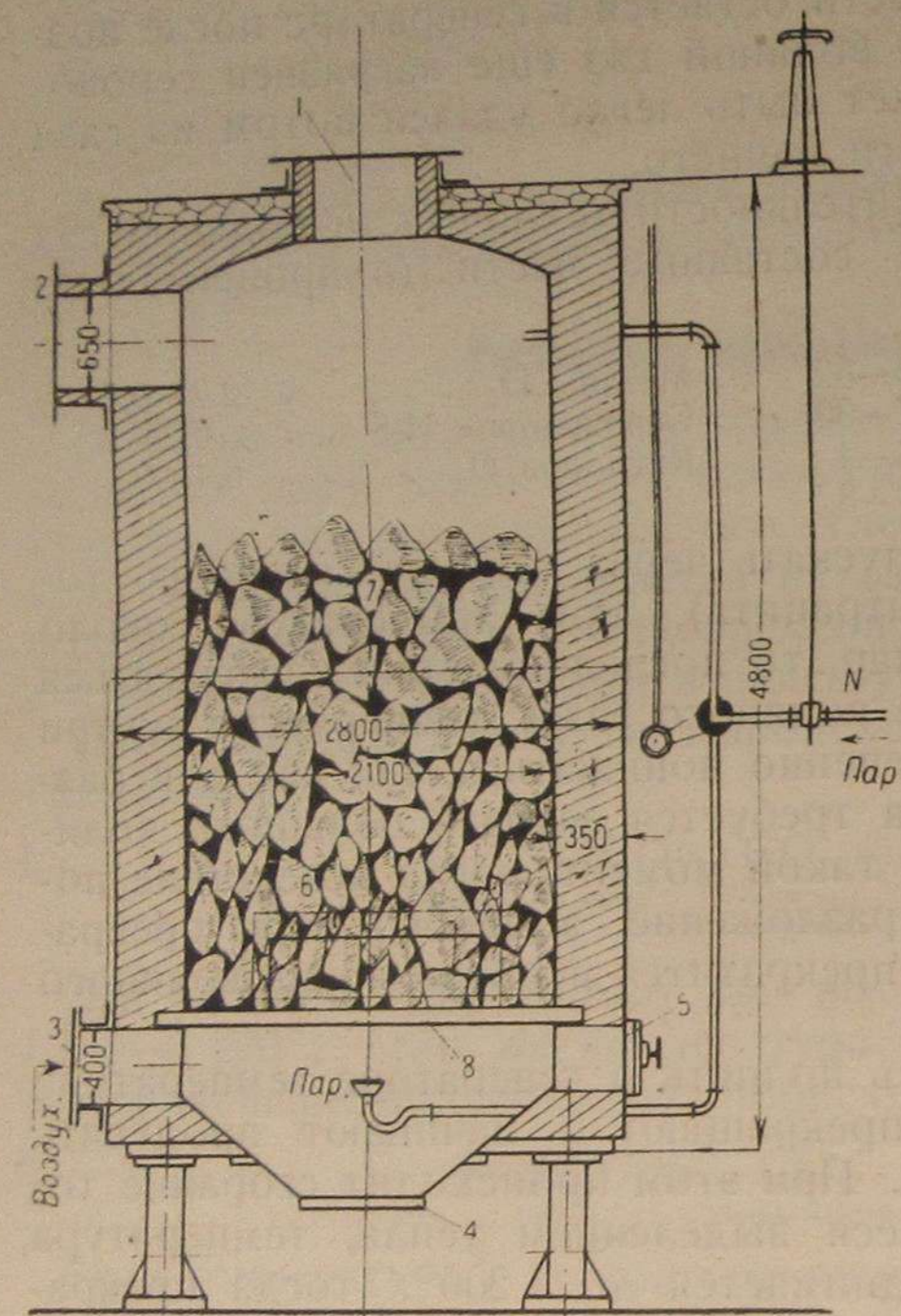


Рис. 3а. Генератор водяного газа системы Пинча: 1 — загрузочное отверстие; 2 — штуцер выхода газа; 3 — вход воздуха и выход газа (газование сверху); 4 — зольник; 5 — поддувало; 6 — шлаковые дверцы; 7 — шахта генератора; 8 — колосниковая решетка.

Генератор внутри футерован шамотным кирпичом; толщина футеровки цилиндрической части равна 275 мм. Между кожухом генератора и футеровкой имеется изоляционный

слой шлаковой ваты или асбестита толщиной 75 мм. Материал, применяемый для футеровки, должен быть очень высокого качества, температура его плавления должна соответствовать конусам Зегера.

Q — № 33—34, т. е. 1790—1810°,

A — № 34—35, т. е. 1810—1830°.

Поступление пара. Пар подается в генератор (рис. 3б) по трубе 1 или сверху, или снизу под колосниковую решетку.

Для перемены направления пара служит двухходовой кран 2, который посредством штанги 3 ставится в нужном положении и лишь после

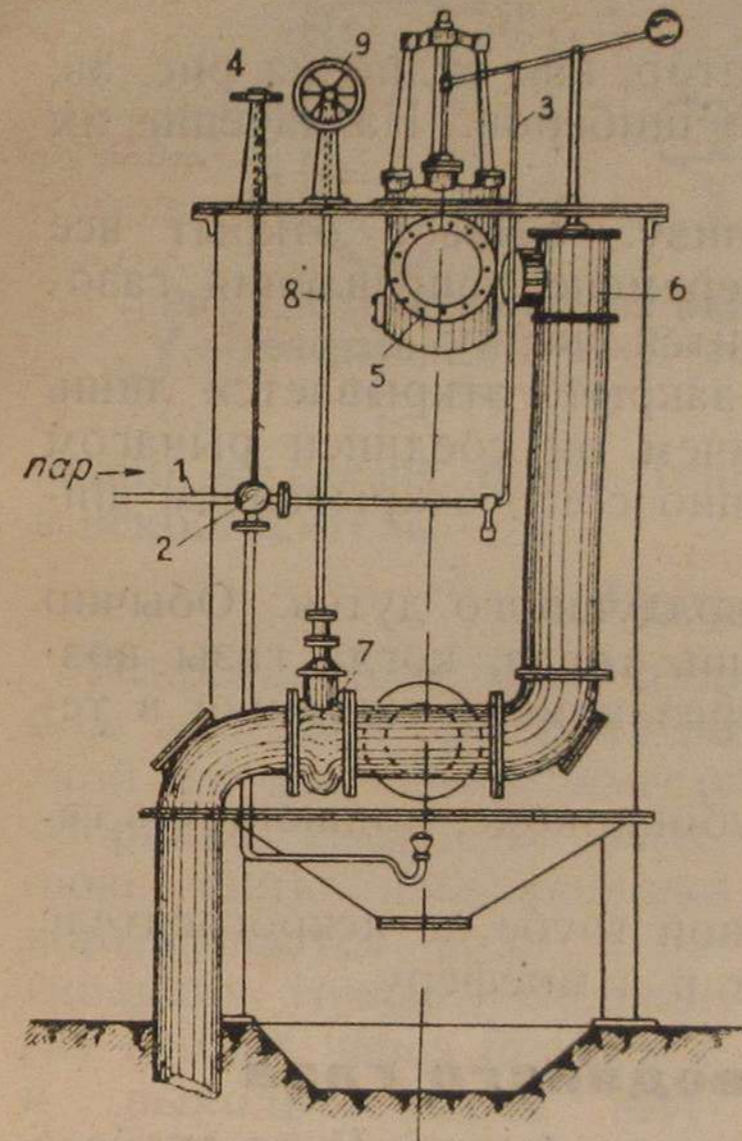


Рис. 3б. Генератор водяного газа системы Пинча. Расположение шиберов.

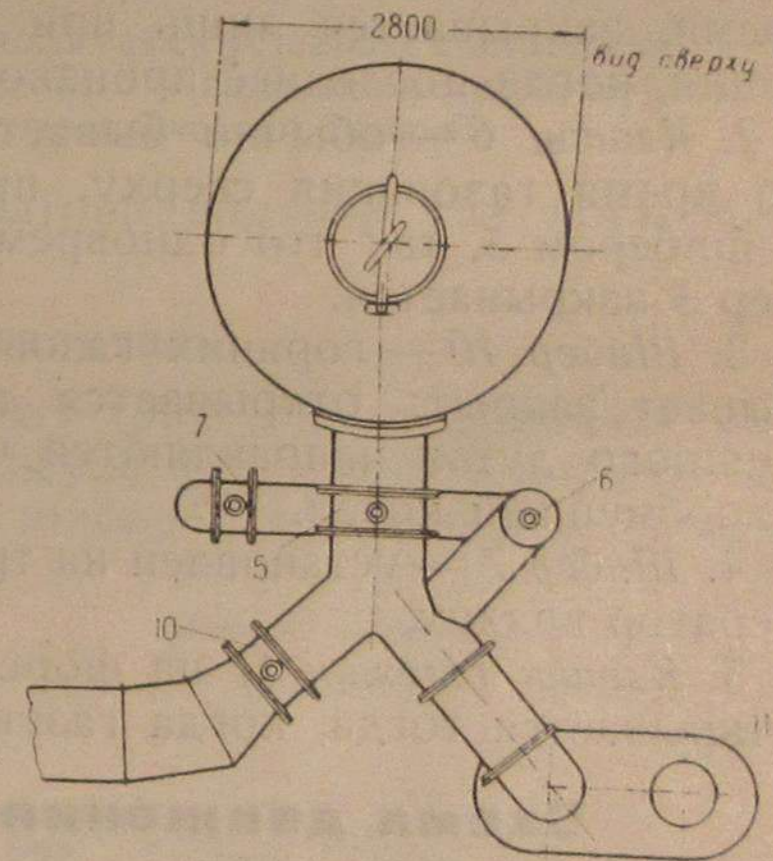
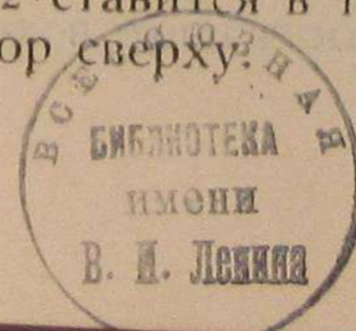


Рис. 3в. Генератор водяного газа системы Пинча. Расположение шиберов. (Вид сверху.)

того, как установлено направление пара, производится его впуск осторожным поворачиванием ручки 4 проходного крана.

Штанга 3 соединена с рычагом, закрывающим и открывающим шиберы: 5 — шибер на штуцере нижнего газования и 6 — клапан верхнего газования, так что одновременно с закрытием шиберы 5 и открытием клапана 6 двухходовой кран 2 ставится в такое положение, что пар поступает в генератор сверху.



Поступление воздуха. Воздух подается в генератор, как было уже сказано, снизу под колосники через штуцер. Воздушный шибер 7 имеет штангу 8, выходящую вверх рабочей площадки. На конце штанги имеются зубцы, которые входят в шестеренку.

Вращая маховик 9, мы тем самым поднимаем или опускаем самую штангу и таким образом можем, поднимая ее на то или иное число зубцов, регулировать количество и давление подаваемого в генератор воздуха. Благодаря установлению собачки штанга не может опуститься вниз, если не будет откинута собачка.

Расположение шиберов. Генератор, как видно из рис. 3в, имеет нижеследующее количество шиберов. Назначение их таково.

1. Шибер 5 — для газования снизу. Бывает открыт все время, закрывается лишь при перемене направления газования, когда последнее производится сверху.

2. Клапан 6 — обычно бывает закрыт, открывается лишь во время газования сверху, причем он соединен рычагом с шибером 5, так что одновременно с его открыванием шибер 5 закрывается.

3. Шибер 10 — горячих газов воздушного дутья. Обычно бывает закрыт; открывается лишь тогда, когда газы воздушного дутья направляются через камеру сжигания в теплообменный котел.

4. Шибер 7 — установлен на трубопроводе, подающем в генератор воздух.

5. Клапан тележки 11 на форсовой трубе на искрогасителе открывается тогда, когда газуют в атмосферу.

Схема движения водяного газа

Водяной газ выходит из генератора 1 (рис. 4) по трубе 6 и поступает в искрогаситель 2, где происходит вымывание водой пыли, увлекаемой газом из генератора; далее газ поступает в форляге 3 (гидравлический затвор), проходя которую водяной газ идет в скруббер 4, где происходит окончательное его охлаждение и частичное вымывание из газа сернистых соединений. После скруббера газ поступает в газгольдер водяного газа.

Газы горячего дутья идут в камеру сжигания. Так как они содержат некоторое количество горючих газов водорода и окиси углерода, то их дожигают в камере сжигания, чтобы выделить тепло, которое получается при их сгорании, после чего они с температурой около 1000° поступают в тепло-

обменный поровой котел, где за счет заключающегося в них тепла получается даровой необходимый для производства водяного газа пар. Отдав свое тепло, газы с температурой $150\text{—}200^{\circ}$ уходят через дымовую трубу в атмосферу.

Дадим краткое описание аппаратуры, в которой производится получение водяного газа по системе Пинча. Как

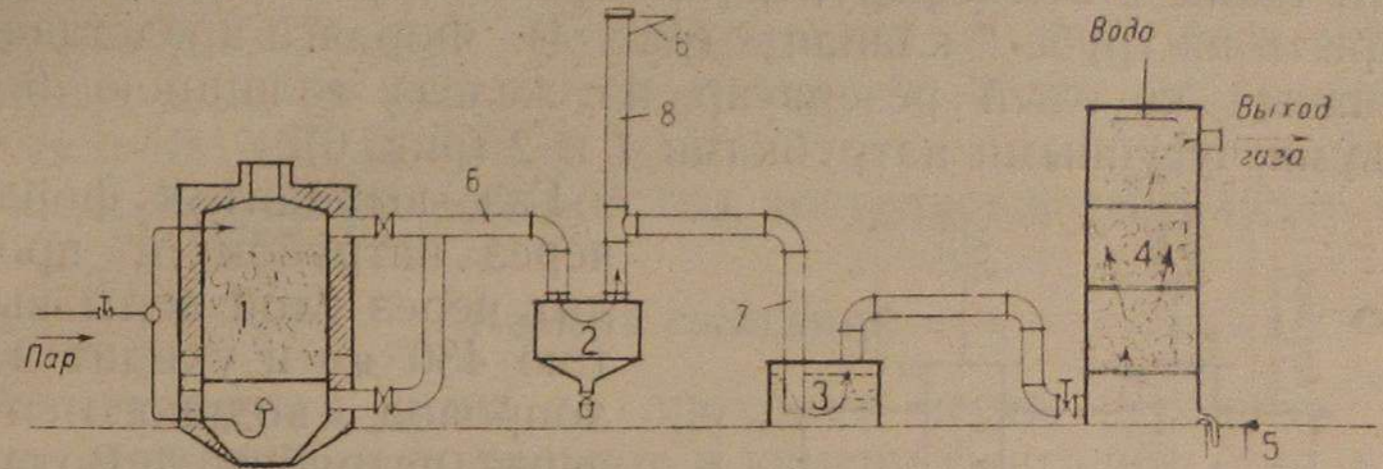


Рис. 4. Схема получения водяного газа в установке сист. Пинча. 1 — генератор; 2 — искрогаситель; 3 — гидравлический затвор; 4 — скруббер; 5 — гидравлический затвор.

видно из схемы, после генератора водяной газ поступает в искрогаситель.

Искрогаситель

Искрогаситель (пылесборник) (рис. 5) представляет собою железный клепаный резервуар 4 с сечением эллиптической формы. Внизу имеется шибер 1 для спуска из пылесборника грязи. В верхнюю часть пылесборника вбрызгивается вода в нескольких точках. Водяной газ входит через штуцер 2 и выходит через штуцер 3 — при этом происходит частичное охлаждение газа и вымывание из него пыли. Грязь собирается в нижней конической части пылесборника и периодически из него выпускается через шибер 1 в расположенную под пылесборником ванну 5, а оттуда спускается в канализацию, отчасти же выгребаются вручную лопатами.

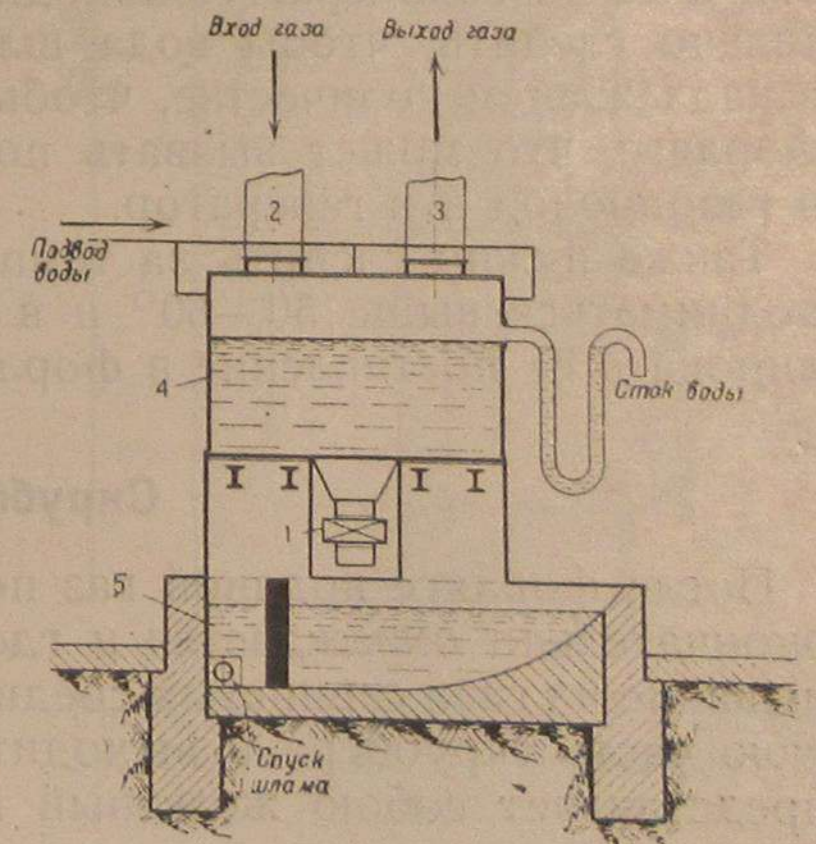


Рис. 5. Искрогаситель (пылесборник). Установка водяного газа сист. Пинча.

Форляге

Водяной газ, пройдя пылесборник, поступает по трубе 1 (рис. 4) в гидравлический затвор, или форляге (рис. 6) водяного газа, как он называется иначе. Газы можно выпустить также в атмосферу, не пропуская через форляге, если открыть на трубе 7 клапан 8 (рис. 4): Форляге представляет клепаный круглый резервуар из железа толщиной 6 мм с двумя чугунными патрубками 1 и 2 (рис. 6).

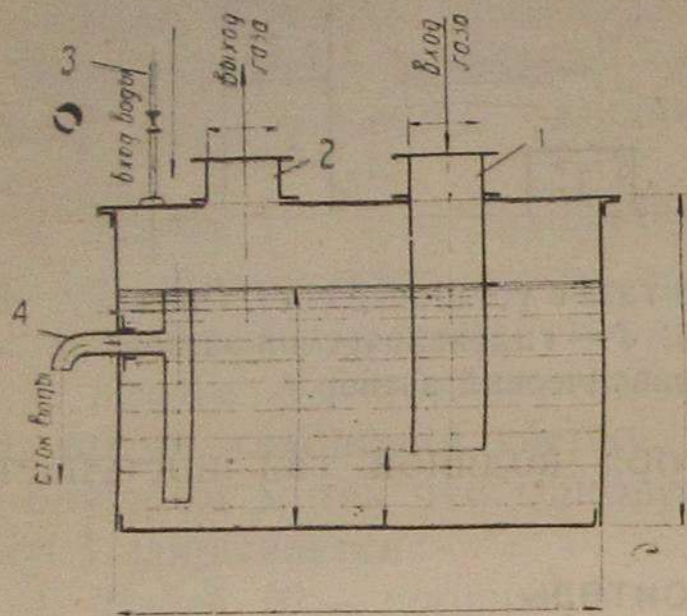


Рис. 6. Форляге водяного газа (гидравлический затвор).

Газ выходит в форляге через патрубок 1, проходит через слой воды высотой 430 мм и уходит в газопровод водяного газа через патрубок 2. Вода все время поступает по трубе 3 и уходит через трубу 4, находясь таким образом постоянно на одном уровне. Назначение форляге — создать для газа водяной затвор и отделить таким образом аппаратуру, производящую водяной газ, как от других генераторов,

так и от газгольдера. Необходимо во время работы тщательно следить, чтобы вода шла все время через форляге в надлежащем количестве, чтобы не засорялся сток воды из форляге, что может вызвать подъем воды и попадание ее в газопровод и в генератор.

Также нужно следить за температурой воды, не давая ей подниматься выше 50—60° и в зависимости от этого регулировать ее поступление в форляге.

Скруббер

После форляге водяной газ поступает в скруббер, где газ окончательно охлаждается и где происходит частичное вымывание из газа сернистых соединений. Газ поступает в нижнюю часть скруббера и выходит сверху. Скруббер (рис. 7) представляет собою железный клепаный резервуар, внутри которого имеется три колосниковых решетки, на которые накладываются куски крупного кокса. Навстречу газу сверху стекает вода. Назначение кокса разбить на отдельные по-

токи как воду, так и газ и тем обеспечить наилучшее охлаждение и промывку газа.

Здесь также необходимо тщательно следить за правильным поступлением воды в скруббер и исправным действием стока. Вода стекает через гидравлический затвор. Поступающая в верхнюю часть скруббера вода проходит через особый разбрызгиватель. Газ, уходящий из скруббера в газгольдер, должен иметь температуру не выше 30° в летнее время и 10—15° зимой.

После скруббера водяной газ поступает в газгольдер.

Камера сжигания

Газы горячего дутья не проходят через перечисленные выше аппараты, а поступают в камеру сжигания (рис. 8) и

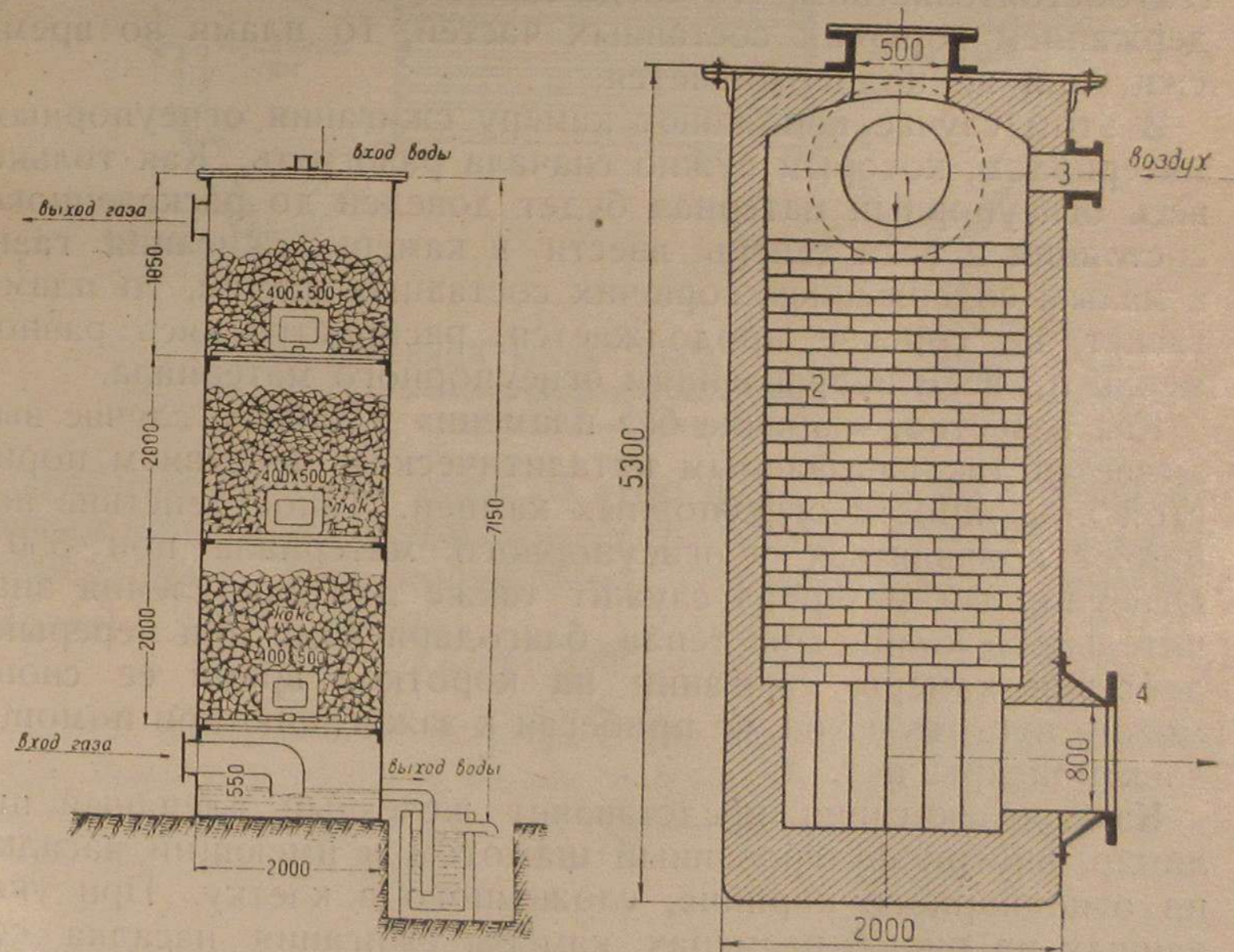


Рис. 7. Скруббер для водяного газа (установка сист. Пинча).

Рис. 8. Камера сжигания: 1 — вход газа; 2 — насадка; 3 — подвод воздуха; 4 — выход газа.

после нее в теплообменный котел, в том же случае, когда почему-либо котел не работает, то выпускаются в атмосферу

через клапан б (рис. 4) на форсовой трубе искрогасителя. Газы горячего дутья имеют следующий состав до камеры сжигания (в процентах по объему):

CO ₂ + SO ₂	13 — 20
O ₂	0,2—0,5
CO	6,0—12,0
H ₂	3,0—8,0
N ₂	68 — 70

Из горючих составных частей в этих газах являются лишь водород и окись углерода. В камеру сжигания дается добавочный воздух и указанные горючие газы дожигаются до конца, т. е. окись углерода сжигается в углекислоту, а водород в воду, причем выделяется довольно значительное количество тепла.

Необходимость установки камеры сжигания вызывается тем обстоятельством, что когда сжигаются газы с малым содержанием горючих составных частей, то пламя во время сжигания не поддерживается.

В этом случае наполняют камеру сжигания огнеупорным материалом, который нужно сначала разогреть. Как только весь огнеупорный материал будет доведен до раскаленного состояния и если теперь ввести в камеру сжигания газы с малым содержанием горючих составных частей, то пламя гаснет, но горение продолжается, распространяясь равномерно по всем направлениям огнеупорного материала.

Как известно, «горение без пламени» в данном случае вызывается так называемым каталитическим действием пористой поверхности огнеупорных камней. Такое действие начинает проявляться у огнеупорного материала при 550°. Огнеупорный материал служит также для накопления значительного количества тепла, благодаря чему при перерыве действия камеры сжигания на короткое время ее снова можно пустить в ход, не прибегая к зажиганию при помощи электроискры и т. д.

Камера сжигания представляет железный клепаный цилиндр, внутри футерованный шамотом и имеющий насадку из огнеупорного кирпича, уложенного в клетку. При указанных на рис. 8 размерах камеры сжигания насадка состоит из следующего количества огнеупорного кирпича.

Размер кирпичей	250×90×50 мм
Число рядов насадки	27
Количество кирпичей в каждом ряду	70 шт.
Полная насадка 27×70	1 890 шт.
Температура плавления кирпича	1 200—1 300°

Теплообменный котел

Воздух подается в камеру сжигания сверху по воздухопроводу.

Тепло отходящих из камеры сжигания газов горячего дутья используется для получения пара. Газы оставляют камеру сжигания с температурой примерно около 1000° и затем поступают в теплообменный котел (рис. 9). Последний представляет собою паровой трубчатый котел горизонтального типа, поверхностью нагрева 250 м².

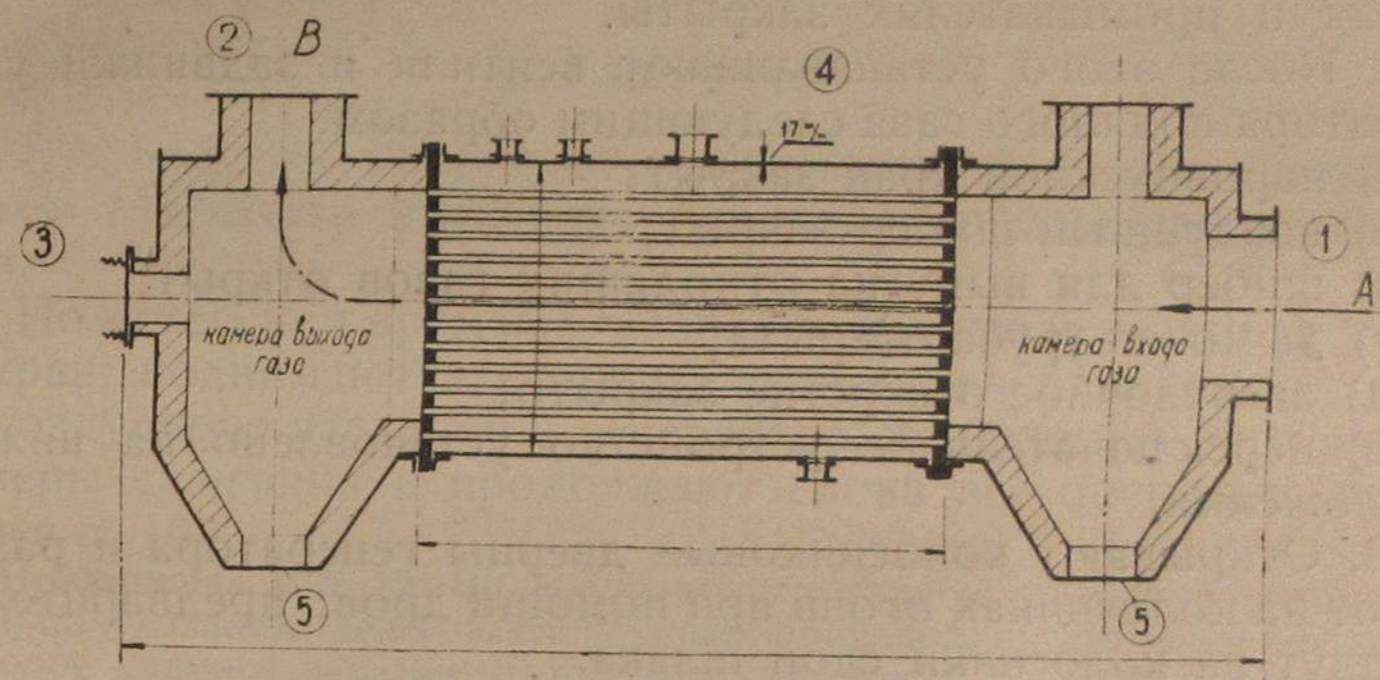


Рис. 9. Теплообменный котел Пинча: 1 — вход газа; 2 — выход газа; 3 — взрывной предохранительный клапан; 4 — бочка котла; 5 — зольник.

Рабочее давление пара 10 атмосфер. Производительность котла колеблется в зависимости от количества работающих генераторов. При нормальных условиях работы он дает 4—4,5 т пара в час:

$$4\,500 : 250 = 18 \text{ кг}$$

на 1 м² поверхности нагрева в час. Котел имеет футерованные шамотом камеры входа и выхода газа. В котле установлены 183 нагревательных трубки диаметром 76 мм × 70 мм и 26 анкерных трубок.

Для питания котла имеется два насоса, из них один запасный; производительность каждого насоса 12 м³ в час. Котел имеет всю необходимую арматуру, устанавливаемую на обычных паровых котлах: предохранительный клапан, манометры, водомерные стекла, продувной вентиль. Кроме того на камере входа газа сбоку установлен взрывной предохранительный клапан, а внизу находится зольник для периодического спуска из котла золы.

Ведение процесса (инструкция по обслуживанию генератора Пинча)

А. Растопка генератора

1. Перед тем как приступить к растопке генератора, следует убедиться в том, что во всех скрубберах, промывателях и искрогасителях имеется достаточно воды, что небольшой избыток ее непрерывно стекает через водоспускные трубы в канализацию и что все газовые вентили на скрубберах и промывателях закрыты.

2. После этого устанавливают вентили и задвижки у генератора водяного газа следующим образом:

- а) паровпускной кран закрыт;
- б) воздушный шибер закрыт;
- в) шибер для выпуска отходящих газов открыт;
- г) дымовая труба открыта;
- д) загрузочное отверстие закрыто;
- е) переключательное устройство установлено на нижнем положении.

3. Открывают колосниковые дверцы генератора и разжигают на колосниках огонь при помощи дров; предварительно кладут на колосники слой шлака.

4. Закрывают колосниковые дверцы, открывают зольную дверцу и дают дровам разгореться.

5. После того как дрова разгорелись, открывают загрузочное отверстие и высыпают из бункеров в генератор кокс, сначала слоем в 250 мм, а когда он разгорится, добавляют свежего, пока слой кокса не достигнет предписанной высоты.

6. После загрузки кокса закрывают загрузочное отверстие; теперь приоткрывают вентиляторную заслонку на предписанную высоту, приоткрывают паровпускной кран и одновременно приоткрывают воздушную заслонку у камеры сжигания на предписанную высоту. В скруббера-промыватели и скруббера отходящих газов пускают воду, открывая почти полностью водяные краны.

7. Открывают газовые вентили у скрубберов и промывателей.

Б. Горячее дутье

8. После того как температура генераторов достигнет нужных пределов, закрывают паровпускной кран и поднимают еще выше на предписанную высоту воздушную заслонку.

9. Одновременно изменяют подъем воздуховпускной задвижки в камеру сжигания, согласно указанию дежурного техника.

10. Вдувание воздуха в генератор (горячее дутье) производится точно в течение предписанного дежурным техником времени.

11. По истечении времени горячего дутья закрывают воздушную заслонку, закрывают заслонку для выпуска отходящих газов, и в случае, если в этот момент не происходит горячего дутья у соседнего генератора, закрывают также воздуховпускную заслонку у камеры сжигания.

В. Газование

12. После этого открывают паровпускной кран и держат таковой открытым в течение предписанного времени газования.

13. По истечении времени газования закрывают паровпускной кран, поднимают заслонку для выпуска отходящих газов, воздушную заслонку у генератора, воздушную заслонку у камеры сжигания и продолжают снова все операции, начиная с п. 10.

Примечание к п. 12. Во время впуска пара в генератор (газование) по указанию дежурного техника производят установку на некоторое время в верхнем положении переключательного устройства с тем, однако, чтобы к концу газования оно было обязательно возвращено в нижнее положение.

Г. Загрузка топлива

14. Загрузка топлива производится в сроки, установленные дежурным техником.

15. Из бункеров насыпается в тележку кокс и таковой находится наготове у генератора.

16. Кокс загружается после газования, закрывают пар, открывают крышку у дымовой трубы, осторожно отодвигают крышку загрузочного отверстия и лишь после того, как внутри генератора видны языки пламени, надвигают тележку с коксом на загрузочное отверстие и высыпают в генератор кокс.

17. После загрузки кокса закрывают загрузочное отверстие, закрывают дымовую трубу, открывают на 5 секунд паровой кран. Открывают заслонку для выпуска отходящих газов, поднимают заслонку для впуска воздуха в генератор и в камеру сжигания и дальше действуют согласно п. 10 и следующим.

Д. Очистка колосников от шлака

18. Очистка от шлака колосников производится один раз в смену.

19. Очистка от шлака производится после газования. Перед чисткой шлака необходимо осаживание генератора (при работе на коксе). За час до чистки давать чаще обратное газование. Обычно обратное газование дается через 2 тура. Перед самой чисткой нужно дать хорошее газование снизу, чтобы разбить шлак. При осаживании весь шлак стечет вниз к колосниковой решетке. Закрывают пар, открывают крышку у дымовой трубы и осторожно открывают зольник генератора.

20. После этого открывают дверцы для очистки от шлака, вставляют подвесные колосники и очищают генератор от шлака.

21. По очистке генератора от шлака, вынимают подвесные колосники. Закрывают дверцы, зольник, крышку дымовой трубы, открывают заслонку для отходящего газа, воздушные заслонки у генератора и камеры сжигания и дальше действуют согласно п. 10 и следующим.

22. Выгребаемый шлак и вместе с ним некоторое количество кокса заливаются водой; шлак выбрасывается, а кокс выбирается и поднимается на рабочую площадку и снова загружается в генератор.

Примечание к инструкции. В пп. 16 и 19 полагается пользование факелом, однако всякий раз по указанию дежурного техника.

Контроль за работой установки

Установки водяного газа имеют то преимущество, что при правильно установленном методе работы не нуждаются в отнимающем много времени надзоре. Для загрузки газогенераторов применяют кокс или антрацит средней величины, однако он должен быть по возможности свободен от мелочи, чтобы не представлять ненужного сопротивления для воздуха и пара.

Высота загруженного в генератор горючего не должна опускаться ниже определенной средней высоты; лучше чаще наполнять шахту генератора, чем работать продолжительное время с недостаточной высотой топлива.

Наблюдение за ходом горячего дутья

Содержание углекислоты (CO_2) в водяном газе является важным признаком правильного хода процесса получения

водяного газа. Высокое содержание CO_2 указывает или на слишком большую продолжительность газования или на недостаточную температуру горячего дутья (5—6% CO_2 считается нормальным). Удаление шлака производится раз в смену, в зависимости от качества кокса. Генераторы с суточной производительностью более 1000 м³ должны иметь вращающиеся решетки и механическое удаление шлака; это удешевляет производство и кроме того не требует прерыва в работе.

Контролируют, с одной стороны, расходы в генераторе топлива и пара, с другой стороны — количество водяного газа, получаемого в единицу времени. Водяной пар, проходящий через генератор неразложившимся, представляет главную потерю тепла.

В некоторых установках в конце периода газования количество неразложившегося пара достигает 95—100%. Поэтому как скоро продукция газа станет незначительной, то лучше газование прекратить. Есть аппараты, которые дают сигнал колоколом, когда нужно прекратить впуск пара в генератор.

Ход горячего дутья контролируется самопишущими аппаратами для определения CO_2 . Содержание CO_2 в газах горячего дутья в начале бывает 2% и в конце 8%.

По практическим данным можно принять расход пара 0,44—0,60 кг на 1 м³ водяного газа. Большая продолжительность газования ведет к значительным потерям тепла, очень короткое газование способствует образованию твердого шлака.

Одновременно с контролем за поступлением пара устанавливается посредством самопишущих аппаратов содержание в газе CO_2 . Обычно за ходом газования наблюдают по пламени газа и останавливают впуск газа, как скоро пламя горелки водяного газа начнет делаться тусклым.

Главная задача руководителя установки водяного газа состоит в установлении расхода кокса и пара.

Наблюдение за составом газа

Необходимо вести систематическое наблюдение за составом водяного газа. Необходимо производить 1—2 раза в смену анализы водяного газа, обращая особое внимание на содержание в нем кислорода и углекислоты. Помимо анализов водяного газа, взятого на выходе из генераторного цеха, нужно также определять состав водяного газа, вырабатываемого каждым генератором.

Наблюдение за давлением газа

В работе установки водяного газа важное значение имеет определение давлений газа в различных точках системы в различные периоды работы. Для определения этого давления служат **манометры**, которые устанавливаются или на отдельных аппаратах или обычно все вместе в одном пункте, откуда они соединяются трубопроводами с отдельными аппаратами. Для быстроты наблюдения такая централизация является очень удобной.

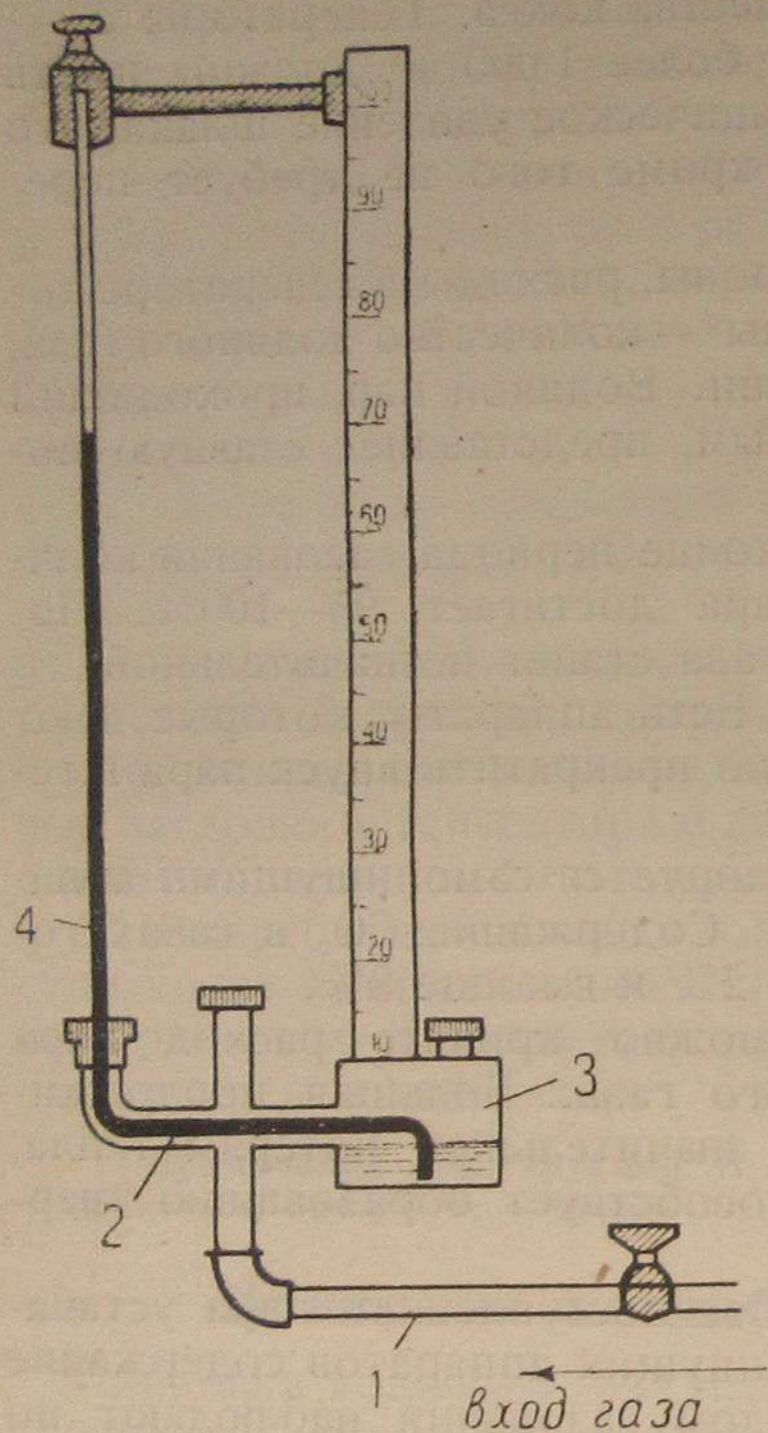


Рис. 10. Устройство водяного манометра (Пинч).

Водяной манометр (рис. 10). Газ поступает по трубке 1; внутри этой трубки идет другая более тонкая 2, которая одним концом погружена в резервуар 3 с водой, а другим плотно входит в стеклянную трубку 4. Газ может войти только в резервуар с водой и своим давлением на ее поверхность вытеснить часть жидкости из резервуара. Высота водяного столба будет определять величину давления газа в мм, что указывается на прикрепленной сбоку шкале.

В генераторах водяного газа водяные манометры ставятся в следующих точках (рис. 11):

- 1) **Воздух** — манометрическая трубка вводится перед воздушным шибером в точке 1.
- 2) **Генератор низ** — в точке 2, где входит пар.
- 3) **Пар** — его давление определяется манометром Бурдона, который устанавливается на одной доске с водяными манометрами. Давление пара измеряется в точке 4 между трехходовым краном и вентилями.
- 4) **Генератор верх** — в точке 3.

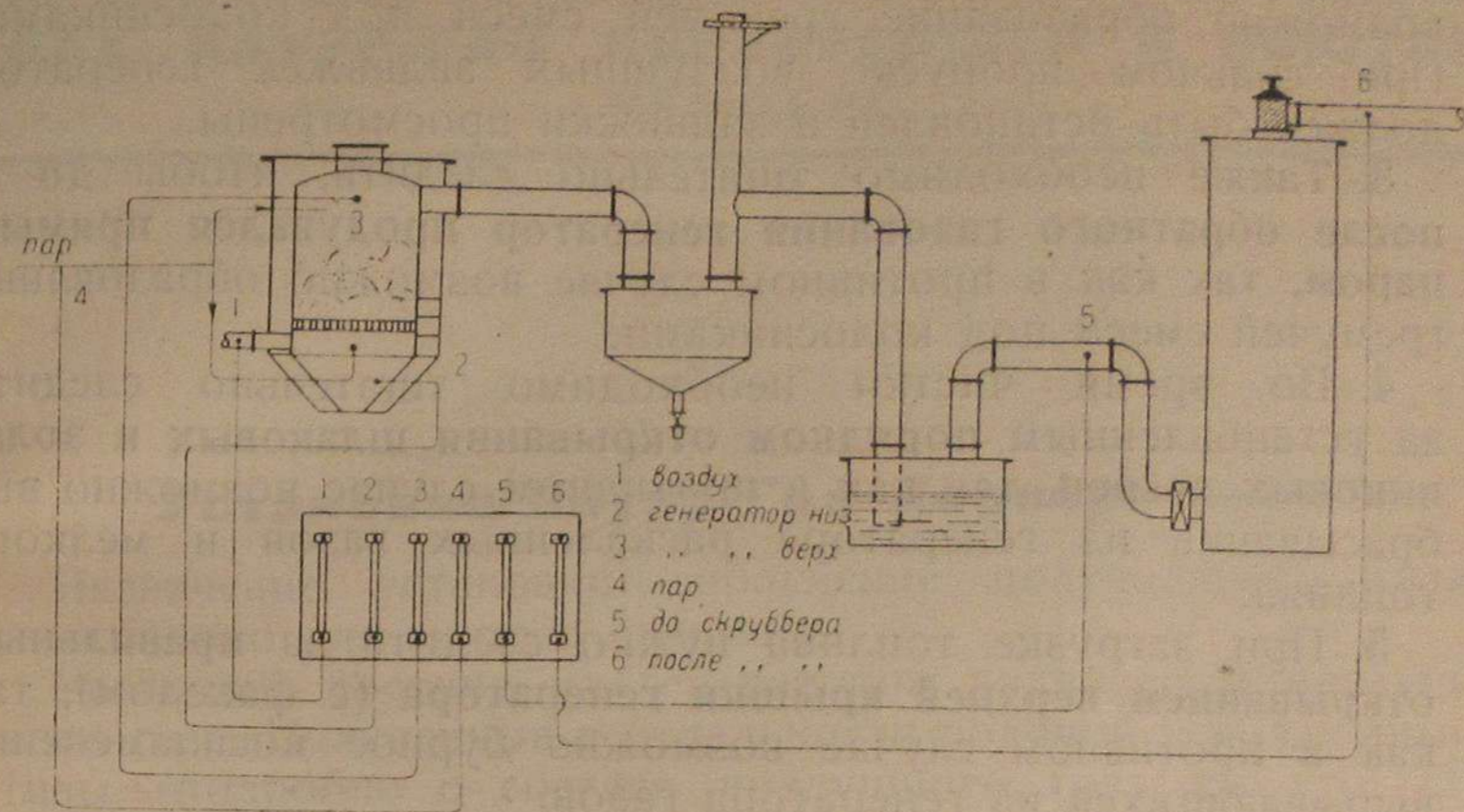


Рис. 11. Схема расположения водяных манометров в установке для получения водяного газа сист. Пинча.

Все трубопроводы от этих точек выведены на одну общую доску, где расположены все эти манометры.

Пример давлений в генераторе

Название операций	Воздух	Низ генератора	Пар	Верх генератора
Газование	—	500—520	500—490	320—310
Воздушное дутье	620	300	—	300

Производственные моменты, требующие особого внимания

1. **Наблюдение за давлением воздуха.** Во время работы генератора необходимо тщательно следить за давлением воздуха в воздушной сети, так как остановка воздуховки вызовет проникновение газа через воздушную задвижку в воздухопровод и образование там гремучей смеси. При остановке воздуховки или падении давления в воздуховке воздушные задвижки должны быть тотчас же закрыты.

2. **Необходимо тщательно следить за плотным и герметичным закрыванием воздушных задвижек,** так как при значительном пропуске задвижек при обратном газовании

возможно образование гремучей смеси под колосниками. При сильном пропуске воздушных задвижек генератор должен быть остановлен и задвижки просмотрены.

3. Также необходимо тщательно следить, чтобы до и после обратного газования генератор продувался прямым паром, так как в противном случае возможно образование гремучей смеси под колосниками.

4. Во время чистки необходимо тщательно следить за установленным порядком открывания шлаковых и зольниковых дверей, так как в противном случае возможно выбрасывание из генератора раскаленных газов и мелкого топлива.

5. При загрузке топлива нужно следить за правильным открыванием верхней крышки генератора (с факелом), так как в противном случае возможно бурное воспламенение вырывающихся из генератора газов.

6. При неправильной работе можно сжечь колосники: это возможно как при пуске, так и во время работы генератора. Произойти это может вследствие:

- слишком продолжительного горячего дутья;
- неправильного чередования верхнего и нижнего газования;
- при работе с недостаточной высотой топлива, при несвоевременной загрузке угля.

На перекал колосников указывает чрезмерное накаливание кожуха генератора. Заметив это, надо остановить генератор, открыть дверцы и осмотреть колосники. Если колосники окажутся перекаленными, то необходимо временно прекратить работу генератора и дать им остыть. При розжиге генератора во время пуска, на колосниковую решетку необходимо класть слой шлака во избежание перекала колосников, от чего и предохраняет слой шлака.

7. Необходимо следить за правильным поступлением и стоком воды из искрогасителей, форляге и скрубберов. Засорение стока может повести к попаданию воды в генератор.

Контрольные вопросы

1. Напишите основные реакции получения водяного газа?
2. При каких температурах они идут?
3. Перечислите, какие имеются шибера у генератора водяного газа и их назначение?
4. Как устроен скруббер?
5. Для чего служит камера сжигания?
6. На какие периоды разделяется цикл получения водяного газа и их продолжительность?
7. Назовите составные части водяного газа?

ПРОИЗВОДСТВО ВОДЯНОГО ГАЗА В УСТАНОВКАХ ПАУЭР-ГАЗ КОРПОРЕЙШЕН И НЬУТОН ЧЕМБЕРС

Установка Пауэр-Газ Корпорейшен

Назначение установки — получение полуводяного газа, пригодного для синтеза аммиака.

Установка состоит из генераторов водяного и воздушного газа. Полученные в отдельности водяной и воздушный газы (подробно о составе воздушного газа см. стр. 73) в результате их последующего смешения дают полуводяной газ указанного ниже состава. Установка является одной из самых современных газогенераторных станций, почти полностью механизированной, с автоматическим управлением процессом, отвечающей самым строгим требованиям техники.

Топливом для питания генераторов служит отсортированный кокс нормального качества, в результате газификации которого получается полуводяной газ следующего состава (в процентах):

Водорода H_2	38
Окиси углерода CO	35
Углекислоты CO_2	5—6
Азота N_2	21—22
Метана CH_4	0,4—0,5

100% объемных

Станция питания коксом

Эта часть установки (рис. 12) состоит из следующих основных аппаратов: 1) скипового подъемника; 2) автоматических весов; 3) дробилки; 4) сита; 5) ленточного транспортера.

Производительность установки рассчитана на подачу в главный бункер 30 тонн в час отсортированного кокса.

Кокс подвозится к газогенераторному цеху в саморазгружающихся вагонах-хопперах и сбрасывается в коксовую яму.

От самого дна коксовой ямы идет наклонно вверх на высоту 58 м элеваторная клеть, по которой ходит тележка скипового подъемника. Емкость тележки (скипа) 1,5 тонны кокса. Тележка скользит при помощи двух пар колес по

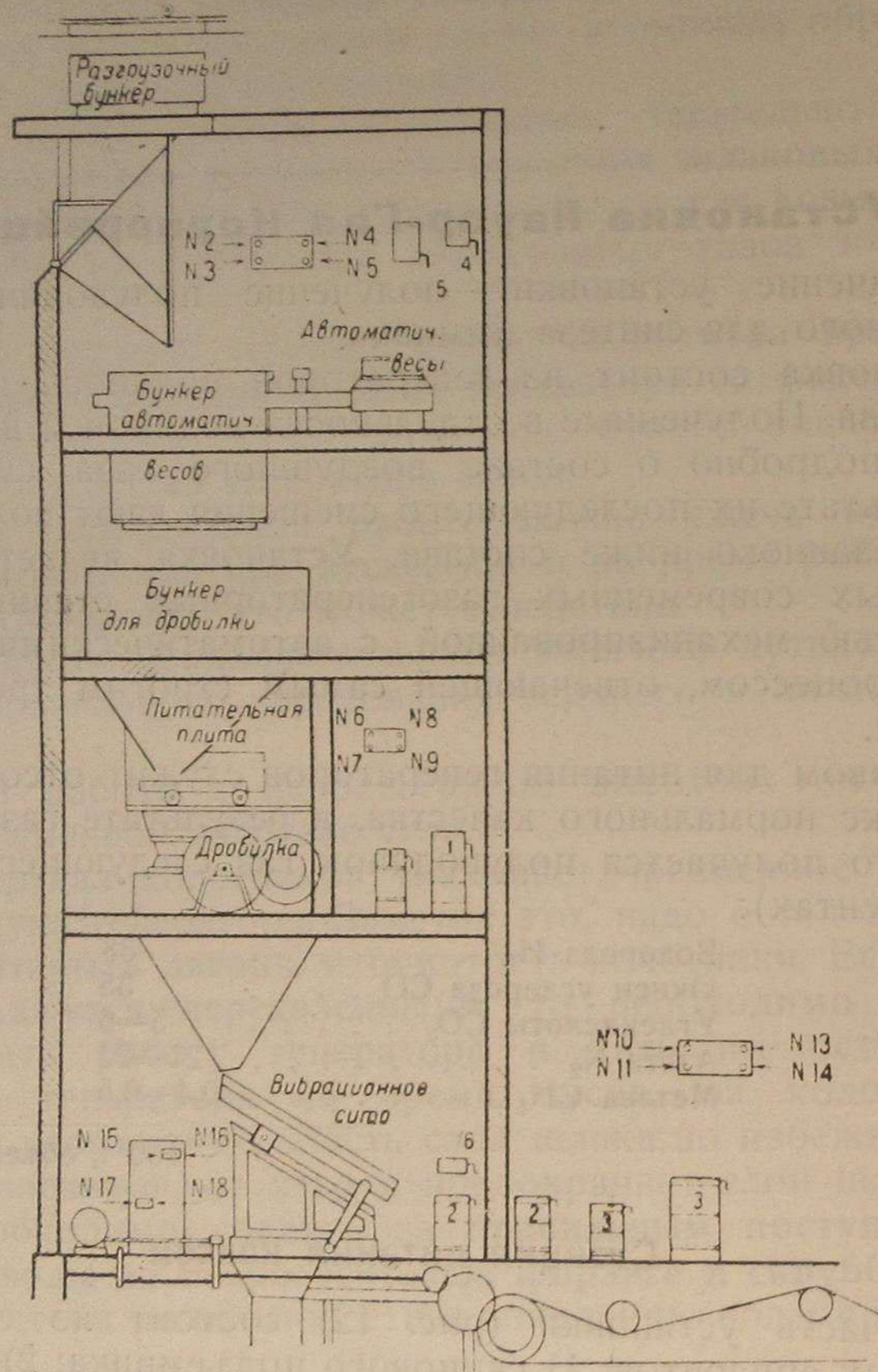


Рис. 12. Схема станции питания коксом (установка сист. Пауэр-газ).

рельсам, проложенным по сторонам шахты. С внешней стороны шахты, также по рельсам, скользит противовес. Скип поднимается при помощи стального троса, один конец которого закреплен за раму тележки, а другой за барабан электрической лебедки. Противовес поднимается также

стальным тросом, но конец троса укреплен посередине шахты и перекинут через блок, находящийся на раме противовеса, а другой конец троса укреплен на барабане лебедки. Благодаря этому противовес проходит только половину пути, проходимого скипом. Барабан электрической лебедки приводится в движение реверсивным электромотором в 8 лошадиных сил.

Подъемник работает автоматически и совершает следующий цикл: 1) нагрузка, 2) подъем, 3) опрокидывание и выгрузка, 4) спуск.

Время, занимаемое одним циклом, 3 минуты. При спуске скипа в яму, скип роликами, которые прикреплены к нему с внешней стороны, открывает заслонку приемного бункера и кокс высыпается из ямы в тележку. Через 10 секунд тележка начинает ползти кверху, так как произошла перемена хода мотора, а заслонка при этом противовесом закрывается и кокс перестает сыпаться.

Опрокидывание тележки кверху происходит следующим образом: скип имеет, как уже было сказано, две пары скатов, из которых одна пара скользит по одним рельсам, а другая — по другим. Подходя кверху, рельсы, по которым движутся верхние скаты скипа, выходят из шахты и подходят к приемной воронке, а другая пара рельс идет в прежнем направлении. Таким образом верхние скаты отходят в сторону, а нижние продолжают двигаться вверх, и скип сначала приходит в горизонтальное направление, а потом опрокидывается, и кокс высыпается в приемную воронку. В это время происходит переключение хода мотора, и скип получает обратное движение и идет вниз.

Управление всем циклом автоматическое при помощи выключателей, установленных в шахте в крайней нижней и крайней верхней точках движения скипа, которые переключают направление движения мотора, одновременно производя торможение барабана лебедки около точек перехода. Далее все эти операции движения скипа повторяются, а кокс из приемной воронки попадает в бункер автоматических весов, где происходит взвешивание кокса с автоматической регистрацией общего количества прошедшего кокса на шкале счетчика. После операции взвешивания кокс высыпается из весов и попадает в промежуточный бункер, установленный между весами и дробилкой.

Весы взвешивают в пределах от 900 до 2000 кг.

Промежуточный бункер расположен этажом ниже, имеет емкость 10 м³ и вмещает примерно запас кокса на часовую

работу дробилки; его роль — дать некоторый запас кокса для непрерывного питания дробилки в виду того, что скип и весы работают периодически, с перерывами.

Дробилка приводится в движение электромотором в 20 HP (лошадиных сил); на случай ее остановки имеется обходный

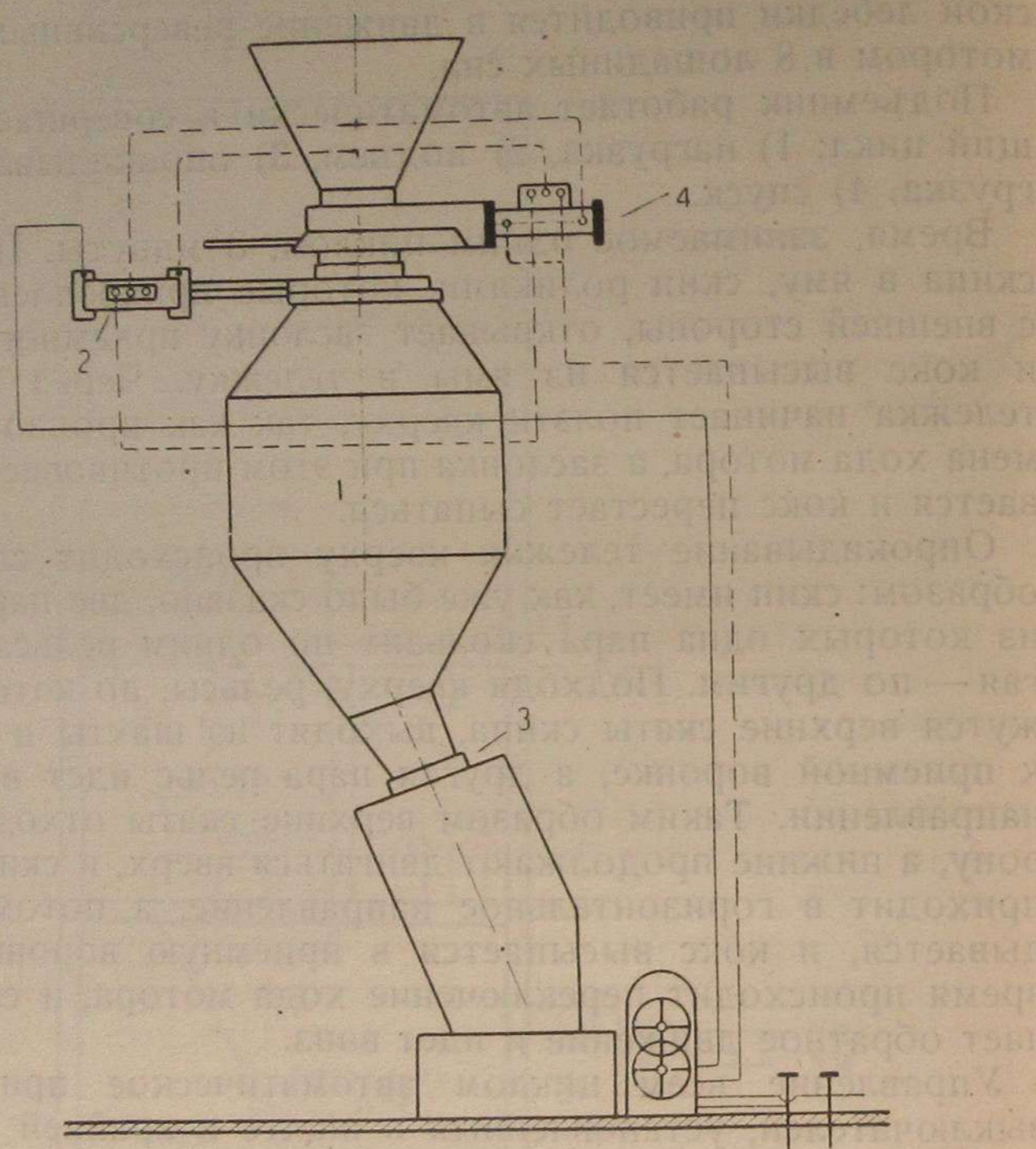


Рис. 13. Схема переключения гидравлических клапанов питателя генератора водяного газа системы Пауэр-газ.

рукав, по которому кокс, не требующий дробления, может быть направлен в сито.

После дробления кокс поступает для сортировки на сотрясательное сито, где разделяется на три сорта:

I сорт — коксовая пыль и мелочь до 12 мм на газовые установки не используется.

II сорт — кокс величиной от 12 мм до 25 мм отсеивается во второй половине сита и идет в генератор воздушного газа.

III сорт — кокс от 25 мм до 75 мм предназначен для генераторов водяного газа и транспортируется в главный бункер.

Главный бункер, куда ссыпается кокс с конвейера, железный, клепаный, параболической формы. Разделен на две части: одна для генераторов воздушного газа, а другая — для генераторов водяного газа. Общая емкость бункера рассчитана на 2½-суточный запас кокса.

Автоматический коксовый питатель

Питатель (рис. 13) расположен на крышке генератора и представляет собой самостоятельный аппарат, работающий независимо от щита управления. К системе питателя относятся также и бункерная задвижка.

Питатель состоит из промежуточного мерника 1, склепанного из листового железа. Мерник имеет форму цилиндра с коническим днищем и крышкой. Емкость мерника 10 тонн, т. е. достаточная для питания генератора в течение 2—4 час.

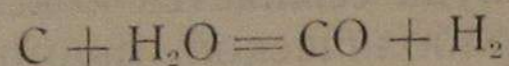
Крышка имеет четырехугольное отверстие, соединенное с гидравлической задвижкой 2, а днище имеет горловину, закрываемую дисковым клапаном 3.

Клапан этот находится внутри наклонной герметической чугунной камеры, через которую ссыпается кокс и заполняет камеру. Отсюда кокс поступает на питательную плиту, расположенную наклонно. Плита находится в колебательном движении, и кокс непрерывно, медленным потоком попадает на вращающийся распределитель, при помощи которого он распределяется в шахте генератора. Распределитель насажен на вертикальный вал. Изменяя наклон плиты, можно регулировать количество поступающего в генератор кокса.

В системе питателя имеются три гидравлических клапана: один у точки бункера 4, другой у верхнего отверстия мерника 2 и третий у нижней горловины 3 мерника. Чтобы не нарушить герметичность питателя, во избежание сообщения генератора с атмосферой, один из клапанов промежуточного мерника всегда закрыт. Точно так же и верхние задвижки бункера и питателя открываются лишь в определенной последовательности. Чтобы гарантировать правильность в открывании и закрывании задвижек, все клапаны взаимно между собой блокированы.

Схема процесса получения водяного газа

Как мы уже знаем, получение водяного газа заключается в продувании водяного пара через слой раскаленного кокса:



Реакция разложения водяного пара требует большой затраты тепла, которая отнимается от раскаленного кокса; кокс постепенно охлаждается и течение реакции по указанному выше уравнению прекращается. Чтобы поднять температуру до нужного нам предела, в генератор пускается воздух и за счет теплоты сгоревшего кокса мы имеем опять высокую температуру и снова можем начать получение водяного газа.

Кроме того, чтобы иметь чистый водяной газ, без примеси воздушного газа и продуктов сгорания, является необходимым ввести в цикл продувку.

Таким образом все это приводит нас к периодическому характеру процесса. Полный цикл получения водяного газа на установке Пауэр-газ состоит из шести фаз примерно следующей продолжительности.

1-й тур — воздушное дутье снизу. Продукты горения проходят через рекуператор и котел и выводятся в атмосферу. Продолжительность 1 минута.

2-й тур — период продувки паром. В этот момент происходит соединение газа с остатками воздуха, оставшегося после воздушного дутья, и вывод их в атмосферу, так же как в п. 1. Продолжительность 10 секунд.

3-й тур — газование снизу — пропуск пара снизу генератора, с выходом через верх уже чистого водяного газа, с дальнейшим его следованием через рекуператор, котел, скруббер в газгольдер. Продолжительность 2,5 минуты.

4-й тур — газование сверху — пропуск пара через верх генератора, с выходом его снизу и дальнейшим его прохождением как в п. 3. Назначение — разогреть нижний слой топлива, охладившегося от предыдущего газования, а также охладить верх генератора. Продолжительность 1 минута.

5-й тур — фаза окончания парового дутья, с переводом пара опять на нижнее дутье. Продолжительность 6 секунд.

6-й тур — период очистки генератора от остатков водяного газа воздухом. В этот момент происходит дутье воздухом снизу генератора, и остатки газа выводятся через верх генератора в газгольдер. Продолжительность 5 секунд.

Полный цикл 4 мин. 45 сек.

Перейдем теперь к описанию установки водяного газа.

Установка водяного газа

Установка для получения водяного газа состоит (рис. 14) из следующих аппаратов: 1) генератор водяного газа с питателем кокса, 2) рекуператор, 3) пылесборник, 4) скруббер, 5) паровой котел высокого давления.

Генератор водяного газа (рис. 15) представляет собой железный клепаный цилиндр. В нижней части генератора имеется водяная рубашка 1. Назначение ее — дать пар низ-

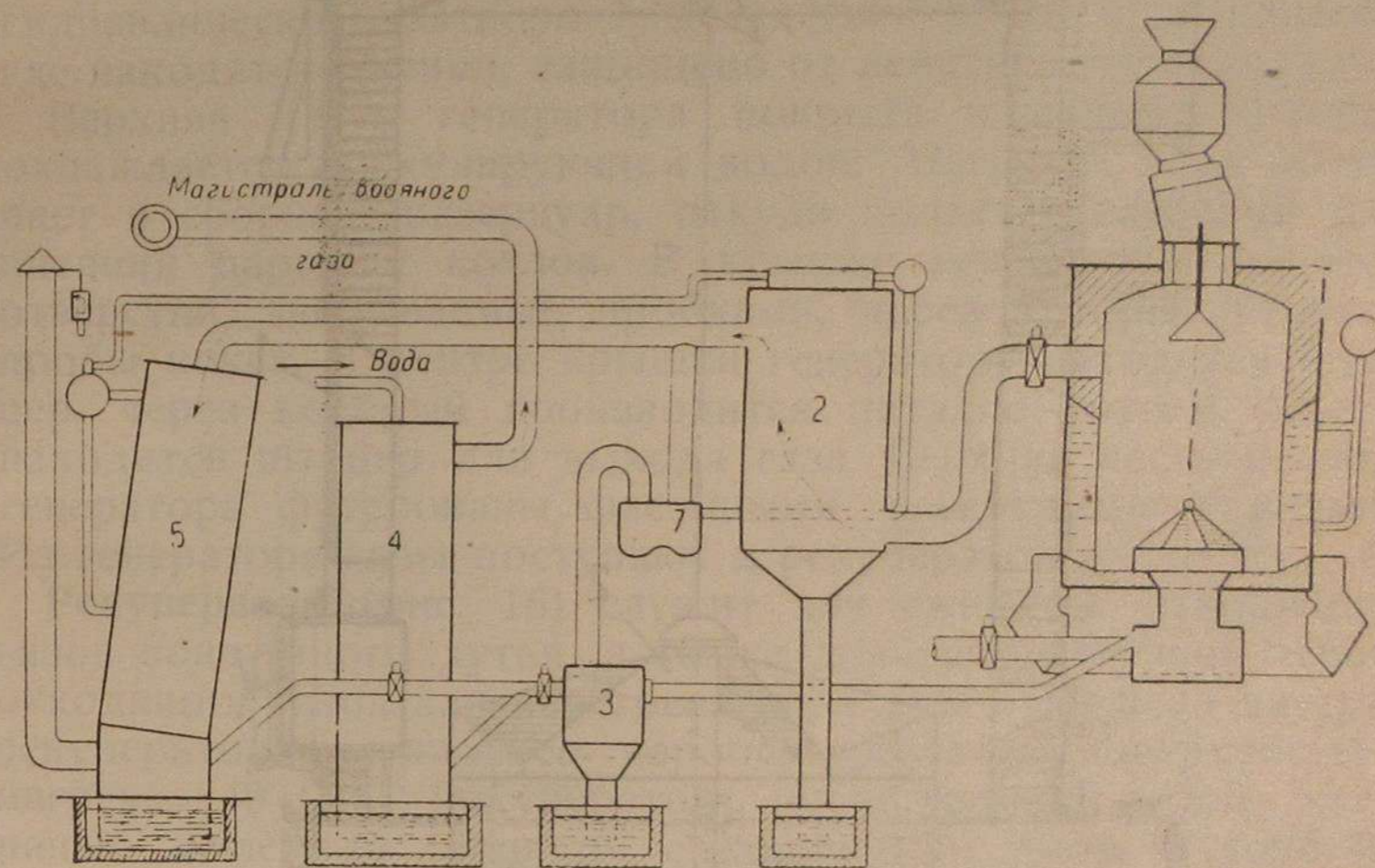


Рис. 14. Схема установки водяного газа системы Пауэр-газ; 1 — генератор водяного газа; 2 — рекуператор пара; 3 — пылесборник; 4 — скруббер Лимна; 5 — котел высокого давления; 6 — питатель; 7 — выхлопная труба.

кого давления и предотвратить спекание шлака и налипание его на стенках генератора. Водяная рубашка соединена циркуляционными трубами со сборником пара низкого давления. Водяная рубашка каждого генератора дает 1,25 тонн пара в час, с рабочим давлением 2 атмосферы абсолютных. К нижней части кожуха генератора привернута на болтах чугунная плита, имеющая форму чаши, на которой установлены конические опорные ролики, несущие на себе вращающийся генераторный стол.

Колосниковая решетка — системы Лимн-Рамбуш представляет собой (рис. 15,2) коническую поверхность, разделенную на 8 секторов, из которых попеременно одни имеют

наклон книзу, а другие кверху. Благодаря такому устройству сектора при вращении стола производят перемешивание топлива, то опуская, то поднимая его. Шлак вследствие конической формы решетки постепенно удаляется от центра

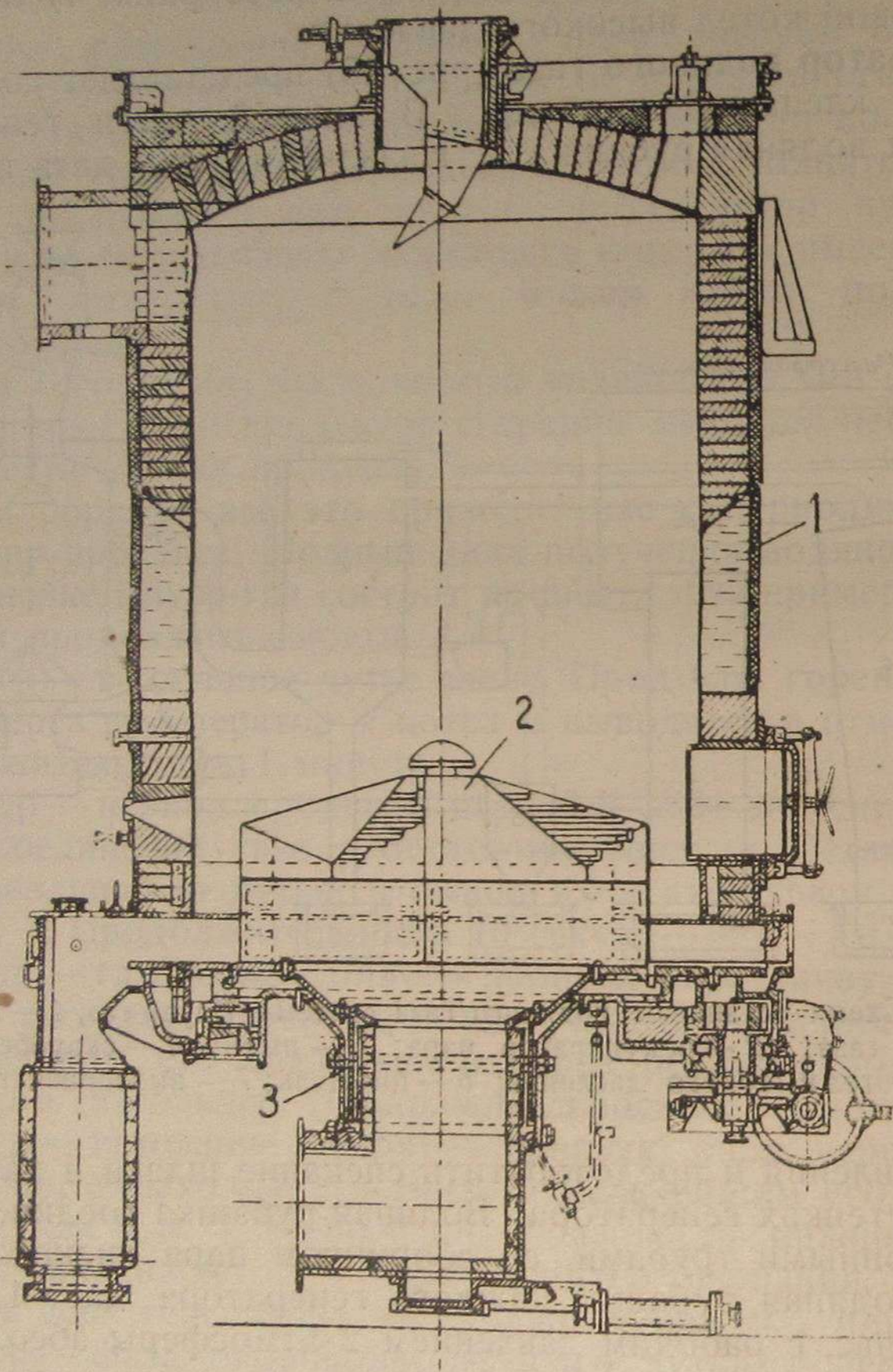


Рис. 15. Генератор водяного газа системы Пауэр-газ.

к периферии, где он дробится и уходит в зольниковые карманы. Скорость движения решетки регулируется в коробке скоростей с набором шестерен регулятором скорости. В среднем время одного оборота решетки можно изменять в пределах от 1 часа 10 минут до 7 часов. Решетка приво-

дится в движение от электромотора в 4 лошадиных силы. Каждый генератор имеет по 2 зольниковых кармана, похожих по форме на 2 пирамиды, сложенные своими основаниями. Шлак в них собирается и остывает. Емкость зольных карманов рассчитана на 6—8 часов работы генератора. Внизу каждого кармана имеется гидравлический клапан для выгрузки шлака.

Соединение вращающегося стола генератора с неподвижным выводным газопроводом осуществляется посредством гидравлического затвора 3; вследствие этого пространство, где находятся ролики, защищено от действия горячих газов.

Верхняя часть генератора покрыта крышкой, которая охлаждается циркулирующей водой. Нагретая вода поступает в сборный резервуар, откуда подается насосами для питания паровых котлов. В крышке генератора имеются отверстия, закрываемые пробками, через которые берутся пробы кокса. В центре крышки генератора находится штуцер, через который производится питание коксом. Сбоку находится штуцер для выхода газа. Верхняя часть и свод генератора футерованы фасонными шамотными камнями. Из генератора газы поступают в рекуператор.

Рекуператор (рис. 16) служит для сжигания отходящих газов воздушного дутья, а также для использования тепла отходящих газов для перегрева пара. Для этой цели внутри рекуператора установлен пароперегреватель поверхностью нагрева 40 м². Рекуператор представляет собой клепаный железный цилиндр с коническим дном и трубой, погруженной в водяной затвор. По этой трубе удаляется из рекуператора пыль. Внутри рекуператора помещен пароперегреватель 1 из стальных цельнонатянутых труб для пара высокого и низкого давления. Концы труб пароперегревателя ввальцованы в массивные коллекторы. Эти коллекторы помещены в особой камере 2, которая находится наверху рекуператора.

Стенки рекуператора футерованы изнутри шамотом и изоляционным кирпичом. Рекуператор имеет два люка для осмотра и три штуцера: один внизу, к нему присоединяется газопровод от генератора; другой вверху, к нему присоединяется газопровод, идущий к паровому котлу высокого давления; третий также внизу, к нему присоединяется воздухопровод. В нижней части рекуператора помещается электрический запал для воспламенения газовой смеси.

Скруббер (рис. 17). Назначение скруббера — охлаждение газа, вымывание из него пыли и части сернистых соедине-

ний. Скруббер представляет собою железный цилиндр, внутри которого расположены последовательно чередующиеся конические кольца и диски, назначение которых произвести разбрызгивание воды и более тесное смешение ее с идущими ей навстречу газами; газ входит в скруббер снизу, навстречу ему льется вода, которая вымывает из газа пыль и часть сероводорода. Газ выходит сверху. Скруббер снизу открыт и погружен в гидравлический затвор.

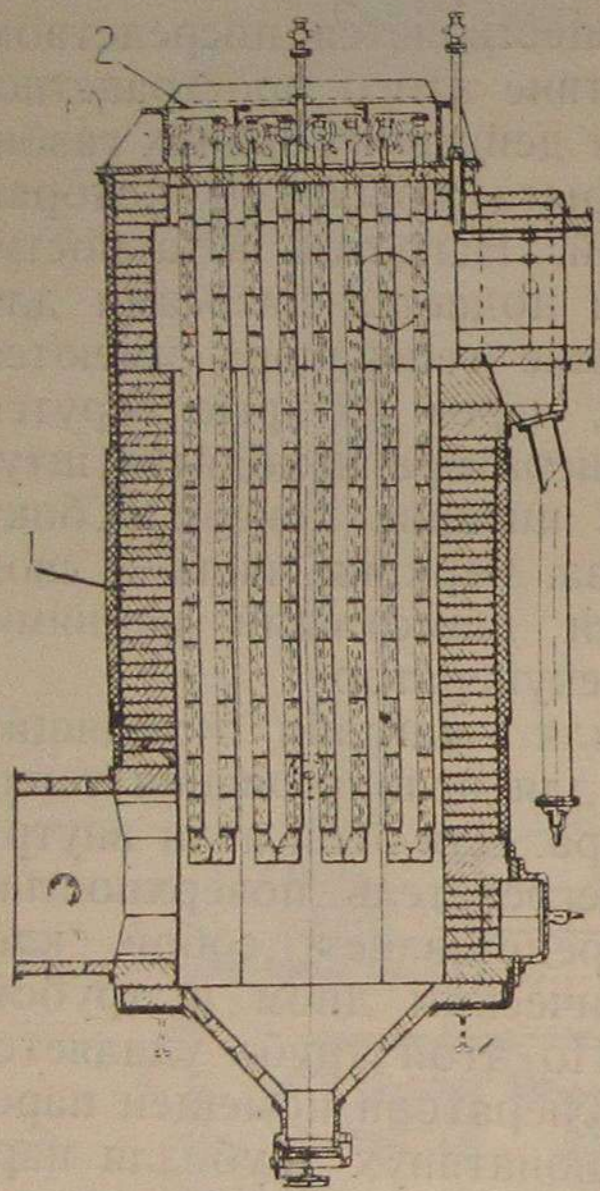


Рис. 16. Рекуператор (теплообменник).

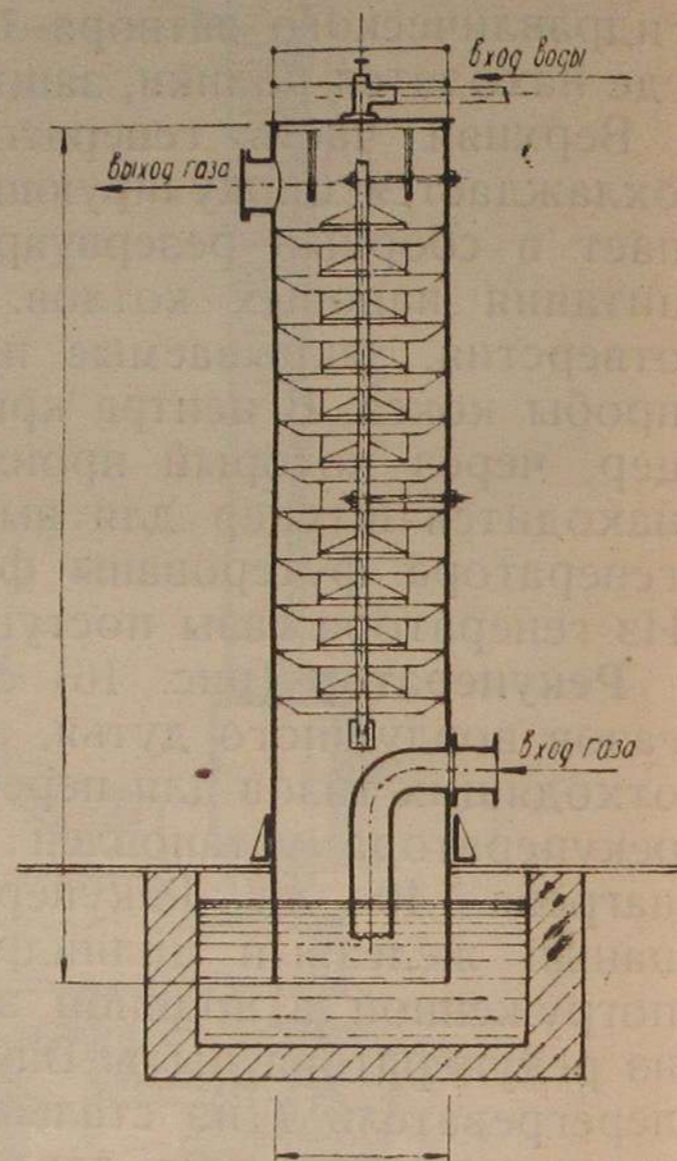


Рис. 17. Скруббер Лимна.

Котел высокого давления (рис. 18). Котел служит для использования тепла отходящих газов. Котел вертикальный трубчатый. По трубам движется газ, между трубками циркулирует вода. Паросборник вынесен отдельно. На барабане паросборника укреплены приборы для питания котла и прочей арматуры.

В верхней и нижней частях котла имеются газовые камеры для входа и выхода газа. Нижняя камера оканчивается открытой воронкой, погруженной в водяной затвор. Газы от рекуператора поступают в верхнюю газовую камеру котла,

Условные обозначения

Давление	— — — — —
Вакуум	- - - - -
Меняющееся напряжение	· · · · ·
Блокировка	- - - - -

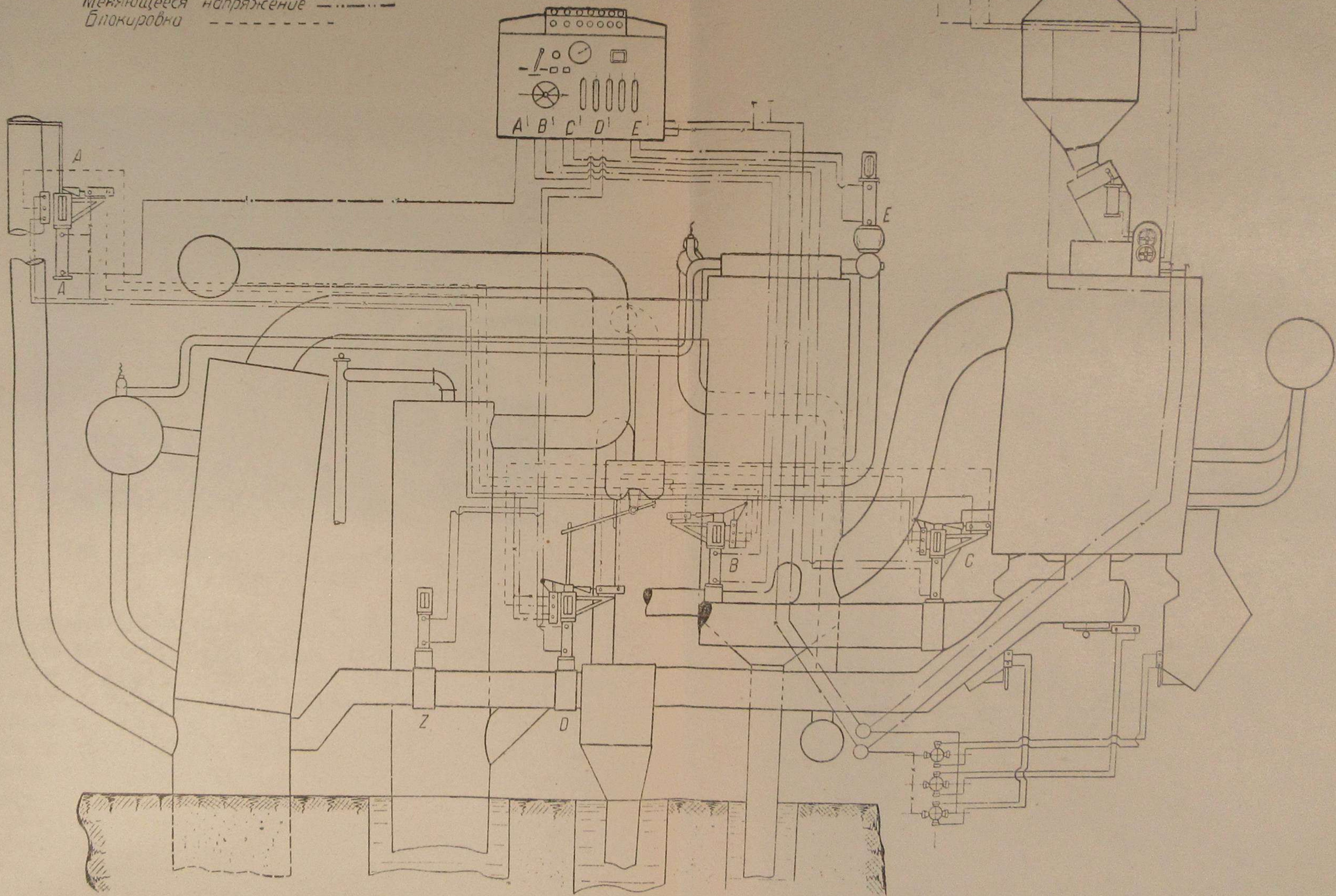


Рис. 19. Схема гидравлического переключения клапанов.

A — A' клапан и линия дымовой трубы; *B — B'* клапан и линия вторичного воздуха; *C — C'* клапан и линия первичного воздуха; *D — D'* клапан и линия нижнего газа; *E — E'* клапан и линия пара; *Z — Z'* клапан и линия верхнего газа.

выходят через нижнюю, в которой имеются два отверстия: одно соединено с дымовой трубой, а другое соединено газопроводом со скруббером.

Для более интенсивной циркуляции воды котел установлен наклонно. Котел дает пар высокого давления 17 атм.; производительность котла 2,75 т/час.

Клапаны и газопроводы (рис. 19). К газовым и воздушным клапанам предъявляются самые строгие требования как в части материала, из которого они изготовлены, так и

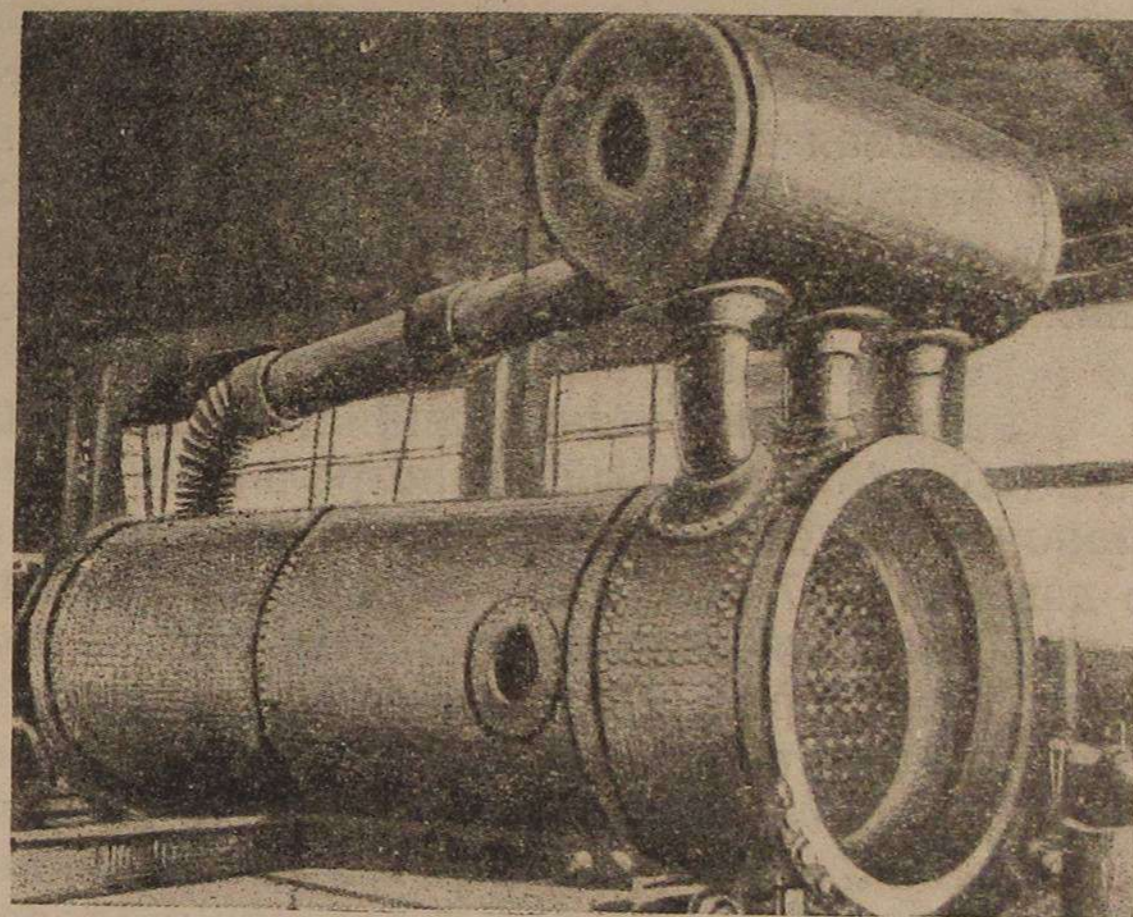


Рис. 18. Котел-утилизатор системы Пауэр-газ Корпорейшен.

к тщательности их изготовления. Клапаны работают в крайне тяжелых условиях. Некоторые из них открываются и закрываются до 15 раз в течение часа, через них проходят горячие газы с большим количеством пыли, с меняющейся температурой газов. Несмотря на такие условия работы, клапаны должны быть непроницаемы для газа, так как малейшая их неисправность и неплотность может привести к взрыву.

Все указанные выше отдельные аппараты установки водяного газа соединены между собой системой газопроводов. Кроме того к некоторым из них подводится воздух и пар. На всех этих трубопроводах имеется целый ряд клапанов, позволяющих осуществлять выполнение указанных выше периодов рабочего цикла получения водяного газа.

Воздушная магистраль, идущая по цеху, имеет отводы к нижней части генератора, к нижней части теплообменного котла и к нижней трубе скруббера.

На этой части воздухопровода расположены три клапана:

- 1) клапан первичного воздуха (у генератора) С,
- 2) клапан верхнего газа (у нижней части котла) Z,
- 3) клапан нижнего газа (между пыльной камерой и паровым котлом) D.

Из нижней камеры котла высокого давления имеется выход в дымовую трубу; на ней имеется так называемый клапан дымовой трубы А.

От воздушной магистрали отходит еще линия вторичного воздуха, подводящая воздух к рекуператору. На ней находится клапан вторичного воздуха В. Наконец имеется еще главная газовая линия: одна часть ее соединяет верх генератора с нижней частью рекуператора, а другая часть соединяет верх рекуператора с верхней частью котла высокого давления, и наконец последняя линия, соединяющая верх скруббера со сборной газовой магистралью.

Паропроводы. В установке водяного газа получается пар высокого давления, 17 атм. абс. — в вертикальном трубчатом котле, и пар низкого давления, 2 атм. абс. — получаемый в рубашках генераторов. Пар высокого давления из парового котла поступает в рекуператор, где перегревается и затем идет на сторону. В генераторном цехе он почти не используется. Пар низкого давления из ватер-жакетов также проходит перегреватель и идет через трехходовой клапан в генератор водяного газа. Назначение этого клапана — изменение направления парового дутья, подача пара вверх или вниз генератора. От трехходового клапана отходят еще две ветви паропровода: одна присоединяется к газопроводу между рекуператором и котлом высокого давления, другая присоединяется к пылеотделительной камере.

Путь движения газа

Ознакомившись с системой газозухо- и паропроводами, проследим теперь пути движения газа в различные фазы цикла (рис. 19).

1-я фаза — воздушное дутье. Воздух по воздушной магистрали проходит в генератор снизу через открытый клапан первичного воздуха; при этом происходит сгорание кокса, и образовавшийся воздушный газ поступает в рекуператор. В это же самое время воздух через открытый клапан вто-

ричного воздуха входит в рекуператор и, смешавшись с воздушным газом, сгорает, воспламенившись от искры электрического запала. При сгорании выделяется большое количество тепла, часть которого используется перегревателем, а главное количество тепла поглощается в паровом котле, куда газы поступают после рекуператора. Из парового котла с температурой 150—200° газы уходят в атмосферу через дымовую трубу, клапан которой открыт. Пройти газам через скруббер мешает водяной затвор, а клапан нижнего газа бывает в это время закрыт.

2-я фаза — удаление в атмосферу продуктов сгорания и остатков воздушного газа из всей системы агрегата при помощи пара. Клапаны первичного и вторичного воздуха закрываются. Открывается паровой клапан, и пар поступает в пыльную камеру, проходит по газопроводу в нижнюю часть генератора, распадается на свои составные части и вытесняет остатки воздушного газа, проходит далее через рекуператор, паровой котел и уходит в дымовую трубу.

Во время второй фазы открыты: клапан паровой, клапан дымовой трубы и клапан верхнего газа, а все остальные клапаны закрыты.

3-я фаза. После продувки паром наступает фаза получения водяного газа. Клапан дымовой трубы закрывается, и водяной газ, дойдя до нижней камеры парового котла, проходит через открытый клапан верхнего газа в скруббер и затем в магистраль водяного газа.

4-я фаза. Во время этой фазы меняется направление парового дутья при помощи трехходового клапана. Пар входит в генератор сверху; одновременно с изменением направления пара открывают клапан нижнего газа и закрывают клапан верхнего газа. Для пара теперь остается один путь: войти через рекуператор сверху, а так как выход из парового котла закрыт, то пройти через генератор водяного газа сверху вниз, и затем образовавшийся водяной газ идет через пылеотделитель, минуя рекуператор и паровой котел, в скруббер и поступает в сборную магистраль водяного газа.

Следовательно, в течение 4-й фазы открыты: паровой клапан и клапан нижнего газа; все остальные клапаны закрыты.

5-я фаза. При 5-й фазе состояние клапанов и направление газовых потоков остается таким же, как и при второй фазе. Во время этой фазы паровое дутье переводится вниз и этим фазы получения водяного газа заканчиваются. Фаза эта продолжается несколько секунд, она вызвана необходи-

мостью переключения соответствующих клапанов, прежде чем перейти к последней фазе — продувке воздухом.

Во время 5-й фазы пар поступает снизу, клапан верхнего газа открыт, клапан нижнего газа закрыт.

6-я фаза. Продувка всей системы воздухом. Здесь происходит процесс вытеснения из всей системы водяного газа воздухом. Для этого закрывается паровой клапан и открывается клапан вторичного воздуха. Воздух поступает в нижнюю часть генератора, газифицирующего кокс, продукты газификации проходят через генератор, рекуператор, доходят до нижней камеры парового котла, вытеснив весь водяной газ из системы. На этом заканчивается шестая фаза и весь цикл.

В этот момент переключается клапан верхнего газа и открывается клапан дымовой трубы, после чего цикл начинается снова с первой фазы.

Для каждого генераторщика, работающего на генераторах системы Пауэр-газ, обязательно отчетливое знание всех периодов цикла и движения газовых потоков, а также последовательного хода переключения клапанов.

Автоматическое управление

Из предыдущего описания цикла ясно, насколько большое значение имеет последовательное и правильное переключение клапанов. В данной установке задача автоматизации управления клапанами решена настолько совершенно, что на долю человека остается очень мало; работа установки производится автоматически.

Задача настоящей книги и ее объем не позволяют коснуться подробно этого вопроса, поэтому мы здесь изложим вопрос автоматизации в кратких чертах.

Система гидравлического управления. Вся работа по переключению тяжелых клапанов производится при помощи давления сжатого до 35 атмосфер масла на поршень в гидравлическом цилиндре клапана.

Направление потока масла в нужный момент к данному клапану осуществляется механизмом щита автоматического управления (последний имеется у каждого генератора).

На щите управления сосредоточена, кроме механического управления клапанами, еще электрическая сигнализация, которая контролирует правильность закрытия и открытия клапанов и в случае какой-либо неправильности переводит

автоматически всю систему клапанов в так называемое положение безопасности.

Циркуляция масла осуществляется следующим образом: по всему зданию идут две масляные магистрали: одна — нагнетательная, другая — для спуска масла из гидравлических цилиндров в сборный масляный бак, откуда масло насосами снова подается в нагнетательную линию. Нагнетательная линия подведена ко всем щитам управления, к задвижкам коксового питателя и к задвижке для выгрузки шлака.

У каждой установки водяного газа имеется 7 главных клапанов; из них самостоятельное управление от щитка имеют не все клапаны, так как трехходовой паровой клапан соединен с клапаном нижнего газа, а клапан верхнего и нижнего газа блокированы между собой, и когда закрывается один, то открывается другой, и наоборот. Поэтому от щита управляются лишь 5 следующих клапанов: 1) клапан дымовой трубы, 2) клапан вторичного воздуха, 3) клапан первичного воздуха, 4) переключение клапана нижнего и верхнего газа и 5) паровой клапан. Из них 4 клапана имеют гидравлическую блокировку, т. е. помощью особого устройства эти клапаны, соединенные между собой в группы, по два клапана в группе, в движениях взаимно блокированы между собой. Например, взаимно блокированы между собой клапаны дымовой трубы и клапан вторичного воздуха. При закрытом клапане дымовой трубы вторичный воздух блокирован, т. е. закрыт. При открытом клапане дымовой трубы открывается и вторичный воздух, и наоборот. Другой пример — блокировка клапана первичного воздуха и клапана нижнего газа. Здесь также движение клапанов связано; когда первичный воздух открыт, то клапан нижнего газа блокирован, т. е. закрыт. При закрытии первичного воздуха нижний газ открывается — и наоборот: когда открывается нижний газ, первичный воздух блокирован, т. е. закрыт, а при закрывании нижнего газа блокировка освобождает первичный воздух.

К каждому из указанных пяти основных клапанов от автоматического щита управления отходят по две масляные линии. Автоматический щит управления производит только открывание клапана, а закрывание клапана производится от линии сжатого масла, постоянно действующей на верхнюю поверхность поршня.

Щит автоматического управления (рис. 20). Конструкция щита позволяет управлять работой аппарата

водяного газа как автоматическим, так и ручным способом. При ручном способе последовательность работы клапанов, а также блокировка клапанов сохраняются.

Кроме автоматического управления работой, щит еще ее контролирует и в случае неправильной работы какого-либо клапана подает об этом тревожный звуковой сигнал и световой (лампочкой). При этом щит переводит агрегат в так

называемое «положение безопасности» путем закрывания клапанов дымовой трубы, парового и первичного воздуха; самый же механизм продолжает работать вхолостую и останавливается лишь по окончании цикла.

Автоматический щит управления приводится в движение от специального мотора в 1,8 лошадиных сил.

Вращение от мотора передается в двух направлениях к так называемым: колесу времени и однооборотному механизму.

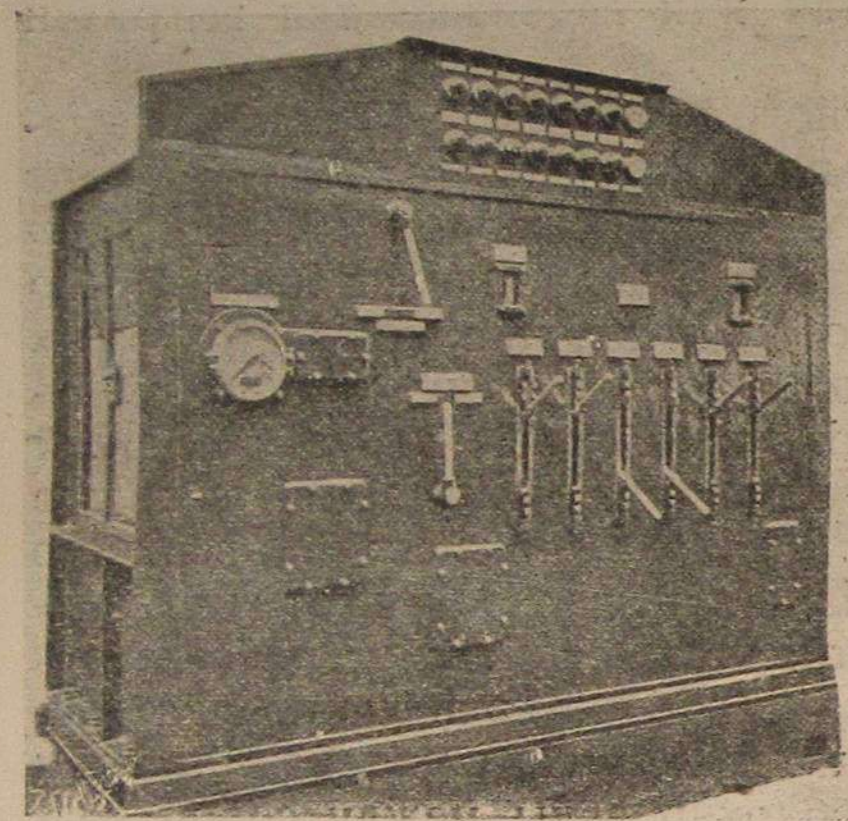


Рис. 20а. Вид автоматического контрольного аппарата.

Колесо времени—это чугунный диск, края которого представляют шкалу, разделенную на 120 равных частей, по которым производится расстановка 10 зубьев, соответствующих пяти основным клапанам, по два зуба на каждый клапан: один для открытия, а другой для закрытия клапана. Зубья расставляются на различные расстояния, соответствующие отдельным фазам цикла. Колесо времени делает один оборот в течение времени, отвечающего одному циклу. Это время можно изменять в пределах от 2½ до 4 и 5 минут. Продолжительность цикла и отдельных фаз устанавливается практически, в зависимости от качества кокса и других причин.

Колесо времени при своем вращении задевает насаженными по его окружности зубьями одновременно два контакта: 1) контакт временного выключателя, 2) контакт однооборотного механизма.

Назначение временного выключателя — контролировать правильность перекрытия клапанов. Если клапан не закрылся почему-либо, то работа щита автоматического управления моментально, вслед за размыканием временного выключателя, переводится на аварийную сеть.

Однооборотный механизм представляет два свободных вала, расположенных на одной оси. На них на-

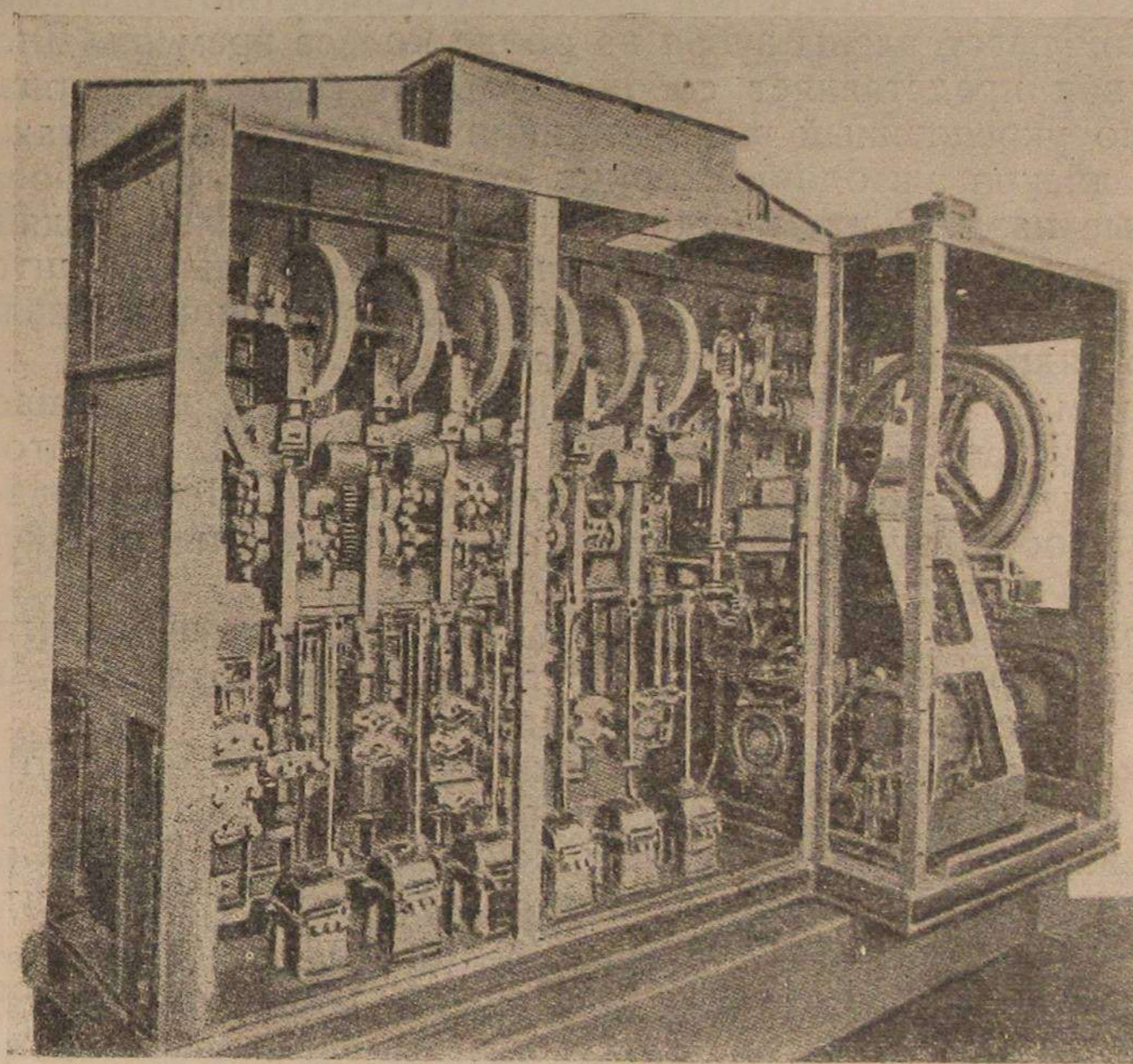


Рис. 20б. Механизм автоматического контрольного аппарата.

сажены две зубчатых муфты; одна муфта закреплена на валу, а другая может перемещаться по валу и сцепляться с первой при помощи некоторых приспособлений.

Работа механизма производится следующим образом. Зуб на колесе времени нажимает на внешний зуб однооборотного механизма, в результате чего происходит сцепление обеих муфт. Вал, на который насажена передвижная муфта, начинает вращаться. В это время зубец на колесе времени от-

пускает контакт, и после того как вал сделает один оборот, муфты расцепляются, и движение останавливается.

От однооборотного механизма вращение передается на дисковый вал. Дисковый вал при одном обороте однооборотного механизма поворачивается лишь на $\frac{1}{10}$ оборота. За 10 оборотов однооборотного механизма, т. е. за время прохождения полного цикла дисковый вал получает 10 толчков по $\frac{1}{10}$ оборота и делает полный оборот. Эти десять толчков чередуются с той продолжительностью по времени, в какой расставлены зубья на ободу колеса времени. Дисковый вал представляет собой стальной стержень, горизонтально укрепленный в подшипниках. На его валу насажено пять дисков; на одной стороне этих дисков выфрезерованы кривые пазы. В паз каждого диска входит палец, сидящий на верхнем конце четырехугольного вертикального штока, а нижний конец этого штока соединен со штоком управляющего гидравлического цилиндра.

Таким образом при вращении диска шток поднимается или опускается, в зависимости от той кривой, по которой скользит палец. Задняя сторона каждого штока представляет собою зубчатую рейку, которая соединяется с шестеренкой, насаженной на валик.

Роль этого сцепления двойная: во-первых, передвигание штоков вручную во время остановки автомата, и во-вторых — дисковая блокировка клапанов.

Система дисковой блокировки действует одинаково как при автоматической, так и при ручной работе.

В нижней части щита автоматического управления находится литой коллектор, который расположен горизонтально. Коллектор имеет внутри три канала, к которым присоединены два вакуумных и один нагнетательный маслопровода.

В плоской лицевой стороне коллектора имеется пять вертикальных рядов отверстий, к которым присоединяются пять гидравлических золотниковых цилиндров, непосредственно соединенных с пятью главными клапанами агрегата водяного газа. Шток, приводимый в движение от диска, то поднимаясь, то опускаясь, регулирует давление масла в маслопроводе соответствующего клапана и таким образом производится подъем или закрывание клапана.

В установке Ньютон Чемберс переключение клапанов также автоматизировано и производится давлением воды. Автоматическое управление значительно проще, недостаток его тот, что автоконтроллер производит лишь переключе-

ние клапанов и не имеет функций контроля за правильностью их перекрытия.

Установка Ньютон Чемберс

Оборудование этой установки построено по системе Вестерн Газ Констрекшен Компани и состоит из генераторов водяного газа и генераторов воздушного газа. Эти два газа затем смешиваются в пропорции 2 : 1 и дают смешанный или полуводяной газ, который в дальнейшем перерабатывается по конверсионному методу в смесь азота и водорода в объемном отношении 1 : 3 и идет для получения синтетического аммиака.

Средний состав газов, получаемых в установке Ньютон Чемберс (в объемных процентах)

Составные части	Водяной газ	Воздушный	Смешанный
Водород H_2	50,0	12,0	38
Оксид углерода CO	39,0	27,0	35
Азот N_2	5,5	54,5	21,5
Метан CH_4	0,5	0,5	0,5
Углекислота CO_2	5,0	6,0	5,0
Сероводород H_2S	0,25	0,25	0,25

Установка Ньютон Чемберс состоит из двух цехов:

- газогенераторного и
- машинного, с самостоятельной установкой для дробления, сортировки и транспорта кокса.

Для получения водяного и воздушного газа служит твердый металлургический кокс состава (в процентах):

Зола	14—16%
Влаги	5—6%
Летучих	0,8—1,3
Серы	1,0—2,1
Углерода	74—78

Калорийность этого кокса 6 600 калорий на килограмм.

Установка коксоподачи

Кокс поступает на завод в вагонах-хопперах и сбрасывается в коксовую яму, расположенную около генераторного здания. Кокс попадает на вращающийся стол, откуда он по-

стует в саморазгружающуюся вагонетку скипового подъемника. Вагонетка с коксом поднимается вверх и сбрасывает кокс в коксоприемник, расположенный над коксодробилкой. Кокс дробится, затем проходит отсеивание и по ленточному транспортеру поступает в бункера, расположенные над генераторами. Скип приводится в действие от мотора при помощи стального троса, намотанного на барабан через блоки. Скип снабжен противовесом. Взаимное передвижение как того, так и другого производится от мотора, расположенного вверху элеватора. Производительность скипа 25 тонн кокса в час. Скип — автоматического типа; движение вперед и назад коксовой вагонетки производится путем автоматического переключения.

Установка воздушного газа

Установка состоит из следующих аппаратов:

- а) газогенератор с автоматическим питанием;
- б) вертикальный паровой котел;
- в) скруббер;
- г) эксгаустер.

Кокс из бункера попадает в питатель 2, который состоит из двух основных частей: нижней неподвижной и верхней вращающейся. Верхняя часть состоит из четырехсекционного турникета, заключенного в чугунный кожух. Верхняя часть получает вращение от электромотора, соединенного с ней посредством червячной передачи и эксцентрика.

Уплотнение между вращающейся частью и неподвижной осуществляется при помощи водяного затвора. Регулировка питателя производится при помощи увеличения или уменьшения числа оборотов верхней части и турникета, а вместе с тем и количества загружаемого кокса. Благодаря вращающемуся турникету получается равномерная загрузка кокса по всей поверхности зеркала горения.

Генератор воздушного газа. Основные размеры генератора:

Внутренний диаметр	3 657 мм
Высота шахты H	4 150 мм
Площадь поперечного сечения Q	10,5 м ²

Корпус генератора (рис. 21) железный, клепаный; верхняя часть футерована изнутри шамотом. Толщина камней 228,5 мм, толщина изоляции 115 мм. Верх шахты перекрыт сферическим сводом с отверстием для питания в центре и с отверстиями для шуровочных затворов. Футеровка опи-

рается на железное кольцо нижней части кожуха, которая представляет собой водяную рубашку; ширина междурубашечного пространства 126 мм. Рубашка имеет вход и выход для питательной воды, расположенные с противоположных концов. В нижней части рубашки имеется сквозной лаз для обслуживания внутренности генератора. Плуг для удаления шлака приклепан к нижней части кожуха. Количество уда-

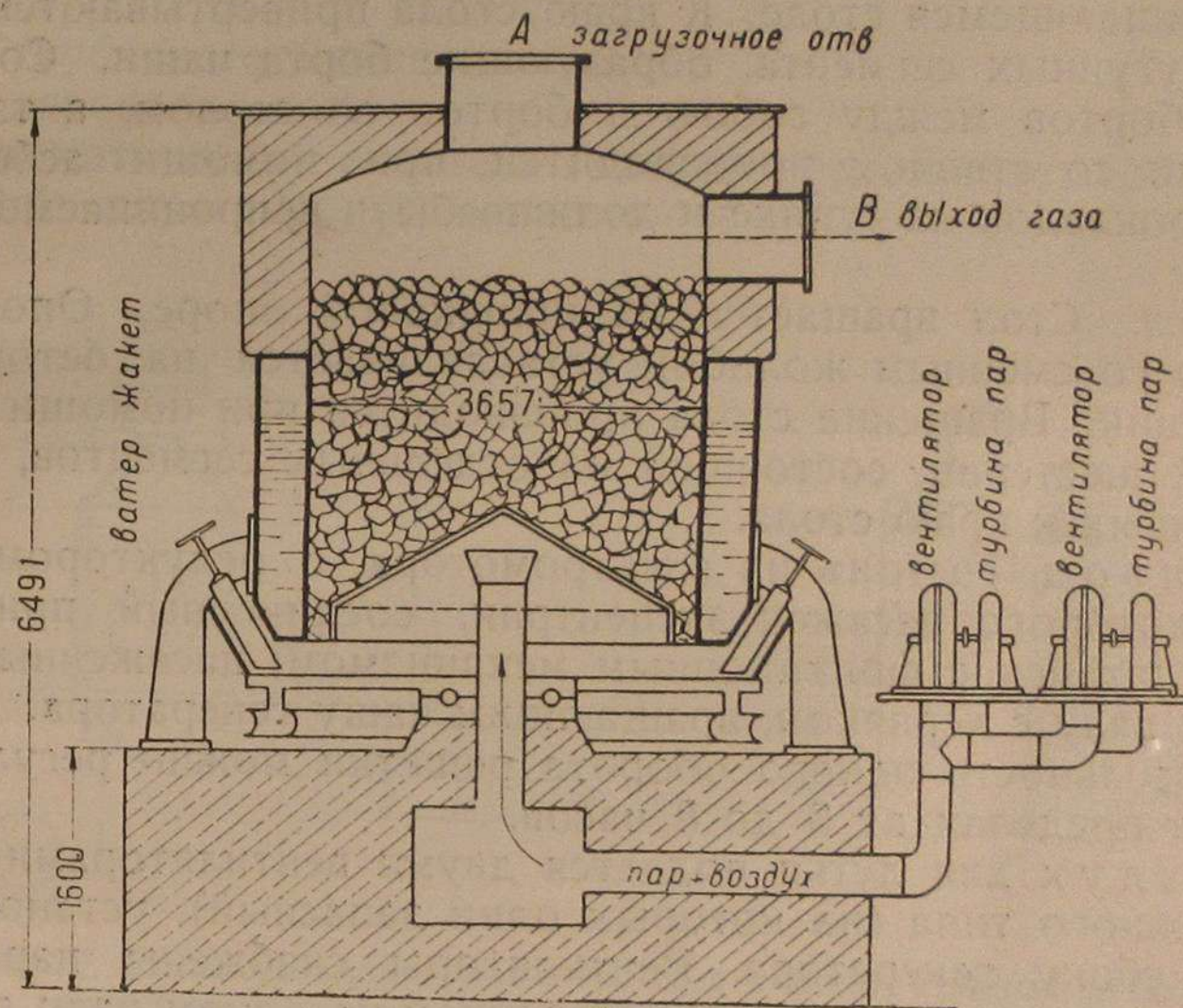


Рис. 21. Схема генератора воздушного газа сист. Ньютон Чемберс.

ляемого шлака регулируется степенью опускания плуга в чашу.

Решетка генератора типа Kerpelly с поясным дутьем, представляет собой конус, удлиненный по одной оси основания. Вертикальная ось решетки также сдвинута в сторону, благодаря чему коническая часть решетки обладает переменным углом наклона и располагается эксцентрически.

Преимущество такой формы решетки заключается в беспрерывной шуровке топлива, перемещении его сверху вниз и от центра к периферии. Зазор между кожухом генератора и вертикальной частью основания решетки также различен. Благодаря этому дробление шлака также происходит бес-

препятственно. Внутренность решетки состоит из двух самостоятельных камер с независимой подачей дутья в каждую из них.

Эти ценные преимущества конструкции данной решетки позволяют давать позонное дутье и контролировать горение топлива. Контролирующие задвижки расположены на трубопроводах внизу, причем маховики вынесены кверху, на обслуживающую площадку. Решетка смонтирована на круглом вращающемся столе. К краю стола привертываются четыре чугунных сегмента, образующие борта чаши. Соединение бортов между собою и бортов со столом, а также решетки со стволом производится при помощи асбестовых прокладок на сурике и должно быть непроницаемо для воды.

Стол. Стол вращается на шариковой опоре. Опорное кольцо со сменным жолобом устанавливается на бетонном основании. Вращение стола производится при помощи червячной шестерни, состоящей из отдельных сегментов, приборченных к краю стола.

Привод состоит из электромотора с редуктором, на валу которого насажен эксцентрик, соединенный при помощи штанги с фрикционным механизмом, насаженным на одном валу с червяком, вращающим чашу генератора. Продолжительность одного оборота решетки можно регулировать в пределах от 3 до 8 часов.

Воздух для дутья подается двумя вентиляторами центробежного типа (из которых один запасный), установленными сбоку генератора. Вентиляторы снабжены паровым приводом от турбины, монтированной на одном валу с вентилятором. В воздухопровод за вентилятором подводится пар для получения паровоздушной смеси. Количество пришемиваемого пара зависит от температуры смеси, в среднем равной 65° . Давление воздуха, подаваемого в генератор, в среднем равно 400—500 мм возд. столба.

Автоматическое регулирование и контроль над давлением и температурой производится регулятором Askania, установленным на рабочей площадке.

Путь движения воздушного газа. Из генератора газ поступает в вертикальный паровой котел, где за счет использования тепла отходящих газов получается пар, затем проходит через скруббер, где охлаждается и промывается водой, после чего эксгаустерами нагнетается в главную газовую магистраль, откуда поступает в газгольдер подводного газа.

Установка водяного газа

Каждый агрегат установки водяного газа системы Ньютон Чемберс (рис. 22) состоит из следующих аппаратов:

- 1) автоматического загрузочного аппарата (питатель Говарда) с весами,
- 2) газогенератора диаметром 3000 мм,
- 3) промывателя,
- 4) скруббера,
- 5) трубчатого конденсатора,
- 6) парового котла.

Автоматический питатель Говарда представляет собою чугунный литой корпус веретенообразной формы, опираю-

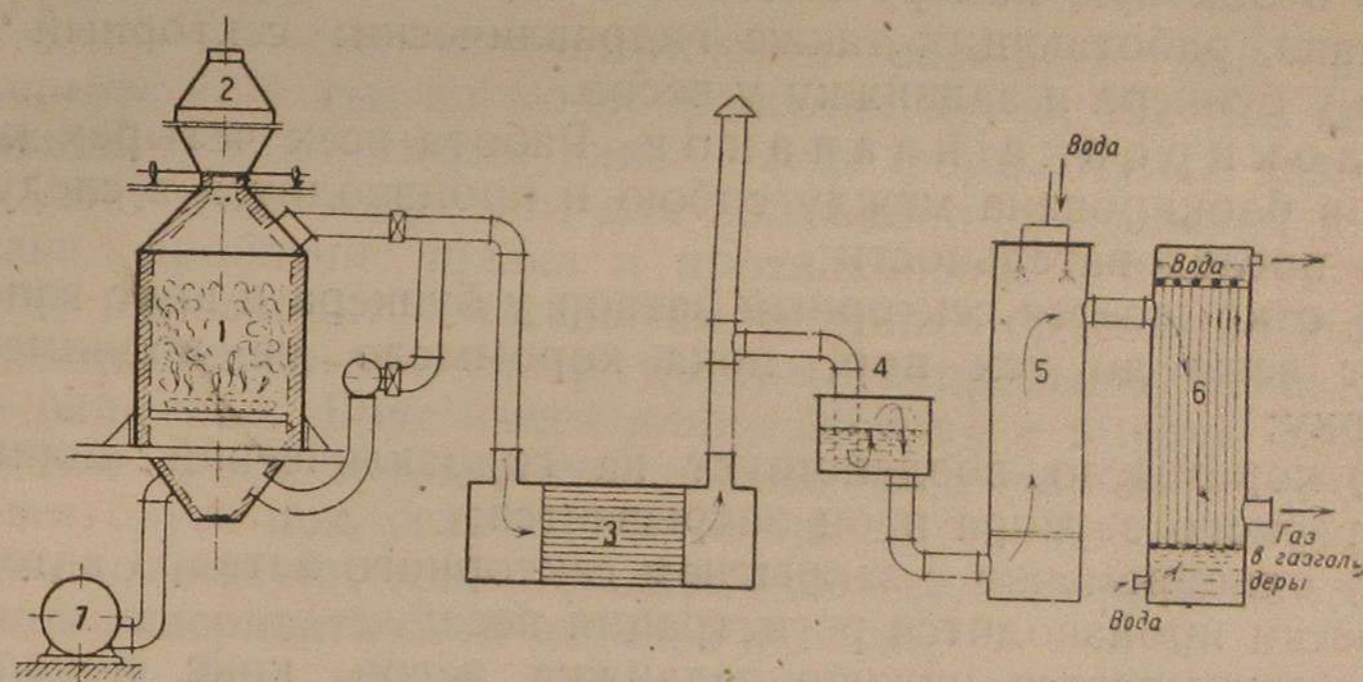


Рис. 22. Схема установки водяного газа системы Ньютон Чемберс: 1 — генератор водяного газа; 2 — питатель; 3 — теплообменный котел; 4 — промыватель; 5 — скруббер; 6 — конденсатор; 7 — воздуходувка.

щийся на железную раму, с двумя парами скатов, установленных на рельсы. На раме установлены четыре домкрата, соединенных цепью Галля. При помощи редуктора весь питатель можно поднимать и опускать. Питатель устанавливается на горловину генератора; между ним и горловиной для уплотнения имеется асбестовый шнур. Корпус питателя состоит из двух камер: а) **нижняя** — главная — камера снизу закрывается конусом, а сверху откидным клапаном; из этой камеры кокс непосредственно попадает в генератор; б) предварительная **боковая** камера сообщается с главной камерой круглым люком, перекрываемым откидным клапаном. В эту камеру кокс попадает с весов и поступает затем в главную

камеру. Оба клапана, конус и откидной, имеют гидравлические цилиндры, и открывание и закрывание их производится гидравлически. Наличие двух клапанов необходимо во избежание сообщения с атмосферой в момент загрузки. Оба клапана блокированы, так что одновременно не могут быть открыты.

Весы. Они одновременно являются и взвешивающим и дозирующим приспособлением. Установлены они под течкой главного бункера и снабжены секторным затвором. Весы представляют собою железный ящик емкостью $0,25 \text{ м}^3$, опирающийся на коромысло с подвижным противовесом.

Дно ящика представляет собой задвижку, через которую кокс с весов просыпается на наклонную течку, ведущую в боковую камеру питателя. Здесь мы имеем еще два клапана, работающих также гидравлически: секторный затвор у бункера и задвижку у весов.

Блокировка клапанов. Работа всех четырех клапанов блокирована между собою и производится в следующей последовательности:

1) открывается секторный затвор у бункера и кокс заполняет весы до тех пор, пока коромысло не поднимется вверх;

2) коромысло воздействует на гидравлический цилиндр секторного затвора и он закрывается;

3) одновременно с закрытием секторного затвора автоматически производится регистрация веса;

4) открывается нижняя задвижка весов, кокс попадает в боковую камеру питателя, откидной клапан в это время открыт и кокс заполняет главную камеру питателя;

5) затем откидной клапан закрывается;

6) конус спускается вниз и кокс сыпается в генератор.

Генератор водяного газа (рис. 22) представляет собою цилиндрический железный кожух, состоящий из двух частей, сболченных посередине, целиком футерованный внутри, без паровой рубашки. Футеровка двухрядная толщиной 225 мм ; между кожухом и футеровкой слой изоляции толщиной 75 мм .

Высота цилиндрической части шахты — 2500 мм .

Верх шахты перекрыт коническим сводом, без шуровочных отверстий. Крышка генератора — конической формы; выходной газовый патрубок, диаметром 762 мм , приклепан к крышке генератора.

В нижней части шахты расположены две дверцы разме-

рами $400 \times 600 \text{ мм}$. Назначение их — доступ внутрь генератора для осмотра, ремонта, а также загрузки дров в момент пуска генератора и выгрузки топлива из генератора во время его остановок. Во время работы эти дверцы закладываются огнеупорным кирпичом. Несколько выше дверец расположены два подвижных плужка, ручки которых выведены наружу. Плужки предназначаются для отгребания золы от периферии решетки. Посредством поворота ручек плужки устанавливаются под тем или иным углом и захватывают большее или меньшее количество шлака. Дно генератора покрыто плоской колосниковой решеткой диаметром 2500 мм , состоящей из восьми отдельных секторов, уложенных на выступах в чугунном основании, имеющем форму звезды.

Секторы имеют концентрически расположенные щели, уширяющиеся как по ходу вращения бруса, так и в вертикальном сечении сверху вниз. Такая форма щелей является наиболее целесообразной для избежания застревания в них шлака. Дробление шлака и проталкивание его сквозь решетку производится массивным чугунным брусом, по форме напоминающим пропеллер, который непрерывно вращается над решеткой. Брус имеет длину 2450 мм и высоту 380 мм . Верхние грани бруса расположены наклонно по ходу движения бруса под углом 45° . Торцы бруса, которые дробят шлак, подвергаются наибольшему износу, против чего нужно на них наваривать слой металла в 20 мм .

Внутри брус полый (для охлаждения водой). Холодная вода поступает в центр бруса снизу по трубе, которая в бресе разветвляется на две стороны. Отвод воды производится трубами, проложенными также внутри бруса.

Работа бруса протекает в крайне тяжелых условиях. Он подвержен действию высокой температуры и сильным механическим напряжениям; кроме того он постоянно истирается шлаками и находится в атмосфере переменных движущихся потоков газа, пара и холодного воздуха. Естественно, что несмотря на всю его массивность, стенки его часто трескаются и дают течь. В таких случаях необходимо остановить генератор и произвести заварку трещин или смену всего бруса.

Технологическое значение работы бруса заключается в постоянном перемешивании слоя топлива, благодаря чему устраняется возможность образования сводов и прогаров в топливе и обеспечивается нормальный режим газификации. Шестерня представляет собою кольцо диаметром 3500 мм ,

высотой примерно 300 мм и шириной по верху 350 мм. Нижняя сторона представляет из себя полое пространство, опирающееся на 85 шариков, являющихся катушей опорой для шестерни и бруса.

Верх выполнен в виде жолоба, в который попадает зола, удаляемая двумя плужками.

Боковая сторона является собственно шестерней, состоящей из 95 зубцов. Нижнее кольцо шариковой опоры лежит на том же чугунном основании, что и секторы решетки. Затем цилиндрическая часть генератора закрывается коническим колпаком вершиной вниз, являющимся зольным резервуаром. В нижней части конуса имеются дверцы для удаления золы. Удаление золы должно производиться 3—4 раза в смену и исключительно в момент воздушного дутья (1-я фаза). В конусную часть входит 30" патрубков, накрытый сверху зонтиком; через этот патрубок производится дутье воздухом и отбор газа при верхнем дутье. Дутье паром производится через другой патрубок, присоединенный под углом 90° к первому.

Нижний воздушный патрубок присоединяется к воздушной магистрали; кроме того от него идет газопровод вверх, присоединенный к главному газоходу на генератор (см. схему генератора). На этом байпасном газоходе расположен нижний горячий клапан, открывающийся в момент парового дутья сверху, и вся линия служит для вывода водяного газа, получаемого при верхнем дутье. На главном газопроводе от генератора, между генератором и присоединением байпасной линии находится верхний горячий клапан, закрывающий газоход в момент парового дутья сверху. Далее главный газоход направляется к камере сжигания. В линию до присоединения к камере вводится ветвь от воздухопровода для подачи вторичного воздуха, идущего на сжигание горючих газов периода воздушного дутья.

Камера сжигания футерована изнутри шамотным кирпичом. В боковой части камеры находится трубчатый пароперегреватель в виде тонких длинных труб, свитых в змеевики. Верхними концами трубы ввальцовываются в коробки, помещающиеся над камерой сжигания. В перегревателе пар перегревается до 350°.

В боковой части камеры сжигания имеются два глазка для наблюдения за горением и два люка для доступа внутрь камеры. Сверху камеры расположены два взрывных предохранительных клапана. Снизу находится сборник пыли с дверцей. Горячие газы из камеры поступают в паровой котел.

Паровой котел. Тип котла дымогарный. Диаметр котла 3150 мм, длина 5175 мм, поверхность нагрева 546 м². Паропроводительность 12 кг/1 м² в час. Паропроводительность всего котла 6,5 тонн в час. Рабочее давление 19 атмосфер.

Пар, получаемый в котле, потребляется для парового дутья генераторов и для паровых насосов. Избыточный пар перегревается и направляется на сторону. Дымовые газы из котла поступают в камеру для выхода газов и через расположенную на ней дымовую трубу — в атмосферу. На трубе имеется клапан. От дымовой трубы отходит газоход к промывателю. Торцовая часть дымовой коробки представляет собой плоскую стенку, покрытую рядом пробок для чистки дымогарных трубок котла во время остановок. Внизу коробка снабжена пылесборником с дверцей.

Котел оборудован следующей контрольной арматурой:

- 1) тройной предохранительный клапан пружинного типа,
- 2) водомерные стекла (установлены два вместе на бронзовой колонке),
- 3) продувочный клапан,
- 4) два парозамерных вентиля; к одному вентилю присоединяется паропровод насыщенного пара, а к другому — перегретого,
- 5) манометр типа Бурдона,
- 6) автоматический прибор для питания водой,
- 7) тревожный свисток, который начинает действовать, тогда, когда уровень воды в котле понижается ниже установленного уровня. В этом случае нужно открыть вентиль ручного питания.

Промыватель. В него поступает газ из котла. Он представляет собой гидравлический затвор между газгольдером и газогенератором. Столб воды в 350 мм уравнивает давление со стороны газгольдера. Промыватель является также первой ступенью охлаждения и очистки газа.

Скруббер. Главная очистка и охлаждение газа происходит в скруббере, куда газ поступает из промывателя. Газ поступает в нижнюю часть скруббера, вода поступает сверху. Внутри скруббера имеется деревянная насадка.

Конденсатор. Пройдя скруббер, газ выходит из верхней его части и поступает для окончательного охлаждения в трубчатый поверхностный холодильник. Вода протекает по трубкам, газ омывает трубки снаружи. Из конденсатора газ поступает в газовую магистраль и направляется в газгольдер.

Машинное отделение

В машинном помещении расположены следующие аппараты и машины.

1) Воздуходувки, подающие воздух в генераторы водяного и воздушного газа, а также вторичный воздух в камеры сжигания. Производительность одной воздуходувки в 1 минуту равна 42 000—43 000 куб. метров воздуха в 1 час.

Воздуходувки смонтированы на одном валу с мотором.

2) Насосы паровые системы Вортингтона:

- а) для питания паровых котлов;
- б) для подачи воды в автоматическое управление;
- в) для подачи циркуляционной воды в скруббера и промыватели.

Всего насосов 9 штук.

В машинном же здании расположены:

- а) сборные резервуары для воды, стекающей из валов, приводов и рубашек генераторов;
- б) сборный резервуар для воды из автоматического управления.

Там же установлен водяной аккумулятор для автоматического управления.

Ведение процесса в установках Пауэр-газ Корпорейшен и Ньютон Чемберс

Получение водяного газа есть процесс периодический. Дутье паром через раскаленный кокс чередуется попеременно с дутьем воздухом. В первом случае снимается водяной газ и направляется в хранилище газа, во втором случае газы дожигаются в камере сжигания и выбрасываются в атмосферу.

Автоматизированные установки Пауэр-газ и Ньютон Чемберс работают на донецком металлургическом коксе следующего состава (в %):

Золы не выше	16
Влаги „ „	10
Серы „ „	2,1
Углерода не м. нее	70

Температура полного плавления золы кокса принята для генераторов Пауэр-газ 1 400° и для генераторов Ньютон Чемберс 1 200°.

Кокс предварительно дробится, коксовая мелочь отсеивается и удаляется. Куски кокса размером от 25 до 75 мм идут в бункера для питания генераторов.

В основу процесса положено получение водяного газа нормального состава в необходимом количестве. Достигается это правильным ведением процесса газификации. Сюда относится выбор продолжительности цикла. Автоматическое управление приспособлено для работы на цикле 3½, 4 или 5 мин. Наиболее подходящая продолжительность цикла зависит от качества топлива. Практика работы с донецким коксом на установках Пауэр-газ Корпорейшен и Ньютон Чемберс показала, что 4-минутный цикл является наиболее выгодным.

Чем короче цикл, тем равномернее условия образования газа в зоне газификации. Водяной газ получается равномерного состава и в необходимом количестве в единицу времени. В свою очередь короткий цикл ведет к увеличенному износу гидравлических насосов и клапанов.

При весьма коротком цикле потеря времени на работу перекрытия задвижек может настолько сократить время фактического получения водяного газа, что в результате мы получим уменьшение производительности газа в единицу времени. Таким порядком и устанавливается предел продолжительности цикла, ниже которого работать становится невыгодно. Изменение продолжительности цикла производится перестановкой шестерен передачи автоматического управления к синхронизатору (установка Пауэр-газ) и при помощи игольчатых клапанов на установке Ньютон Чемберс. Обслуживающий персонал (в лице старшего инженера или старшего генераторщика) должен один раз в смену проверять продолжительность цикла во времени с помощью секундомера. Особенно это относится к установке Ньютон Чемберс, где часто происходит засорение игольчатых клапанов благодаря отсутствию фильтрации масла и тем самым происходит увеличение во времени продолжительности цикла. Последнее ведет к нарушению процесса.

Цикл разбивается на свои составные части следующим образом:

1. Горячее дутье.
2. Продувка паром.
3. Дутье паром снизу.
4. Дутье паром сверху.
5. Дутье паром снизу.
6. Продувка воздухом.

Горячее дутье

Во время этого периода воздух подается в генератор для восстановления соответствующей температуры зоны газификации, после того как подавался пар. При этом часть воздуха в начале горячего дутья при закрытой дымовой трубе идет на продувку остатков водяного газа в газгольдер. Следовательно, период горячего дутья разбивается на две части. Вначале идет продувка, которая длится 4—7 секунд. Вообще продолжительность продувки зависит от требуемого количества газа, причем продолжительная продувка увеличивает содержание CO_2 и N_2 в водяном газе за счет газов горячего дутья.

При желании получить водяной газ с высоким содержанием N_2 , и если воздушный генератор не работает, продолжительность продувки может быть доведена до 15—20 секунд, и тогда получается близкий к составу полуводяного газа (от 17 до 19% N_2), что имело место на установке Пауэргаз вначале пуска, когда работал лишь один генератор водяного газа. Затем период восстановления температурной зоны газификации обычно колеблется от 52 до 60 секунд. Следовательно, период продувки горячего дутья занимает 20—25% продолжительности всего цикла. Скорость потока воздуха во время продувки несколько ниже, чем при горячем дутье вследствие сопротивления в скруббере и затворе.

Общее количество потребного воздуха на 1000 м^3 водяного газа составляет примерно $1800—2000 \text{ м}^3$ в зависимости от анализа газа горячего дутья и т. д.

Дутье небольшой скоростью имеет тенденцию давать газ горячего дутья с большим содержанием CO и малым содержанием CO_2 , тогда как при большой скорости увеличивается содержание CO_2 и уменьшается количество CO . Чрезмерно сильное дутье может вызвать в генераторе местные перегревания и шлакообразование, а также большие потери углерода в коксовой пыли, вызванные механическим уносом. Последнее обстоятельство особенно имеет место на установке Н. Чемберс, где уносимая коксовая пыль содержит до 70% С. Причем коксовой пыли за 8 часов работы одного генератора получается $450—500 \text{ кг}$. Имевшие место частые зашлаковки генераторов водяного газа также можно объяснить этим обстоятельством. В период горячего дутья подается в камеру сжигания вторичный воздух для дожигания газов горячего дутья. При этом CO сгорает в CO_2 .

Количество и продолжительность подаваемого вторичного

воздуха должны тщательно регулироваться, так как избыток воздуха может вызвать охлаждение газа и тогда произойдет уменьшение использования тепла газов в теплообменных котлах, что в свою очередь вызовет уменьшенный съем пара в единицу времени. Время подачи вторичного воздуха зависит от скорости первичного воздуха и реактивности употребляемого кокса. Необходимо иметь полный анализ газов горячего дутья, перед тем как решено включить вторичный воздух. Количество CO в газе горячего дутья к концу его увеличивается. Надо давать 2—4 секунды продувки между моментами закрытия задвижек вторичного и первичного воздуха.

При работе на донецком коксе практика показала, что самым выгодным для вторичного дутья оказалось время от 34 до 48 сек., при 52 сек. горячего дутья. Потребное количество вторичного воздуха рассчитывается по анализам газа горячего дутья, взятого точно за период времени, в течение которого предполагается добавлять вторичный воздух.

Продувка паром

Продолжительность этой части цикла зависит от желания получить газ с низким содержанием азота. Длительная продувка уменьшает количество азота. Обычно продувку уменьшают до 10 секунд. В этом периоде цикла пар подается в нижнюю часть генератора при открытой дымовой трубе. Остатки газов горячего дутья продуваются в атмосферу.

Паровое дутье

Остаток цикла разделяется на основное дутье паром снизу, дутье паром сверху и окончательное дутье паром снизу.

Последнее дутье снизу должно быть возможно коротким с хорошей продувкой нижней части генератора после дутья паром сверху. Обычно длится 15—18 сек. Это должно быть обязательно соблюдено, в противном случае в нижней части генератора при даче воздуха в период горячего дутья, произойдет взрыв.

Разделение остатка цикла на основное дутье паром снизу и дутье сверху определяется состоянием слоя горючего (кокса) и температурами верхнего и нижнего выходов газа.

Температура выхода нижнего газа должна держаться

в пределах от 125 до 150° С. При падении ее надо увеличить дутье сверху и наоборот. Обычно продолжительность дутья снизу несколько больше дутья сверху.

Продолжительность фаз цикла

Продолжительность фаз цикла определяется следующими промежутками времени:

Горячее дутье — с момента открытия дымовой трубы до закрытия первичного воздуха.

Продувка паром — от момента закрытия первичного воздуха до закрытия дымовой трубы.

Основное дутье снизу — от закрытия дымовой трубы до переключения.

Дутье паром сверху — от переключения до переключения обратно на пар снизу.

Окончательное дутье паром снизу — от переключения до закрытия пара.

Продувка воздухом — от закрытия пара — до открытия дымовой трубы.

При определении продолжительности фаз цикла необходимо иметь в виду, что между моментом движения контрольных клапанов (щит управления) и окончанием движения задвижек проходит 5—8 секунд. Таким образом открывающаяся задвижка будет пропускать газ, пар или воздух с того момента, как она начала открываться, и не прекратит потока, пока не будет совершенно закрыта. При работе автоматом продолжительность фаз цикла контролируется зубцами, установленными на счетной шкале («колесо времени»).

Последняя разделена на 120 равных частей, из которых каждая представляет промежуток времени при

3 $\frac{1}{2}$ -мин. цикле	1,75 сек.
4-мин.	2,00 "
5-мин.	2,50 "

Указанного выше контроля над продолжительностью цикла не имеется на установке Ньютон Чемберс. Контроль на последней осуществляется обслуживающим персоналом один раз в смену при помощи секундомера.

При одновременной работе нескольких генераторов водяного газа необходима такая расстановка циклов на всех генераторах, чтобы два генератора не могли одновременно быть на горячем дутье.

Загрузка кокса

Кокс должно непрерывно загружать в генератор с такой скоростью, чтобы поддерживать постоянный его уровень. На установке Пауэр-газ имеет место действительно непрерывное поступление кокса в генератор во все фазы цикла; на установке Ньютон Чемберс загрузка кокса идет один раз в цикле, в период дутья пара сверху. Порция загружаемого кокса может варьировать от 135 до 250 кг в зависимости от нагрузки генератора.

Нормальным рабочим уровнем является уровень на 2 метра ниже верхних шуровочных отверстий.

Он измеряется железным прутом с насечкой, вводимым в шуровочное отверстие во время периода горячего дутья. На установке Ньютон Чемберс уровень кокса контролируется на глаз генераторщиком через смотровое окно, а также наблюдением за давлением: в период горячего дутья по дифференциальному манометру нормальное давление равно 450 мм. Практика работы показала, что отсутствие шуровочных отверстий затрудняет контроль за уровнем кокса и на установке имеют место перегрузки генераторов топливом. Благодаря последнему обстоятельству работа автоматических газовых клапанов расстраивается и обычно происходят остановки (5—10 мин.) для освобождения клапанов от кокса.

Скорость загрузки кокса в генератор регулируется наклоном качающейся плиты, необходимая же иногда дальнейшая регулировка осуществляется изменением хода плиты. На установке Ньютон Чемберс вышесказанное достигается увеличением или уменьшением загружаемой порции на взвешивающем механизме.

При питании генератора коксом необходимо следить за температурой выходящего газа. Если уровень кокса в генераторе слишком низок, то не следует сразу же ускорять загрузку, необходимо постепенно повышать скорость загрузки, следя за тем, чтобы температура выхода газа не упала ниже 400° С.

Загрузка промежуточного бункера. Загрузку бункера (мерника) обычно производят, не прерывая нормальной работы генератора. Когда бункер пуст, должен быть дан пар на линию продувки его и вся конденсационная вода из этой линии продута через специальный кран. После спуска воды его не следует оставлять вполне открытым. Гидравлические вентили к задвижкам мерника должны быть

открыты. Дождавшись фазы «дутье сверху» и не ранее 20 сек. после «переключения» — закрывают дисковый клапан, и когда он совершенно закроется, открывают задвижки мерного бункера, которые автоматически подают в него пар. В это же время идет наполнение бункера коксом. Для этого требуется время около 3 минут.

Продувка паром при загрузке мерника коксом — операция очень ответственная. Плохо продутый мерник благодаря остаткам в нем воздуха при последующем включении на газ **может дать взрыв в мернике.** Установка Ньютон Чемберс не имеет указанного выше бункера.

Удаление золы

Зола удаляется по возможности непрерывно из генератора, для чего поддерживается постоянное вращение колосников (Пауэр-газ) и бруса (Ньютон Чемберс). Количество удаляемой золы зависит от скорости вращения колосников и бруса, а также от положения выгребных щитков.

Скорость вращения колосников регулируется при помощи двухскоростной коробки скоростей, и промежуточные скорости устанавливаются переменноскоростной цепной специальной передачей. Двухскоростную коробку скоростей можно переводить с одной скорости на другую только во время остановки колосников, а цепную передачу можно регулировать только на ходу.

Выгребные щитки устанавливаются так, чтобы выгребать золу равномерно с обеих сторон и середины генератора.

Скорости вращения колосников и положение выгребных щитков устанавливаются по данным замера высоты слоя золы. Замеры производятся примерно через каждые 4 часа, при этом генератор устанавливается в положение безопасности.

Перевод генератора на положение безопасности

Пользуются этим в следующих случаях (помимо аварийных):

- при замере высоты шлаковой подушки,
- при чистке зольных карманов,
- при определении уровня топлива через смотровые глазки в генераторе системы Ньютон Чемберс.

Поступают следующим образом. Дождавшись наступления горячего дутья и после того как дымовая труба открылась, нажимают кнопку останова автоматического управле-

ния и переводят рукоятку вспомогательного клапана в положение работы вручную (установка Пауэр-газ).

На установке Ньютон Чемберс та лишь разница, что после открытия дымовой трубы безопасную рукоятку на масляном цилиндре ставят в вертикальное положение, т. е. автоматическое управление выключают и кран от первичного воздуха закрывают вручную при помощи четырехходового крана. В момент останова генератора в положение безопасности задвижки находятся в следующем виде:

Открыты	Закрывают
Дымовая труба	Первичный воздух
Верхний газ	Вторичный воздух
	Нижний газ
	Пар

После этого открывают пробки шуровочных отверстий крышки генератора и дают пар в дымовую трубу для создания тяги. Воздух при этом, просасываясь через шуровочные отверстия (Пауэр-газ) и через люк питателя (Ньютон Чемберс) в генератор, сгорает с газом и уходит в дымовую трубу.

Замер шлаковой подушки

Генератор ставится в положение безопасности. Через верхние шуровочные отверстия вводятся три металлических штанги до соприкосновения с колосниковой решеткой. На время замера колосниковая решетка останавливается. Опущенные штанги находятся в генераторе в течение 2 минут, после чего вынимаются и определяется шлаковая подушка. Слой шлака над колосниками должен быть в пределах от 200 до 300 мм. На установке Ньютон Чемберс контроль за шлаковой подушкой осуществляется другим порядком, т. е. определяется по исходящей из бруса воде, а также при чистке зольников от золы наблюдением за низом генератора. Если низ слишком темный и холодный, то шлаковая подушка слишком большая, если же низ светлый — раскаленный и отходящая вода из бруса имеет высокую температуру, то шлаковая подушка незначительна и тогда принимают соответствующие меры или путем изменения режима или уменьшением или увеличением скорости вращения бруса.

Чистка зольных карманов

Чистка зольных карманов в генераторе водяного газа установки Ньютон Чемберс должна производиться раз в смену — и один раз в две смены в установке Пауэр-газ.

При чистке генератор должен быть установлен в положение безопасности. Открытие зольных карманов в установке Пауэр-газ производится при помощи гидравлических клапанов, в установке же Ньютон Чемберс вручную.

Во время чистки пользуются железными штангами для лучшего опораживания карманов.

После удаления золы дверцы тщательно очищаются щеткой от угольной мелочи и плотно закрываются. В установке Чемберса одновременно с чисткой зольных карманов производится очистка от золы камеры сжигания парового котла и дымовой камеры для освобождения от уноса, которого набирается за смену до полутонны. Унос состоит из 60% углерода, остальное зола.

Время, занимаемое на эту операцию, — около 15—20 минут (Пауэр-газ) и 6—7 минут (Ньютон Чемберс), что объясняется более простой конструкцией в последнем случае.

После чистки зольных карманов генератор может быть снова пущен в работу.

Моменты, требующие особого внимания

1) Необходимо вести постоянное наблюдение за количеством воды, поступающей в промыватели, скруббера, конденсаторы и брус (в установке Чемберса), а также за температурой отходящей воды.

В установке Пауэр-газ необходимо иметь еще постоянный надзор за притоком воды к крышкам генератора, к среднему гидравлическому затвору и питателю кокса.

При полной производительности генератора водяного газа расход воды на один скруббер определяется примерно в 45 м³ в час. Можно давать воды и больше, но все-таки при этом нужно избегать чрезмерной потери давления газа. Должно иметь постоянное наблюдение в установке Пауэр-газ за тем, чтобы гидравлические затворы были все время заполнены водой и чтобы из них регулярно раз в смену удалялись мелочь и пыль (затворы у генератора, теплообменного котла и скруббера).

2) В теплообменных котлах и в котлах низкого давления уровень воды необходимо поддерживать на установленной высоте, производить продувку котлов высокого и низкого давления не менее одного раза в смену, также не менее одного раза в смену производить продувку водомерных стекол, следить за автоматическим регулятором питания котла водой и за исправным состоянием сигнальных (звуковых)

приспособлений на котле, следить за давлением пара. Котлы высокого и низкого давления должны питаться доброкачественной водой с жесткостью в пределах 2—4°.

3) Все контакты распределительных щитов должны содержаться в чистоте. Сменный электрик должен раз в смену делать их осмотр.

4) Необходимо вести наблюдение за тем, чтобы в бункерах имелся достаточный запас кокса, не должно допускать, чтобы его запасы опускались ниже 8-часового запаса, также необходимо следить за крупностью подаваемого в бункера кокса.

5) Давление пара, расходуемого в генераторах на производство газа, перед паровпускным клапаном не должно понижаться ниже установленного (0,7 ат в установке Пауэр-газ и 15 ат у Чемберса).

6) Особенно тщательно нужно следить за давлением воды и масла в системе гидравлического управления. Понижение давления может вызвать ненормальную работу клапанов и повлечь за собою хлопки (взрыв).

Аварийные случаи

Они могут быть вызваны различными причинами, практика показала, что в большинстве случаев остановки генераторных цехов происходят вследствие перерыва в подаче пара, электроэнергии и воды.

1) В случае прекращения подачи пара, энергии или воды вся установка ставится немедленно в положение безопасности, причем в первую очередь останавливаются генераторы водяного газа и затем уже генераторы воздушного газа.

2) Отсутствие на продолжительное время электроэнергии влечет за собой зашлаковку генератора, после чего он выходит из строя на долгий срок (относится главным образом к установке Чемберса). Зашлаковку можно предотвратить дачей пара снизу; иногда применением этой меры удается устранить зашлаковку.

3) Отсутствие воды влечет за собой в установке Чемберса вывод из строя бруса, поэтому вода во всех аварийных случаях тем или иным способом должна подаваться через брус из какого-либо другого места.

Если воду почему-либо нельзя подать, то нужно дать пар в генератор во избежание зашлаковывания.

4) Хлопки в аппаратуре. Они могут иметь место при за-

грузке мерного бункера (Пауэр-газ). При плохой продувке мерника в нем могут происходить хлопки при открытии нижнего шибер мерника.

Хлопки могут быть также внизу генератора в зольниках: в случае недостаточной продувки нижней части генератора от остатков водяного газа при верхнем дутье. Эти хлопки могут происходить и благодаря неплотно закрытым дверцам в зольном кармане. Хлопки также могут происходить в промывателе (установка Чемберса) от проникновения газа обратно из газгольдера в нижнюю часть генератора.

Хлопки в питателе установки Чемберс могут также произойти при остановке генератора на очистку вследствие конструктивных недостатков питателя.

Расходные коэффициенты для получения 1 м³ водяного газа в установке Пинча

Антрацит	0,6 кг	Энергия	15 ватт
Пар	0,80 „	Вода	20 л

Расходные коэффициенты установки Пауэр-газ Корпорейшен

Расход	Водяной газ	Воздушный газ	Смешанный газ
	на 1 000 м ³ газа		
Углерода в кг	540	200	440
Пара в кг	800	200	620
Воды в т в час:			
для питания котлов	8	1,5	9,5
для охлаждения	90	30	120
Электроэнергии при воздухоудавках и эксгаустерах с электрическим приводом в лощ. силах (британских)	190	190	190
Продукция пара			
В ватер-жакетах в т в час	2,5	0,5	3,0
В котлах высокого давления в т в час	5,5	1,0	6,5

Контрольные вопросы

1. Как устроена колосниковая решетка в генераторе водяного газа Чемберса?
2. Из каких периодов состоит полный цикл получения водяного газа?

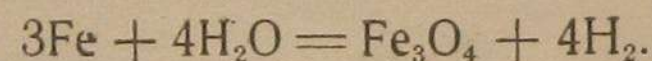
3. Какой состав имеет воздушный газ?
4. Где помещается пароперегреватель в установках Чемберса и Пауэр-газ?
5. Как устроен скруббер Лимна?
6. Какое назначение имеет рекуператор?
7. Что такое «колесо времени»?
8. Какой величины должен быть кокс, загружаемый в генераторы водяного газа?
9. Как устроен питатель Говарда в установке Чемберса?
10. Как устроен конденсатор в установке Чемберса и для чего он служит?
11. Как удаляется зола и шлак из генераторов водяного газа Пауэр-газ?

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ПО ЖЕЛЕЗО-ПАРОВОМУ СПОСОБУ В ГЕНЕРАТОРАХ ПИНЧА

Теория процесса

Многие металлы, приходя в соприкосновение с водой, выделяют водород, причем одновременно кислород воды соединяется с металлом. Щелочные металлы, как натрий и калий, разлагают воду уже при обыкновенной температуре. Другие металлы, как магний и цинковая пыль, действуют только на кипящую воду; третья группа металлов разлагает воду лишь при температуре красного каления.

Но техническое значение имеет лишь способ разложения воды железом, или так называемый «железо-паровой способ» получения водорода. В основе этого способа лежит открытая еще в 1783 году «отцом химии» Лавуазье реакция:



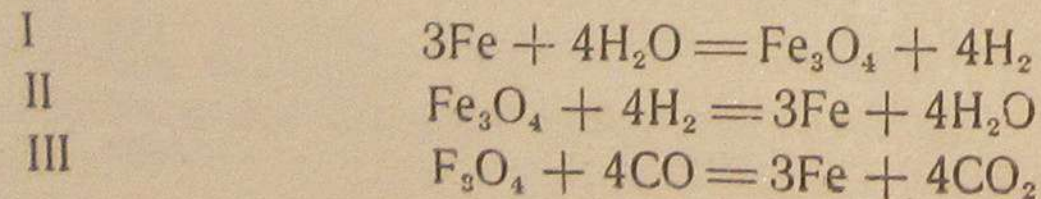
Спустя шестьдесят лет было открыто, что окислы железа, образовавшиеся при действии водяного пара на железо, можно легко восстановить снова в металлическое железо путем пропускания генераторного газа. Так что теоретически определенное количество железа может дать неограниченное количество водорода.

Описание водородного генератора Пинча

Генератор системы Пинча является типом одноретортного аппарата для получения водорода. До самого последнего времени генераторы водорода системы Пинча у нас не встречались и поэтому мало известны.

Водород в них получается по железо-паровому способу разложения воды раскаленным железом.

В основе этого способа лежат реакции периодического окисления и восстановления железа.



В качестве катализатора при получении водорода применяется железная руда. Это может быть или магнитный железняк, или железо, полученное из сидерита, или какая-либо другая железная руда.

Сущность способа заключается в том, что раскаленная до $750-850^\circ$ масса железа вступает в соприкосновение с водяным паром, который под влиянием высокой температуры распадается на свои составные части — водород и кислород. Кислород соединяется с железом, окисляя его в окись железа, а водород становится свободным и собирается в газ-

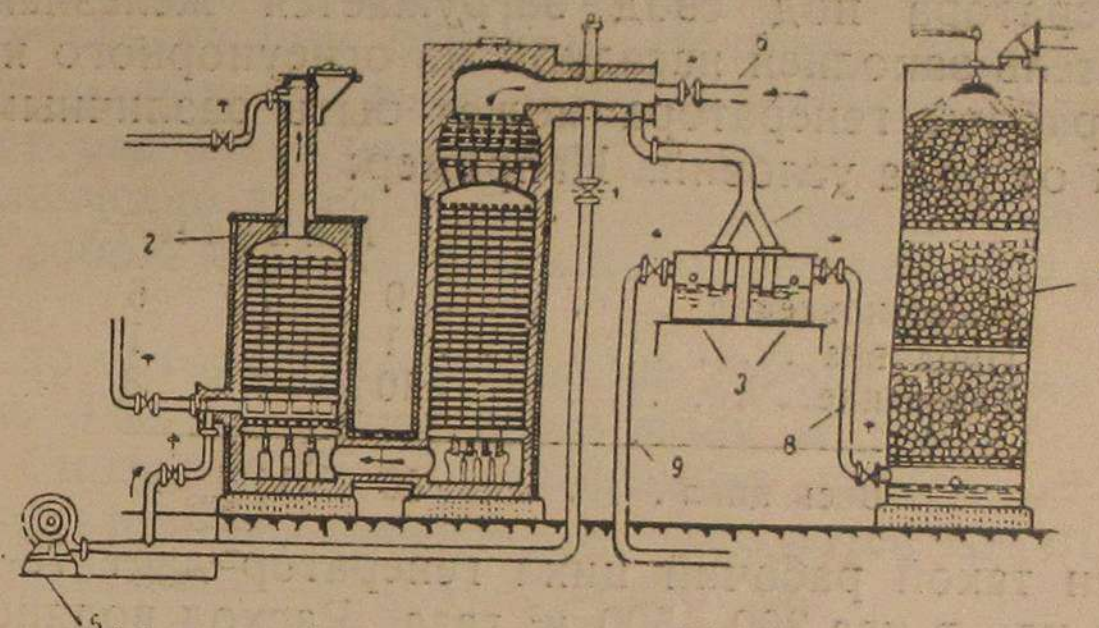


Рис. 23. Схема получения водорода в установке Пинча: 1 — генератор водорода; 2 — подогреватель; 3, 3' — форляге; 4 — скруббер; 5 — воздуходувка; 6 — поступление водяного пара.

гольдер. Этот период, когда при действии водяного пара на железо выделяется водород, называется периодом газования.

За периодом газования следует период редуции или обратного восстановления окисленного железа в металлическое железо. В качестве восстановителя, т. е. вещества, отнимающего у окислов железа кислород, применяется водяной газ.

Главные составные части водяного газа — водород и окись углерода — являются энергичными восстановителями.

По своему устройству генератор Пинча напоминает прежние генераторы БАМАГ'а. Он состоит из генератора и перегревателя — двух цилиндрических аппаратов, соединенных внизу между собой горловиной (см. рис. 23, где 1 — генератор, 2 — перегреватель).

Основные размеры (в миллиметрах)

	Диаметр	Высота
Генератор	2 600	9 000
Перегреватель	2 500	5 300

Аппараты имеют внутреннюю шамотную футеровку, суживающую внутренний размер шахты генератора до 2 000 мм.

Генератор водорода разделен шамотным сводом на две неравные части. В верхней части имеется насадка из огнеупорного кирпича для перегрева поступающего по трубе 6 (рис. 23) в генератор водяного газа в момент восстановления (редукции) и во время розжига генератора. В нижнюю часть генератора под свод загружается железная руда. Перегреватель заполнен насадкой из огнеупорного кирпича.

Режим работы генератора может быть различным, в зависимости от ряда условий. Например:

	Минуты		
Восстановление	9	7	6
Продувка	1	1	1
Газование	10	7	8
<hr/>			
Весь цикл	20	15	15

За один такой рабочий цикл генератор дает 75—125 м³ водорода или в час 300—500 м³ газа. Расход водяного газа на восстановление колеблется в пределах 1,8—2 м³ на один куб. метр водорода.

Водяной газ, идущий для редукции входит в генератор по трубе 6 сверху, перегревается в верхней части и, нагретый, проходит через массу железа, восстанавливая последнюю. Продукты восстановления: углекислота и пары воды выходят через перегреватель в атмосферу.

В первые минуты восстановление идет очень энергично и в продуктах восстановления нет водяного газа, но потом, когда главная масса окислов железа уже восстановится, то появится в перегревателе уже водяной газ. Тогда в перегревателе дают добавочный воздух, чтобы сжечь этот непрореагировавший водяной газ и разогреть перегреватель.

Фаза редукции продолжается 6 минут; газы, образовавшиеся при редукции, уходят в атмосферу через трубу на перегревателе. Труба эта закрывается клапаном в виде тележки.

После окончания периода редукции впуск водяного газа закрывается, закрывается клапан-тележка и пускается водяной пар в обратном направлении через перегреватель. На-

чинается период газования. Водяной пар вступает в верхнюю часть перегревателя, там перегревается и, вступая во взаимодействие с катализатором, распадается на свои составные части, причем кислород окисляет контактную массу, а водород собирается в газгольдер.

Но так как перед впуском пара в перегреватель и генератор аппаратура от предыдущей операции осталась заполненной водяным газом, загрязнена им, то первые порции водорода пускают не в газгольдер водорода, а продувают в газгольдер водяного газа. Продувка продолжается от 1 минуты до 30 секунд.

Разделение продувочных газов от чистого водорода производится следующим образом. Водород, образовавшийся в генераторе, выходит из него через патрубок 7 (рис. 23) по трубе, которая далее разветвляется на две части, входящие в гидравлические затворы 3. Гидравлические затворы представляют собою коробки, через которые все время проходит вода.

Труба, по которой входит газ, не доходит до дна затвора на 360 мм. Газ проходит через воду и уходит по трубе 8 или 9. Смотря по тому, который из шиберов будет открыт, туда и пройдет газ; этим и пользуются для отделения продувочных газов от чистого водорода.

Описание перегревателя

Как уже было сказано ранее, генератор водорода соединяется внизу с перегревателем. Перегреватель также футерован и имеет шамотную насадку из кирпичей размером 250 × 120 × 60; 20 рядов по 120 штук, всего 2 400 штук. Внизу сбоку перегреватель имеет патрубок, к которому подведены воздух и водяной газ.

Описание процесса

Восстановление катализатора в генераторе водорода водяным газом, как всякая реакция, идущая с поверхности, ведется с избытком водяного газа, и вот здесь, чтобы дожечь избыточный непрореагировавший водяной газ, и дается воздух. Водяной газ подведен для разогрева насадки перегревателя при пуске и при нарушении теплового режима. На перегревателе имеется дымовая труба, которая закрывается клапаном-тележкой во время газования и открывается при редукции. Водяной пар вводится в перегреватель в эту же трубу около клапана тележки.

Управление генератором

Все управление генератором водорода сосредоточено в одном месте и производится особой лебедкой — простым вращением штурвала лебедки в одну сторону. Посредством системы рычагов и тяг, соединяющих лебедку с шиберами, производится открывание и закрывание последних. Лебедка так сконструирована, что шиберы закрываются и открываются в определенной последовательности. Для измерения температур в генераторе и перегревателе установлен ряд пирометров

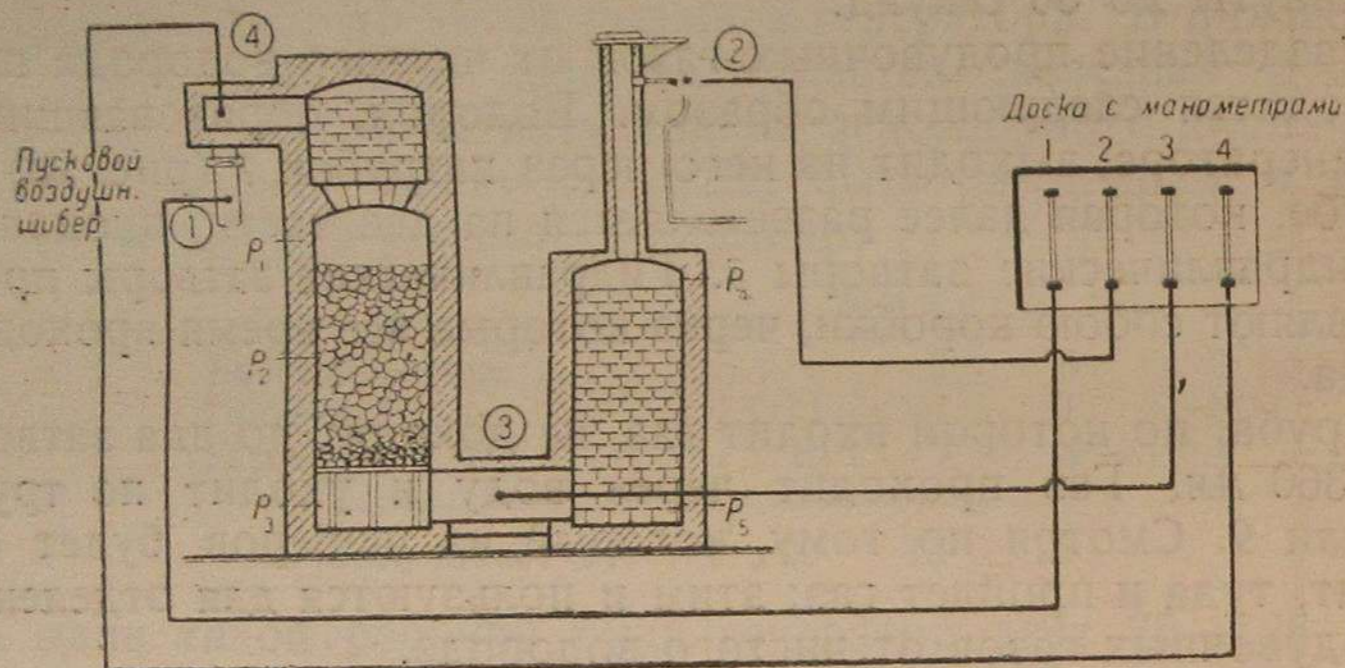


Рис. 24. Схема расположения водяных манометров в водородных генераторах сист. Шинча: 1 — воздухопровод; 2 — вход пара в перегреватель; 3 — генератор (низ); P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 — пирометры.

тров (рис. 24). Провода от пирометров сведены в одно место и подведены к гальванометру. При нажатии определенной кнопки стрелка гальванометра указывает на температуру в этой части генератора. Пирометры установлены в следующих точках: генератор — верх, середина, низ и перегреватель — верх и низ. Давление определяется водяными манометрами в следующих местах генератора и перегревателя (рис. 24): 1) генератор верх 2) перегреватель верх, 3) генератор низ, 4) воздух.

Все пирометры генератора водорода введены в ту часть генератора, где находится железная руда. За одно газование генератор водорода в среднем дает 75 м^3 или в час $75 \times 4 = 300 \text{ м}^3$. Максимальная часовая производительность генератора водорода при свежем сидерите может достигать 500 м^3 . Расход водяного газа колеблется от 1,6 до $1,9 \text{ м}^3$ на 1 м^3 водорода.

Технический учет работы водородного генератора (Выписка из технического журнала)

Время	Температура по пирометру						Давление в мм вод. ст.						Давление пара в атмосферах	
	Восстановление			Газование			Восстановление			Газование				
	Начало газован.	Верх	Сред.	Низ.	Верх	Сред.	Низ.	Пер.	Генер.	Фор.	Пер.	Ген.		Фор.
7—00	7—10	650	710	670	630	730	660	0	10	15	650	650	650	8
7—20	7—30	—	—	—	—	—	—	0	10	15	650	650	650	7,4
7—40	7—50	—	—	—	—	—	—	0	10	15	650	650	650	9,0
8—00	8—10	660	710	670	640	730	660	0	10	15	650	650	650	8,2
8—20	8—30	—	—	—	—	—	—	0	10	15	650	650	650	7,6
8—40	8—50	—	—	—	—	—	—	0	10	15	—	650	650	7,4
9—00	9—10	660	710	660	640	730	660	0	10	15	650	650	650	8,0
9—20	9—30	—	—	—	—	—	—	0	10	15	650	650	650	7,8
9—40	9—50	—	—	—	—	—	—	0	10	15	650	650	650	8,0
10—00	10—10	660	710	660	650	730	660	0	10	15	650	650	650	8,0

Пар, применяемый для получения водорода, должен иметь перед впускным клапаном в перегреватель 8—9 атмосфер давления. Если пар будет поступать с меньшим давлением, то генератор водорода будет работать с пониженной производительностью.

При установившейся работе генератора в нем держатся следующие температуры и давления (см. таблицу на стр. 99).

Расходные коэффициенты для получения 1 м³ водорода по железо-паровому способу

Водяной газ	1,2—2 м ³
Пар	3,4—3,6 кг
Энергия	15 ватт
Вода	50 л
Сидерит	0,073 кг
Известь	0,072 ¹ „
Болотная руда	0,009 ¹ „

Водород после генератора поступает в скруббер, где он охлаждается до нормальной температуры 10—20° и затем идет в газгольдер сырого неочищенного водорода. Состав сырого водорода следующий (в объемных процентах):

H ₂	96,7	N ₂	1,0
H ₂ S	0,6	CO	0,4
CO ₂	0,6	O ₂	0,1
CH ₄	0,6		

Производственные моменты ведения процесса, требующие особого внимания. Мероприятия по технике безопасности

Подготовка к пуску

Предварительно перед пуском должна быть осмотрена лебедка, опробованы пар и шиберы как у генератора, так и у перегревателя.

Воздушный шибер у перегревателя должен быть опробован на непроницаемость и его диски смазаны тавотом, а равно смазаны все штоки шиберов, осмотрены смотровые

¹ Расход указан при условии очистки водорода одной лишь известью без применения болотной руды. В том случае, если применяются болотная руда и известь вместе, их расходные коэффициенты будут:

Болотная руда	0,009 кг
Известь	0,024 „

краны и шиберы на форляге. Одним словом, должна быть сделана полная и тщательная проверка всех частей генератора, плотности соединений клапана тележки, люков. Герметичность должна быть испытана воздухом, с промыванием всех мест, где возможна утечка газа.

Необходимо также удостовериться в правильном и достаточном поступлении и стоке воды из форляге и скрубберов.

Когда все указанные операции будут проделаны и все замеченные недостатки устранены, можно начать разогрев генератора. Перед розжигом генератора должна быть произведена тщательная продувка его воздухом с производством анализа воздуха, взятого из генератора.

Зажигание водяного газа

Если анализ воздуха дал удовлетворительные результаты, то можно приступить к зажиганию водяного газа.

Для этого сначала вносят в генератор факел и наблюдают, чтобы факел не погас от воздуха и был посередине сечения трубы, подающей водяной газ, так как воздух подается со стороны. Наблюдают, чтобы факел 2—3 минуты горел и чтобы его не задувало воздухом, и лишь когда в этом убедятся, тогда только можно давать водяной газ.

В случае, если дан газ и факел погас, необходима опять тщательная продувка генератора воздухом, с производством его анализа. Когда газ загорится, то наблюдают все время, чтобы пламя не гасло, и лишь когда верхняя часть насадки генератора раскалится, тогда уже можно быть уверенным, что пламя не погаснет.

Во время разогрева нужно следить по анализам продуктов сгорания, чтобы в них не было избытка водяного газа, что может вызвать хлопки на выходе из перегревателя. Нужно следить также за равномерным поступлением воздуха во время разогрева. В случае неожиданного прекращения подачи воздуха нужно немедленно закрыть газ и воздух и продуть генератор паром и воздухом.

При зажигании и разогреве генератора необходимо руководствоваться подробно разработанной на этот счет инструкцией, так как неправильное ведение этой чрезвычайно важной операции может повлечь сильные хлопки.

Переход от разогрева к пуску

В первые минуты восстановления идет жадное поглощение водяного газа, поэтому воздух в перегреватель дают только

после анализа, иначе охлаждается перегреватель. Бедный, не горящий газ охлаждает перегреватель, и возможны местные хлопки. Поэтому нужно по данным анализа определять время, когда можно пустить в перегреватель воздух.

При переходе с восстановления на газование или продувку паром нужно спустить конденсат из паропровода, иначе возможны хлопки от поступления воды в раскаленный перегреватель. Продувка паром должна быть введена как правило.

При производстве ремонтных работ внутри генератора водорода, генератор должен быть отключен от газовых магистралей и других работающих генераторов заглушками, помимо закрытия шиберов. Рекомендуется во время производства таких работ давать в генератор легкий ток воздуха. При производстве ремонтов разрешается пользоваться переносными лампами только герметического исполнения с бронированным шнуром.

Выгрузка сидерита

Перед выгрузкой отработанного сидерита последний должен охлаждаться (воздухом или продолжительным остыванием) до температуры 200—300°. Во время выгрузки воспрещается подходить близко к люку во избежание неожиданного выпадения из генератора большого количества горячих кусков сидерита.

В виду сильного жара и выделения большого количества пыли рабочие должны быть снабжены очками и масками.

Во избежание воспламенения различных предметов, соприкасающихся с горячим сидеритом, последний при выгрузке должен заливаться водой.

Инструкция по пуску и работе на водородных генераторах системы Пинча

Пуск

Прежде всего необходимо твердо установить, что штурвал лебедки установлен на слове «остановка».

Затем пустить на один оборот воду в оба форляге и убедиться в том, что вода также стекает.

Запорные шиберы у газгольдеров открываются в следующей последовательности:

- 1) вход в газгольдер водорода,
- 2) выход из газгольдера водяного газа,
- 3) выход и вход в водородный скруббер.

Водяные горшки у газгольдеров должны быть откачаны. Шибер водяного газа и воздушной регулировочный шибер оставить предварительно закрытыми.

Водяные манометры входа и выхода из скруббера показывают давление водородного газгольдера около 100 мм водяного столба.

После этого испытывают на плотность паровой запорный вентиль. Рукоятка у запорного парового регулировочного вентиля поворачивается несколько раз в направлении стрелки, медленно, при наблюдении правильности захватывания штока и беспрепятственного спуска некоторых запорных органов. В заключение штурвал опять ставится на «остановку».

Работа

Как скоро в газгольдере водяного газа будет находиться его около 1 000 м³, приступают к производству водорода.

Воздушный вентилятор пускают полным ходом; еще на один оборот открывают водяные вентили на форляге, а также немного открывают водяной вентиль на скруббере. Затем можно приступить к предварительной стадии производства.

Штурвал лебедки переводится на слово «восстановление». Газовый и воздушный регулировочные шиберы попрежнему остаются закрытыми. Регулировочный шибер перед главным воздушным шибером открывают теперь на 2—3 оборота. Затем вводят горящий факел в зажигательную камеру в верхней части генератора через находящийся там смотровой кран; как скоро будет установлено, что фитиль не погас, находящийся перед этой камерой регулировочный шибер главного газопровода открывают на 2—3 оборота. Путем дальнейшего открывания воздушного регулировочного шиберы пускают достаточное количество воздуха для полного сгорания газа.

Приблизительно через два часа температура в верхней части генератора по милливольтметру достигает 300°, в середине генератора поднимется до 100° и в нижней части будет около 30°. Теперь можно также начать разогрев перегревателя.

Положение газового и воздушного шиберов в верхней зажигательной камере остается без изменения. Теперь открывают также на 2 оборота регулировочный воздушный шибер перед шибером вторичного воздуха и осторожно вводят в перегреватель через смотровой кран зажженный факел.

В случае, если факел погаснет, нужно пустить немного меньше воздуха через регулировочный воздушный шибер и снова ввести горящий факел.

Затем медленно открыть на 2 оборота вспомогательный газовый шибер и дать через воздушный шибер достаточно воздуха для полного сгорания.

Для прочности аппарата и футеровки очень важно, чтобы нагревание, в особенности вначале, при холодном генераторе, происходило медленно и без больших скачков температуры. Спустя 4—5 часов генератор при указанном выше способе работы будет показывать вверху 800° , в середине 250° и внизу около 55° , а перегреватель пара будет иметь внизу около 800° (светлокрасное каление), а в середине иметь красное каление.

Когда температура вверху генератора поднялась до 800° , то нужно остановить воздушное дутье и, как скоро красное каление достигнет верхней части перегревателя (спустя 8—10 часов после поджигания) можно начать получение газа.

Для этой цели штурвал лебедки устанавливают на «продувку» и паровой регулировочный вентиль открывают постепенно до тех пор, пока паровой манометр не покажет около 3 атмосфер. Продувка продолжается 30—60 секунд; штурвал тогда поворачивается далее и в этом положении остается 10 минут.

Перед первым газованием должно по крайней мере 8 минут производить редукцию.

После окончания периода газования штурвал через положение «остановка» ставится приблизительно на $9\frac{1}{2}$ минут на «восстановление».

По истечении этого времени штурвал в продолжение приблизительно 30—60 секунд должен стоять на «продувке».

Теперь начинают второе газование в продолжение приблизительно 10 минут, после чего следует период редукции и т. д. Регулировочный газовый шибер перед зажигательной камерой при нормальной работе во время редукции держится так широко открытым, что он пропускает за время редукции в течение одного часа при нормальном положении регулировочного шибера $500—550\text{ м}^3$ вторичного воздуха.

При редукции, идущей правильно, давление в различных частях аппарата достигает:

в верхней части генератора около 20—30 мм
в нижней и у перегревателя около 10—20 мм
в верхней и у перегревателя около 5—0 мм

Температура во время работы должна поддерживаться следующей:

верх генератора	600°
середина генератора	700°
низ генератора	850°

Регулировка при изменениях температуры достигается незначительным изменением поступления вторичного воздуха в перегреватель. Такое изменение количества воздуха почти всегда заменяет новую отрегулировку количества редукционного газа.

При газовании давление в шахте генератора и перегревателя поддерживается следующее:

верх генератора	500—650 мм
низ генератора	500—650 »
верх перегревателя	500—650 »

При часовой производительности в 250 м^3 водорода и при 1 атм. давления пара в паропроводе перед генератором желательно держать давление в генераторе во время газования на одной и той же высоте, чтобы избыток пара не очень колебался во время окисления. Температура в нижней части генератора не должна подниматься выше 950° . В противном случае должно тотчас же при ближайшей редукции дать меньше газа и сократить время редукции, пока вновь не установится правильная температура. Через форляге нужно пропускать столько воды, чтобы рубашка была нагрета до температуры, выносимой рукой. Температура газа на выходе из скруббера должна поддерживаться около 20° .

Остановка

Прежде всего штурвал лебедки нужно поставить на «остановка», затем запорные шибера закрывать в следующем порядке:

- 1) регулировочный паровой вентиль на лебедке,
- 2) регулировочный шибер для восстанавливающего газа,
- 3) вторичный воздух.

Впускной водяной вентиль на форляге сильно дросселируют, чтобы с уверенностью считать, что погружение остается.

Останавливают воду в скруббере.

После выполнения этих операций штурвал поворачивают назад настолько, чтобы запорный клапан перегревателя ле-

жал над отверстием, однако запирает бы неплотно (щель в 5—10 мм). После этого смотровой кран на перегревателе и второй кран на крышке генератора открываются, чтобы не было слишком сильного прохождения воздуха во время остановки.

Работу необходимо заканчивать редуционным периодом.

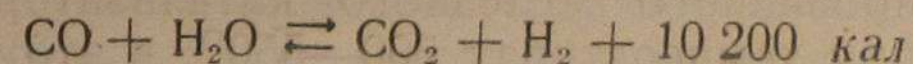
Контрольные вопросы

1. Как производится зажигание водяного газа в генераторе водорода?
2. Какие температуры нужно держать в генераторе и перегревателе, чтобы процесс шел наилучшим образом?
3. В чем заключается процесс получения водорода по железо-паровому способу?
4. На какие отдельные периоды разделяется полный цикл получения водорода по железо-паровому способу?
5. Какова продолжительность отдельных периодов?

КОНВЕРСИОННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Теория процесса

Конверсионный метод получения водорода имеет большое распространение в производстве синтетического аммиака. В основе этого способа лежит реакция окисления окиси углерода водяным паром в углекислоту. Реакция эта выражается уравнением



Протекает она в присутствии катализаторов при температурах 500—550°.

Если мы подвергнем реакции конвертирования полуводяной газ, состав которого мы дадим ниже, то в результате конверсии мы превратим почти всю окись углерода, находящуюся в полуводяном газе, в углекислоту, но кроме этого мы увеличим также количество водорода.

Как видно из уравнения реакции, одновременно с превращением одного объема окиси углерода в углекислоту выделяется один объем водорода. В конечном итоге мы получим газ, содержащий более водорода, чем исходный полуводяной газ. Из нижепомещаемой таблицы видно это изменение состава газа.

Конверсия полуводяного газа

Состав газа до конверсии в % объема	Состав газа после конверсии в % объема
Водород H ₂ 38	51—52
Окись углерода CO 35	3—2
Углекислота CO ₂ 5	29
Азот N ₂ 21	17
Метан CH ₄ 0,5	0,5
Сероводород H ₂ S 0,25	0,25
100	100

Реакция конверсии принадлежит к таким реакциям, которые идут с выделением тепла. На одну килограмм-молекулу (2 кг) полученного водорода выделяется 10 200 калорий тепла. Эта реакция может быть проведена при требуемой для нее температуре без подвода тепла извне, за счет теплообмена между газом поступающим и газом, уходящим с конверсии.

Реакция конверсии окиси углерода водяным паром принадлежит к числу так называемых обратимых реакций, т. е. реакций, идущих одновременно в двух противоположных направлениях. Так, в данном случае с одной стороны идет реакция образования из окиси углерода и водяного пара углекислоты и водорода, а с другой стороны углекислота и водород дают снова окись углерода и водяной пар. Было найдено, что эту реакцию конверсии при работе с участием активированного железного катализатора выгоднее всего вести при температурах 500—550°, в этом случае мы имеем наибольшие выходы водорода. Однако практически реакция конверсии не идет до конца и мы достигаем выхода водорода всего лишь 90—95%. Таким образом, полностью превратить всю окись углерода в углекислоту не удастся.

Реакция конверсии ведется с избытком водяного пара. Обычно берут на 1 объем газа 3 объема водяного пара. Мы можем уменьшить содержание окиси углерода CO до ничтожных количеств, однако это может быть достигнуто лишь большим избытком пара. Так, например, если 3 объема пара дают содержание окиси углерода, при равновесии, в 3%, то для 1,5% CO потребуется 6 объемов пара. Такое количество пара расходовать экономически невыгодно.

Можно еще сказать следующее: низкое давление пара благоприятствует процессу. Часть требующегося для процесса пара получается при пропускании противотоком газа и горячей воды, а остальная часть добавляется прямо вдуванием пара в газ.

После операции конверсии конвертированный газ освобождается от избытка водяного пара посредством охлаждения водой в скрубберах.

После конденсации избыточного пара следует удаление из газа углекислоты, что достигается путем промывки водой при давлении в 16 атмосфер; при этом содержание углекислоты понижается до 0,1—0,2%. Одновременно понижается до ничтожных пределов содержание сероводорода.

Следует отметить, что при повышенных давлениях растворимость углекислоты в воде непропорциональна давлению.

По данным Вроблевского, при температуре 12,3° в одном кубическом сантиметре воды растворяются следующие количества кубических сантиметров углекислоты:

При 1 атмосфере	1,086
„ 5 „	5,15
„ 10 „	9,65
„ 15 „	13,63
„ 20 „	17,11

При этом в процессе промывки водой мы имеем также и потери водорода, которые определяются практикой примерно в 5%.

Так как для синтеза аммиака нужен газ, совершенно свободный от углекислоты и окиси углерода (CO₂ и CO), то для удаления последних следов указанных примесей применяется еще химическая очистка газа аммиачным раствором муравьинокислой меди и раствором едкого натра при давлении в 120 атм. В результате всех этих операций мы получаем газ, состоящий лишь из трех объемов водорода и одного объема азота и свободный от всех остальных загрязнений.

Схема процесса и описание аппаратуры

Полуводяной газ засасывается из газгольдера 1 (рис. 25) большими газодувками. Предварительно на своем пути газ проходит через так называемые сатурационные башни 2

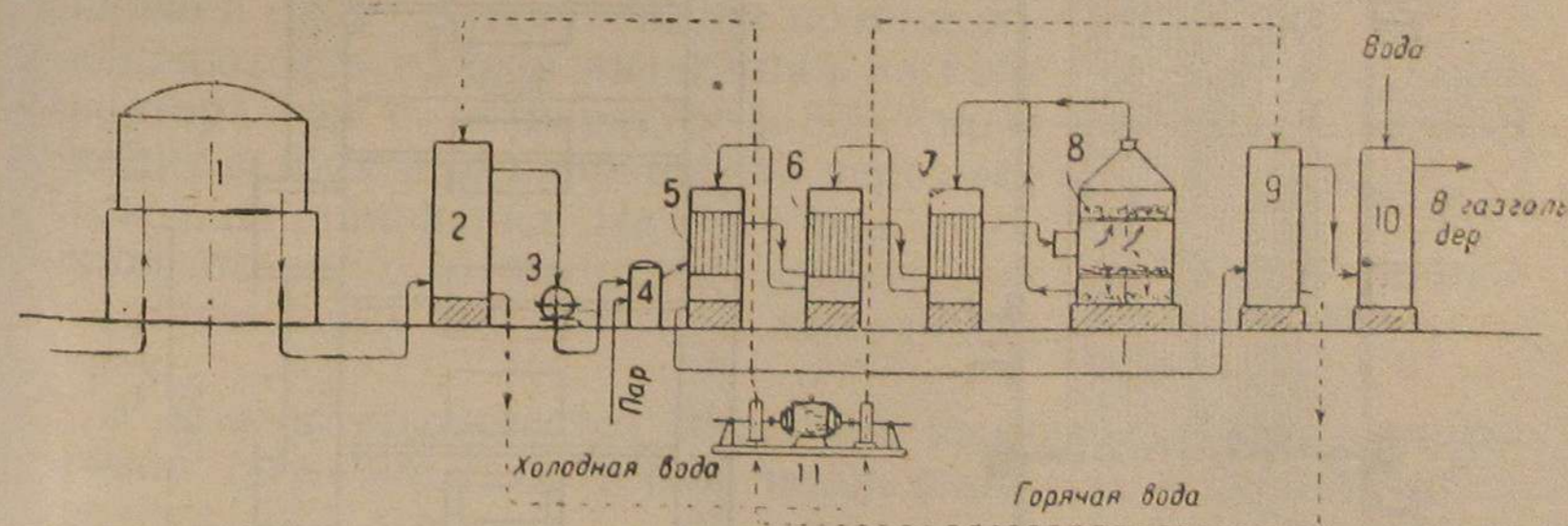


Рис. 25. Общая схема конверсии полуводяного газа: 1 — газгольдер полуводяного газа; 2 — сатурационная башня; 3 — газодувка; 4 — сепаратор (смеситель); 5, 6, 7 — теплообменники; 8 — конвертор; 9 — водонагревательная башня; 10 — конденсационная башня; 11 — насосы горячей и холодной воды.

(рис. 25). Последние представляют собой железные скрубберы с деревянной хордовой насадкой. Основные размеры башен: диаметр 3 000 мм, высота 16 000 мм.

Газ поступает в нижнюю часть башни и выходит сверху. Навстречу ему льется горячая вода температурой 85—90°. Газ оставляет сатурационную башню насыщенный водяным паром, которого он уносит с собой примерно один объем. Этот газ большие газодувки гонят теперь в конверсионный агрегат, состоящий из конвертора 8 (и трех теплообменников 5, 6, 7); перед этими аппаратами к газу прибавляются еще два объема водяного пара. Добавка пара производится в смесителе 4.

Таким образом перед входом в конверсионный агрегат мы имеем смесь, состоящую из 1 объема газа и 3 объемов водяного пара. Эта смесь, прежде чем попасть в конвертор 8, проходит через систему трех теплообменников 5, 6, 7.

Теплообменник

Теплообменник (рис. 26) представляет собой цилиндрический аппарат, внутри которого расположены 1192 цельнотянутые трубки диаметром 33—38 мм и длиной в 6 м, что со-

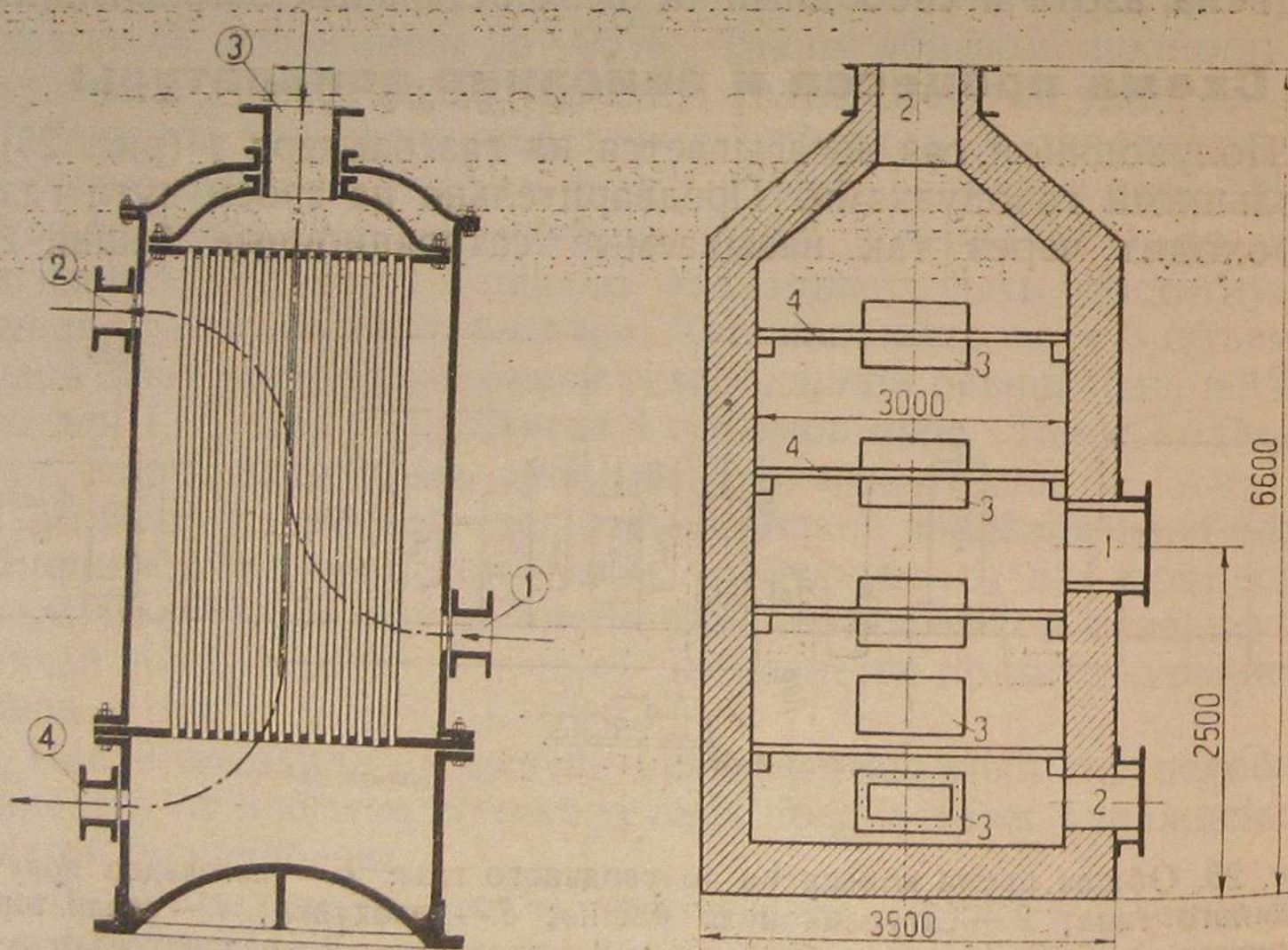


Рис. 26. Теплообменник: 1 — вход полуводяного газа; 2 — выход полуводяного газа; 3 — вход конвертированного газа; 4 — выход конвертированного газа.

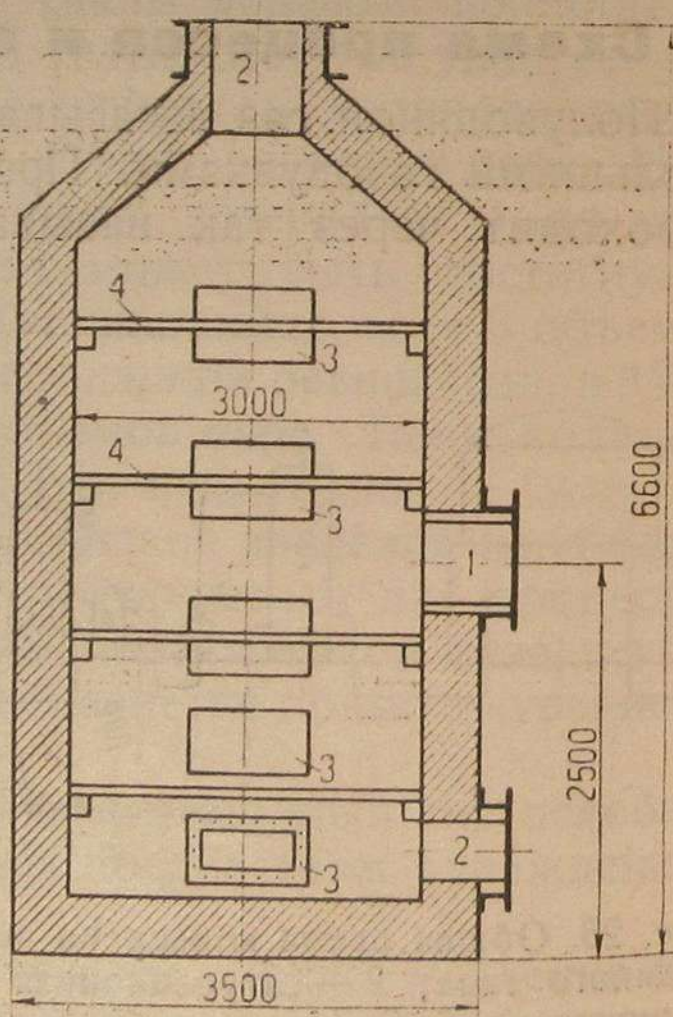


Рис. 27. Конвертор окиси углерода (CO): 1 — вход газа; 2 — выход газа; 3 — люки; 4 — колонки для катализатора.

ответствует приблизительно 800 квадратным метрам поверхности теплопередачи. Холодная газовая смесь поступает в первый теплообменник с температурой примерно 95° и омывает трубки теплообменника снаружи, внутри же трубок идет навстречу горячий газ из конвертора, за счет теплоты которого и подогревается газ, идущий на конверсию.

Так газ проходит последовательно во все три теплообменника, постепенно нагреваясь все более и более, и с температурой в 425—430° входит в конвертор, где происходит уже самая конверсия полуводяного газа.

Для предотвращения потерь тепла все теплообменники и вся система трубопроводов и аппаратов тщательно изолированы.

Конвертор

Конвертор (рис. 27) представляет собой железный клепаный цилиндр диаметром 3 500 и высотой 6 600 мм, футерованный сначала слоем изоляционного кирпича, а затем двумя слоями шамотного.

Внутри конвертора имеются колосниковые решетки, на которые уложен катализатор. Газ входит в конвертор по середине, затем поток газа разделяется на две части: одна проходит через верхний слой катализатора, а другая через нижний слой. Затем эти оба потока соединяются в один и вышедший из конвертора газ с температурой 508° проходит в обратном направлении через все три теплообменника. На этот раз, проходя по трубкам, он отдает свое тепло поступающему ему навстречу холодному газу.

У конвертора имеется сбоку так называемая камера сжигания (рис. 28), к которой подведены полуводяной газ и воздух.

Назначение камеры сжигания — подавать в систему некоторое количество тепла при пуске и в моменты расстройств теплового режима. Из последнего теплообменника конвертированный газ уходит с температурой в 146°.

Водонагревательная и конденсационная башни

Прежде чем попасть в газгольдер конвертированного газа, газ проходит через две башни: водонагревательную

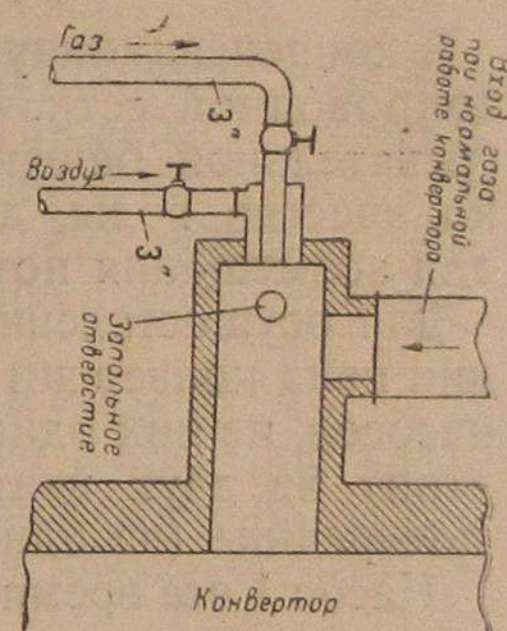


Рис. 28. Схема камеры сжигания.

и конденсационную. По своему внутреннему устройству и размерам они совершенно одинаковы с сатурационной башней.

В водонагревательной башне происходит подогрев холодной воды, которая стекает с сатурационных башен и подается вверх водонагревательных для подогрева за счет тепла, имеющегося в конвертированном газе. Вода здесь нагревается с 60—65° до 85—92°. Наконец в последней конденсационной башне происходит окончательное охлаждение газа и освобождение его от конденсата. Полученный после конденсации пара конвертированный газ имеет следующий состав (% по объему):

H ₂	51—52%	} по объему
CO	3— 2%	
CO ₂	29%	
N ₂	17%	

Циркуляция воды в системе

В конденсационную башню подается холодная вода из водопроводной сети. В системе же сатурационной и водонагревательной башен все время циркулирует одно и то же количество воды, добавляется лишь немного свежей воды для возмещения потерь.

Для осуществления циркуляции воды в машинном отделении цеха конверсии установлены два агрегата центробежных насосов, из них один является запасным; каждый агрегат состоит из двух центробежных водяных насосов с мотором посередине (на одном валу с насосами).

Насос 1 все время подает на сатурационную башню теплую воду, которую он забирает из нижней части нагревательной башни. Насос 2 подает на верх водонагревательной башни охлажденную воду, стекающую в нижнюю часть сатурационной башни. Таким путем осуществляется непрерывная циркуляция воды в системе сатурационных и водонагревательных башен. Производительность каждого насоса $Q = 400 \text{ м}^3$ в час.

Движение газа в системе

Движение газа в системе производится мощными газодувками высокого давления, приводимыми в движение электромотором, установленным на одном валу с ними. Газодувка в состоянии преодолеть сопротивление в 2500 мм водяного столба; она делает 2960 оборотов в минуту при производительности в 60 000 м³ в час.

Кроме больших газодувок, в машинном отделении еще установлены малые газодувки и воздуходувки, назначение которых — подавать полуводяной газ и воздух в камеры сжигания конверторов в момент расстройства теплового режима конверсионного агрегата.

Контроль ведения процесса конверсии

Цех конверсии снабжен целым рядом измерительных приборов, расположенных в различных точках конверсионной установки и указывающих, а отчасти и регистрирующих температуру, давление, химический состав поступающего и получаемого газа, количество и температуру поступающей воды, количество поступающего пара и пр. Они являются неотъемлемой частью установки, при помощи их осуществляется правильное ведение процесса конверсии.

К измерительным приборам, контролирующим работу конверсионной установки, относятся:

Пирометры:

Они размещены в различных точках установки, главным образом в конверсионных агрегатах. Провода от пирометров сведены в центральный пирометрический пункт, где они присоединяются к милливольтметру. Посредством нажатия соответствующих кнопок можно определить температуру в одной из 124 точек системы.

Газомеры, паромеры и водомеры:

- газомер количества поступающего на конверсию газа,
- газомеры перед каждой сатурационной башней,
- газомер для газо-паровой смеси для каждого конверсионного агрегата.
- паромер, измеряющий общее количество пара низкого давления, поступающего на конверсию.
- водомер перед каждой водонагревательной башней,
- водомер перед каждой конденсационной башней,
- измеритель количества воздуха, поступающего в камеру сжигания,
- газомеры для измерения количества газа, поступающего в камеру сжигания,
- газомер для измерения общего количества конвертированного газа.

Газоанализаторы:

- Автоматические газоанализаторы с рекордерами, определяющие содержание водорода в сыром (полуводяном) и конвертированном газе,

б) газоанализаторы для определения содержания окиси углерода. Они установлены при каждом конверсионном агрегате.

Водяные манометры полуводяного газа:

Они показывают давление во всасывающей магистрали перед большими газодувками.

Указатели уровня воды в башнях.

Ртутные термометры.

Инструкции, определяющие условия нормального ведения процесса конверсии

Инструкция по управлению сатурационной, водонагревательной и конденсационной башнями

В сатурационной башне происходит нагревание и насыщение парами воды поступающего на конверсию полуводяного газа.

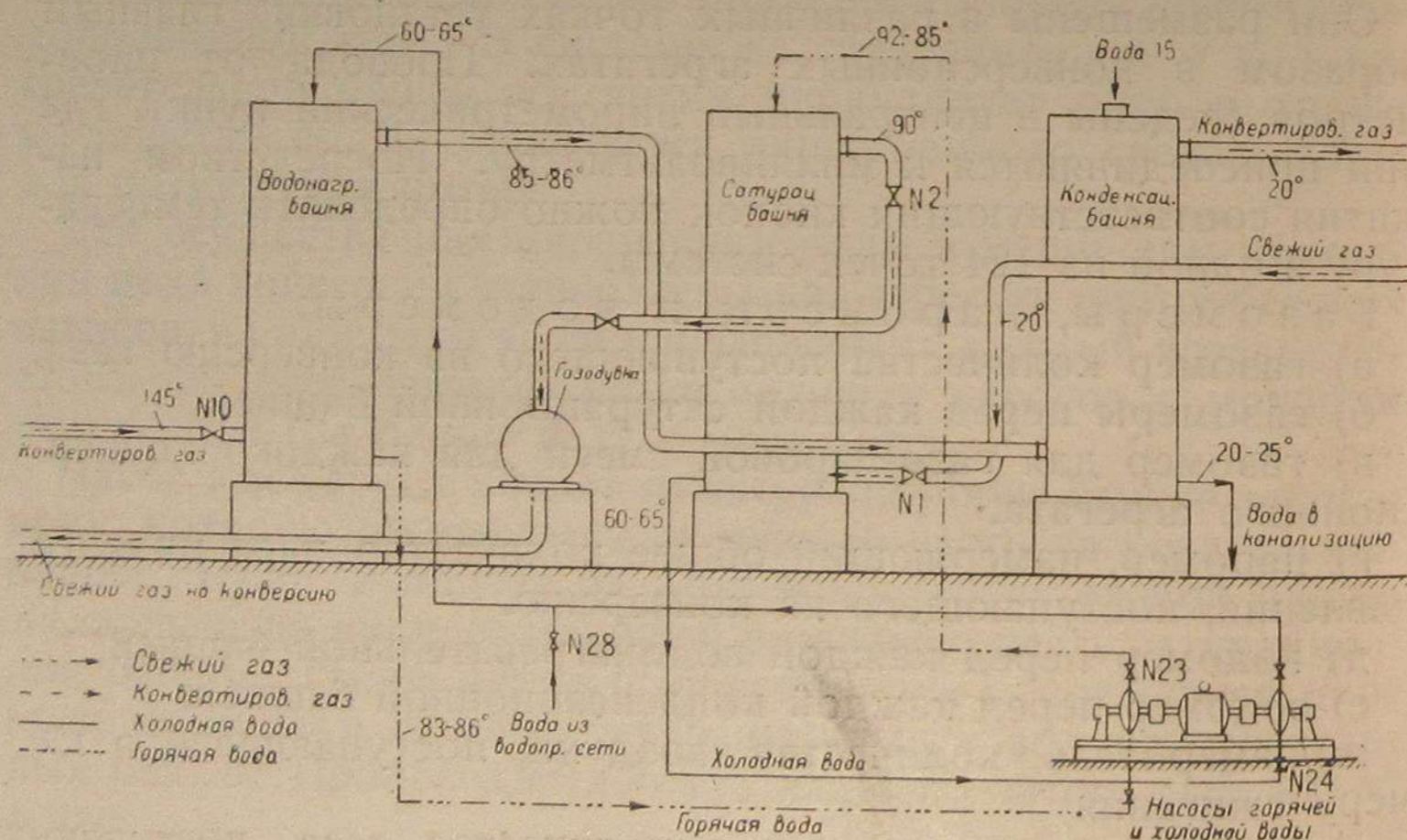


Рис. 29. Схема циркуляции воды и газа в башнях конверсии.

В водонагревательной башне — охлаждение конвертированного газа и нагрев воды, подаваемой затем наверх сатурационной башни.

В конденсационной башне — окончательное охлаждение конвертированного газа и конденсация из него паров воды.

Сатурационная башня

Вентиль № 1 — вход свежего газа.

» № 2 — выход газа.

» № 23 — ввод воды.

» № 24 — вывод воды.

Необходимо:

1. Держать температуру выходящего газа не ниже 90°C .

2. » » входящей воды $92-85^{\circ}$.

3. » » выходящей воды $60-65^{\circ}$.

4. Следить за уровнем воды по водомерному стеклу.

5. В случае понижения температуры выходящего газа, увеличить подачу воды открытием вентиля № 23 и увеличить выпуск нагретой воды из водонагревательной башни вентилем № 26.

6. В случае повышения или понижения уровня воды, регулировать уровень вентилем № 24, а по мере надобности и вентилем № 26.

Водонагревательная башня

Вентиль № 10 — впуск конвертированного газа.

» № 25 — впуск теплой воды.

» № 26 — выпуск нагретой воды.

» № 28 — выпуск свежей воды.

Необходимо:

1. Держать температуру выходящей воды не ниже $83-86^{\circ}$, регулируя подачу воды вентилем байпасса № 29 или вентилем №№ 25 и 24 — скорость подачи.

2. Держать температуру выходящего газа $85-86^{\circ}$.

3. Следить за уровнем воды по водомерному стеклу, регулируя вентилем № 26.

4. Держать температуру входящей теплой воды $60-65^{\circ}$, регулируя колебания вентилем № 28.

Конденсационная башня

Вентили: № 11 — выход конвертированного газа.

» № 27 — подача свежей воды.

» № 30 — подача горячей воды.

Необходимо:

1. Держать температуру выходящего газа не выше 20°C .

2. В случае повышения или понижения температуры газа, регулировать воду вентилем № 27.

3. Следить за уровнем воды по водомерному стеклу.

4. В случае резкого колебания давления, необходимо произвести спуск конденсата из линии наружных газопроводов.

5. При понижении температуры отходящего газа ниже 5° и при работе с водой температуры ниже 5° добавить горячей воды вентилем № 30.

Для всех башен

1. Установить в каждой из двух систем башен одинаковый режим работы.

2. Ежечасо отмечать показания водомеров и газометров.

3. Следить за исправностью аппаратуры, арматуры и трубопроводов.

4. Не допускать в зимнее время замерзания башен и водомерных приспособлений, своевременно обогревая их паром или теплой водой.

5. Поддерживать чистоту у обслуживаемых аппаратов. При понижении температуры отходящего газа ниже 5° С и при работе с водой температурой ниже 5° добавлять горячей воды вентилем № 30.

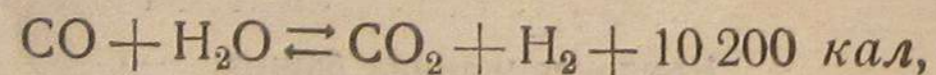
6. Обо всех неполадках сообщать старшему аппаратчику (или сменному инженеру).

7. Следить за термометрами у сатурационных башен и на коллекторе холодной воды и за манометрами наружных газопроводов.

Инструкция для управления конверсионной системой

(Конвертор, три теплообменника и сепаратор)

В сепараторе поступающий пар и газ смешиваются в отношении 3:1, затем подогреваются в теплообменниках, входят в конвертор через камеру сжигания и распределяются в верхнем и нижнем слоях катализатора. При проходе через катализатор происходит реакция окисления СО по формуле:



идущая с выделением тепла; после прохождения всех трех теплообменников конвертированный газ собирается в общий коллектор. В выходящем из конвертора газе отношение между объемами водорода и азота должно быть равно 3:1.

Назначение вентиляей.

№ 5 — подвод свежего газа.

№ 6 — подвод пара.

№ 7 — байпасс

№ 8 — вентиль выхлопной трубы.

№ 9 — отвод конвертированного газа.

№ 10 — подвод свежего газа в камеру сжигания.

№ 18 — подвод воздуха в камеру сжигания.

Правила работы

1. Соотношение между объемом пара и газа регистрируется приборами, установленными на линии свежего газа около камеры сжигания, и регулируется паровым вентилем № 6.

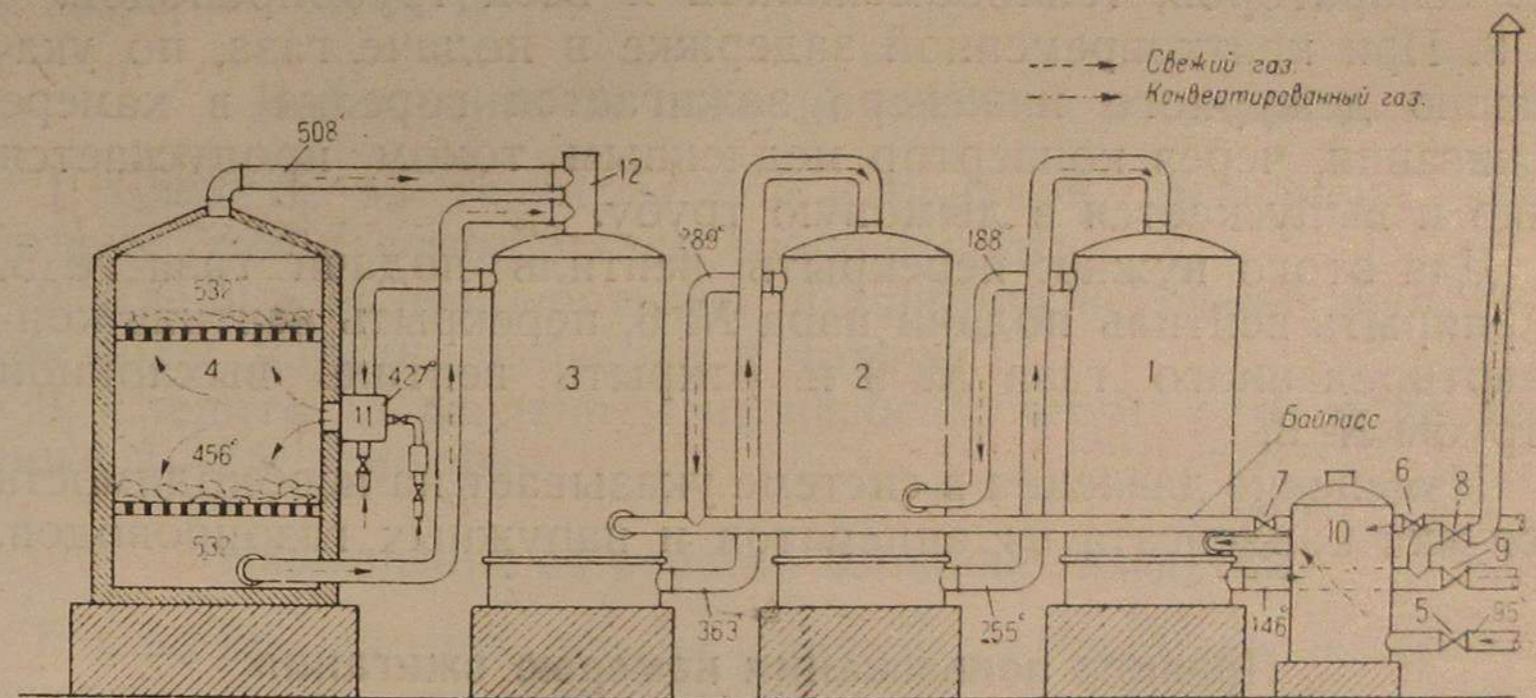


Рис. 30. Схема конверсионного агрегата: 1, 2, 3 — теплообменники; 4 — конвертор; 5 — вентиль впуска свежего газа; 6 — вентиль впуска пара; 7 — вентиль байпасса; 8 — вентиль продувочных газов; 9 — вентиль конвертированного газа.

2. Температура газа при входе в катализатор должна поддерживаться в пределах $420-425^{\circ}$ С.

3. Незначительные колебания температуры регулируют вентилем байпасса № 7, приоткрывая вентиль — для понижения температуры катализатора и закрывая — для повышения температуры.

4. В случае резкого понижения температуры зажигается газ в камере сжигания, подаваемый вентилем № 15. Воздух для горения подается вентилем № 18 (см. особую инструкцию для разжигания камеры сжигания).

5. При увеличении соотношения водорода к азоту более 3:1, содержание водорода может быть уменьшено, по указанию дежурного инженера:

а) введением дополнительного количества генераторного (воздушного) газа, впредь до установления нормального режима;

б) временным уменьшением подачи пара;

в) увеличением количества подаваемого газа;

г) помощью камеры сжигания (см. особую инструкцию для пользования камерой сжигания).

6. Ежечасно отмечать показания газометров, парометра и прибора, регистрирующего отношение между объемами пара и газа. Данные о температурах и отношении водорода к азоту получают из лаборатории цеха.

7. Нужно следить за своевременным спуском конденсатора из сепараторов, теплообменников и всех трубопроводов.

8. При кратковременной задержке в подаче газа, по указанию дежурного инженера зажигается горелка в камере сжигания, через конвертор медленным током пропускается пар и выпускается в дымовую трубу.

Для этого нужно: перекрыть вентиль подачи газа № 5, закрыть вентиль подачи пара № 6, перекрыть вентиль конвертированного газа № 9 и открыть вентиль выхлопной трубы № 8.

Изменение давления в системе указывает на необходимость спуска конденсата из аппаратов и наружных газопроводов.

Правила пользования камерой сжигания

1. Камерой сжигания пользуются при пуске системы, при нарушении теплового режима конвертора и частично при нарушении соотношения азота к водороду в конвертированном газе — всякий раз по распоряжению дежурного инженера.

2. При пользовании камерой сжигания во время пуска зажечь запальный факел; поставить его на место.

3. Приоткрыть вентиль № 18 и затем вентиль № 15, поддерживая отношение вдуваемого воздуха к газу 1 : 1.

4. Следить через смотровое окно за появлением пламени; если пламя не появится, сейчас же закрыть вентиль № 18 и потом вентиль № 15. Не допускать накопления взрывчатой смеси в камере сжигания.

5. Приоткрывая вентили № 15 и 18, увеличивать количество вводимого в камеру сжигания воздуха и газа до достижения нужной температуры или нужного соотношения азота к водороду в конвертированном газе.

6. Не допускать высокой температуры пламени в камере

сжигания; поднимать температуру газа в катализаторе на 10—15° С в час.

7. Одновременно с работой камеры сжигания регулировать подачу пара и газа в систему, следить за тем, чтобы соотношение объемов подаваемого пара и газа было 3 : 1.

8. Если при работе камеры сжигания нормальное соотношение азота к водороду не устанавливается, а температура катализатора повышается, нужно часть свежего газа пропускать байпасом, помимо теплообменников, открывая вентиль № 7.

9. Камера сжигания выключается, когда устанавливается нормальный режим конвертора, закрытием вентиля № 18, а затем вентиля № 15.

Наблюдение за работой водяных насосов

1. Следить за температурой сальников, регулируя как подачу, так и отвод охлаждающей воды.

2. Следить за температурой подшипников, увеличивая поток воды, изредка проверяя и мотор.

3. Следить за давлением на насосах, чтобы оно не упало ниже 2—2,5 атмосфер.

Наблюдение за работой больших газодувок

1. Следить за тем, чтобы давление газа было постоянным, регулируя его, главным образом, подачей газа; в отдельных случаях можно регулировать вентилем вход газа в коллектор после конверсии газа.

2. Следить за температурой подшипников, регулируя количество воды, охлаждающей масло.

3. Следить за температурой выходящего газа, регулируя ее при неполной нагрузке байпасса на башню.

4. Проверять, работает ли обратный клапан, смазывая его тавотом (маслом).

5. Фильтровать регулярно масло, для избежания быстрого его загрязнения.

6. Следить за давлением масла.

7. Следить за амперажем и вольтажем; о колебаниях и изменениях нагрузки (количество газа) своевременно сообщать.

8. Нагружая газодувку, нужно следить за амперажем, давая столько газа, чтобы ампераж не превышал 72,5 ампера.

9. Следить за давлением в коллекторе подводимого газа.

10. Следить за уровнем газгольдера сырого газа.

ОЧИСТКА ВОДОРОДА ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В водороде, полученном по железо-паровому способу, всегда находится примесь сернистых соединений и цианистого водорода, которые переходят в водород из антрацита и кокса. Сернистые соединения состоят главным образом из сероводорода и лишь незначительная часть их относится к органическим соединениям серы (сероуглерод и др.). Однако последние удалить из газа значительно труднее, чем сероводород.

Средний состав сырого неочищенного водорода, полученного по железо-паровому способу, будет следующий (в %):

H ₂	96,7	N ₂	1,0
H ₂ S	0,6	CO	0,0
CO ₂	0,6	O ₂	0,1
CH ₄	0,6		

К водороду, идущему для синтеза аммиака, в отношении загрязнения предъявляются очень жесткие требования, которые в равной степени касаются как полного отсутствия в газе сернистых соединений, так и углекислоты.

Очистка газа от сероводорода может быть осуществлена по одному из следующих способов:

- 1) способ сухой очистки газа,
- 2) мокрая очистка газа,
- 3) очистка активированным углем.

В настоящей книге мы рассмотрим два первых способа.

Сухая очистка газа.

Для очистки газа от сернистых соединений применяется обычно измельченная болотная железная руда в смеси с древесными опилками.

Для измельчения руды служат дезинтеграторы, дробилки; тонина помола должна быть максимум 4—5 мм, минимум — пыль. Измельченная руда смешивается с древесными опилками для придания массе пористости. В зависимости от содержания в газе серы меняется пропорция, в которой смешивается руда с опилками.

Применяют следующие смеси по объему:

- 1) часть руды, 1 часть опилок;
- 2) 1 часть руды, 2 части опилок;
- 3) 1 часть руды, 3 части опилок.

Чаще всего применяются первая и вторая смеси.

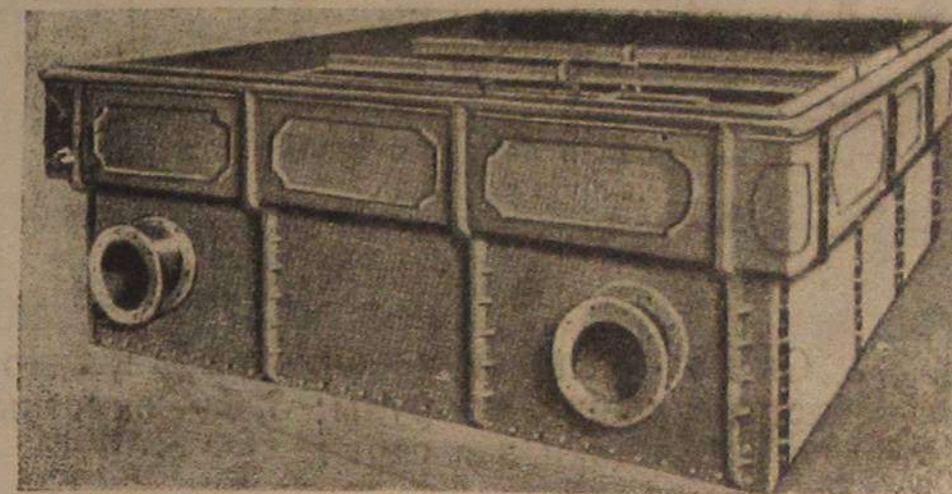


Рис. 31. Газоочистная коробка.

Очистка газа от сернистого водорода производится в очистительных ящиках, причем скорость прохода газа через них имеет существенное значение. Главным условием успеш-

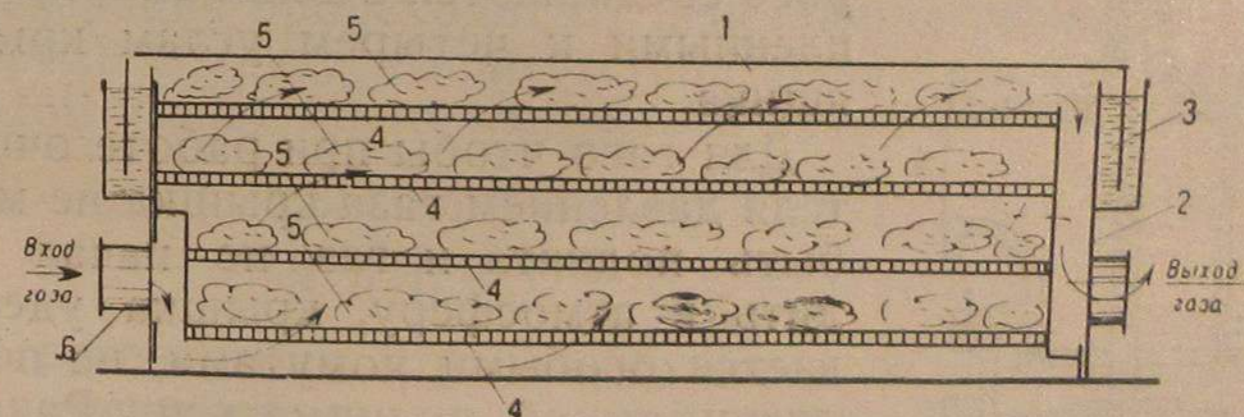


Рис. 32. Схема устройства очистного ящика: 1—железная крышка 2—чугунный ящик; 3—водяной затвор; 4—деревянные решетки; 5—слой очистной массы.

ной очистки газа является достаточная площадь очистителей. В них протекает реакция между твердым телом и газом, а потому важен, для полноты реакции, по возможности медленный ток газа.

Аппараты, в которых производится очистка газа, представляют собою четырехугольные ящики с полками, на которых и раскладывается очистная масса (рис. 32). Сделаны эти ящики из чугунных плит, скрепленных между собою болтами. В верхней части очистителя сбоку находится идущий

вокруг всего ящика карман 3, наполненный водой, в который и опускается железная крышка 1. Газ входит через

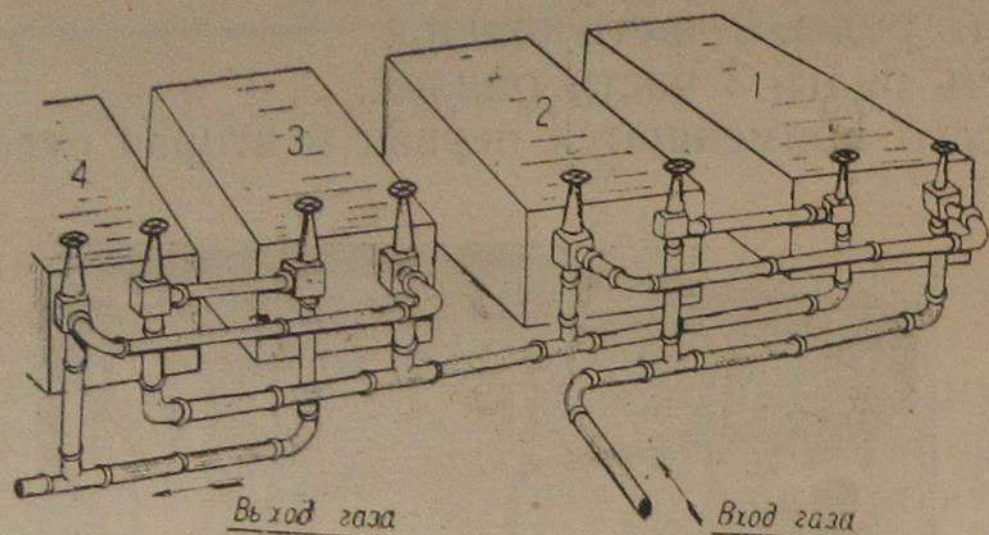


Рис. 33. Схема соединения очистных ящиков: 1, 2 — очистные ящики для руды; 3, 4 — очистные ящики для серы.

трубу 6, опускается вниз, проходит через слои наложенной на деревянные решетки очистительной массы и, достигнув верха очистителя, спускается по газотводной трубке 7. Поднимание крышки очистителя производится помощью подвижного крана, цепи которого соединяются с кольцами, прикрепленными к четырем углам крышки ящика.

Для того чтобы при работе очистителя давлением газа крышка не могла быть поднята и газ не начал уходить в атмосферу, крышка удерживается особыми хомутами, не позволяющими ей подниматься. Размеры очистителей определяются производительностью завода и содержанием в газе серы и потому бывают весьма разнообразны; от этих же условий зависит и количество очистительных ящиков.

Очистительные ящики соединены (рис. 33) между собою системой трубопроводов и трехходовых вентилях (рис. 34), позволяющих включать их в любой последовательности.

Очистительные ящики соединены (рис. 33) между собою системой трубопроводов и трехходовых вентилях (рис. 34), позволяющих включать их в любой последовательности.

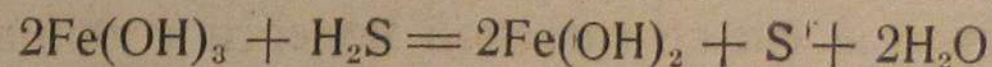
Рис. 34. Трехходовой вентиль (для очистных ящиков): А, В, С — штуцера для входа и выхода газа; D — клапан; E — маховик; H — сальник.

Обычно рядом или вблизи таких ящиков предусматривается помещение для регенерации с отработанной болотной

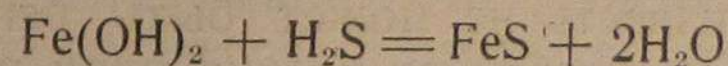
рудой. В таком случае подача и выгрузка очистной массы производится помощью подвесной дороги или транспортеров.

Химизм процесса

Болотная железная руда в главной своей части представляет гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. При действии сернистого водорода (H_2S) происходит восстановление окисного железа в закисное по следующей формуле:



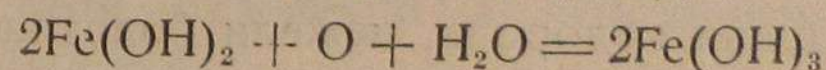
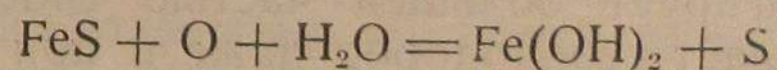
При дальнейшем действии сероводорода закись железа переходит в сернистое железо:



Таким образом отработанная масса будет содержать сернистое железо и серу и в дальнейшем будет уже неспособна поглощать из газа сероводород, так как все окисное железо перейдет в другие соединения.

Тогда ящик открывают и выгружают очистную массу для ее оживления или, как это называют, для регенерации.

Регенерация происходит от действия на сернистое железо кислорода воздуха в присутствии воды с выделением серы. При этом имеют место следующие реакции:



Для регенерации отработанную массу разравнивают на полу помещения слоем высотой около 200 мм, разбивают все крупные куски, поливают водой и оставляют стоять на несколько суток. Масса перелопачивается раз в 2—3 дня и, если необходимо, то еще поливается водой. При регенерации изменяется цвет массы: из черной она становится бурой и опять пригодной для дальнейшей очистки газа от серы. Такую регенерацию можно повторять до 20 раз, пока содержание выделившейся в массе серы не достигнет 30%. Тогда масса становится уже непригодной для дальнейшей очистки газа от серы и идет на сернокислотные заводы или выбрасывается в отвал.

Очистная масса действует также на синильную кислоту. Хотя гидрат окиси железа сам по себе не действует на синильную кислоту, но гидрат закиси железа, получающийся

в ящиках от восстановления гидрата окиси железа сероводородом, поглощает синильную кислоту.

Поглощение болотной рудой сероводорода и синильной кислоты (HCN) при щелочной реакции массы идет лучше, чем при кислой, поэтому к массе нужно прибавлять немного гашеной извести.

Так как болотная руда поглощает из сернистых соединений только сероводород, а остальные соединения, например сероуглерод, не поглощаются ею, то является необходимым часть очистителей (или ряд решеток в группе очистителей) загружать смесью свежес гашеной извести с опилками. Это необходимо также для удаления из газа углекислоты, присутствие которой в водороде, идущем для синтеза аммиака, совершенно недопустимо.

Отработанная известь не может быть регенерирована и идет в отвал — она работает только один раз.

Иногда вместо болотной железной руды для очистки газа от сероводорода применяют бокситовый отвал. Последний представляет собою отброс производства гидрата окиси алюминия из минерала боксита. Этот отброс состоит из гидрата окиси железа и содержит небольшое количество остатка соды, сообщающего ему слабощелочную реакцию. Бокситовый отвал применяется в смеси с 30% опилок; он гораздо лучше задерживает H_2S и быстро регенерируется благодаря своей мелкодробленности. Как показали опыты, он реагирует большей частью своего $Fe(OH)_3$ и лучше задерживает сероводород даже и при большой скорости прохождения водорода, нежели болотная руда.

Очистные ящики и трубопроводы при них должны быть оборудованы манометрами и термометрами, обеспечивающими постоянное и точное определение давления газа при входе и выходе из ящиков и наблюдение за температурой в ящиках. Принимающий смену мастер должен убедиться в полной исправности измерительных приборов. Кроме того он должен проверить:

- 1) по манометру — давление в ящиках,
- 2) по термометру — температуру в ящиках,
- 3) степень очистки газа от H_2S — по свинцовой бумаге и по раствору баритовой воды,
- 4) гидравлический затвор в ящиках,
- 5) правильность регенерации массы.

Для нормальной работы очистных ящиков необходимо, чтобы входящий сырой газ был достаточно тепел и влажен; температура в ящиках должна поддерживаться в пределах

21—27°, так как при малой разнице между температурами в отдельных ящиках уменьшается перенос влаги из одного в другой.

Аварийные случаи в очистном отделении

На следующие моменты работы очистного отделения следует обратить особое внимание.

1) Продувка ящиков. Перед пуском в работу очистного ящика после перемены в нем массы, ящик должен быть продут от находящегося в нем воздуха. Продувка производится рабочим газом, окончание ее определяется анализом. Продувка ведется до тех пор, пока анализ газов на выходе не покажет почти полного отсутствия воздуха, т. е. содержание в нем кислорода не превысит 0,2 объемных процента.

2) Открывание ящиков. Операция открывания ящиков является чрезвычайно ответственной и требует особой осторожности, так как в этот момент в ящик входит воздух, образующий с водородом гремучую смесь, которая может взорваться от искры, образовавшейся например от удара крышки об ящик. Открывание ящика и его перезарядка должны обязательно производиться под наблюдением мастера.

Перед подъемом крышки, на ней, для облегчения этой операции, открывается воздушный клапан для сообщения ящика с атмосферой.

Перед разгрузкой ящик проветривается от газа, т. е. стоит некоторое время открытым. Во время проветривания ящика окна в очистном отделении в необходимом количестве остаются открытыми.

После проветривания ящика приступают к его разгрузке. Выгрузка должна вестись достаточно быстро. Во время выгрузки гидравлические затворы ящиков во избежание засорения их очистной массой должны быть закрыты брезентом.

3) Самовозгорание отработанной массы. Иногда при регенерации или даже в только что открытом ящике с отработанной массой происходит сильный разогрев последней. Во избежание самовозгорания массы необходимо вести постоянные наблюдения за ее температурой. В случае заметного ее разогрева она должна поливаться водой. Отдельные слои отработанной массы не должны иметь комков, что также способствует разогреву при регенерации. Комки должны тщательно разбиваться. При самовозгорании массу должно полить водой.

4) Разогрев очистной массы в ящиках. Иногда наблюдается повышение температуры в ящиках во время работы последних, что может произойти от ряда причин, например:

- а) от высокого содержания сероводорода в газе,
- б) от высокой температуры поступающего газа,
- в) от пересушки массы в ящике.

В этих случаях необходимо сократить подачу газа в ящик, поливать крышки очистителей водой.

В случае же резкого повышения температуры — выключить ящик из работы.

5) Выбивание газа из очистителей. Выбивание газа через гидравлический затвор очистных ящиков происходит или вследствие плохого укрепления крышек хомутами, или вследствие повышения давления в очистителе выше величины гидравлического затвора. При этом обычно крышка начинает прыгать и может, скользя о края карманов, дать искру и поджечь гремучую смесь.

Поэтому необходимо обращать особое внимание на тщательное укрепление крышек и на достаточный уровень воды в гидравлических затворах.

6) Осмотр состояния очистителей. Для поддержания исправного и безопасного состояния ящиков необходимо производить их наружный осмотр. Во время перезарядок ящиков тщательно производить их внутренний осмотр: днища и боковых стенок. Гидравлические затворы и вся система соединительных газопроводов должны проверяться на герметичность и промываться раз в месяц. Результаты всех осмотров и испытаний должны записываться в шнуровую книгу.

Анализ водорода

Наименование составных частей	Химическая формула	Состав в объемных процентах	
		до очистки	после очистки
Водород	H ₂	96,7	97,9
Сероводород	H ₂ S	0,6	0,0
Углекислота	CO ₂	0,6	0,0
Кислород	O ₂	0,1	0,1
Окись углерода	CO	0,4	0,4
Метан	CH ₄	0,6	0,6
Азот	N ₂	1,0	1,0
		100,0	100,0

7) Ремонтные работы. При производстве ремонтов очистных ящиков категорически воспрещается пользование открытым огнем. Допускается лишь пользование переносными электролампами в герметической арматуре с бронированным шнуром. Применение инструментов не должно вызывать искр, для чего инструмент смазывается маслом.

В результате сухой очистки водорода от сероводорода и углекислоты мы получаем газ следующего состава (см. табл. на стр. 126).

Мокрая очистка газа

Целью мокрой очистки газа от сероводорода является не только удаление сероводорода из газа, но и получение серы в элементарном виде. Сущность способа состоит в том, что

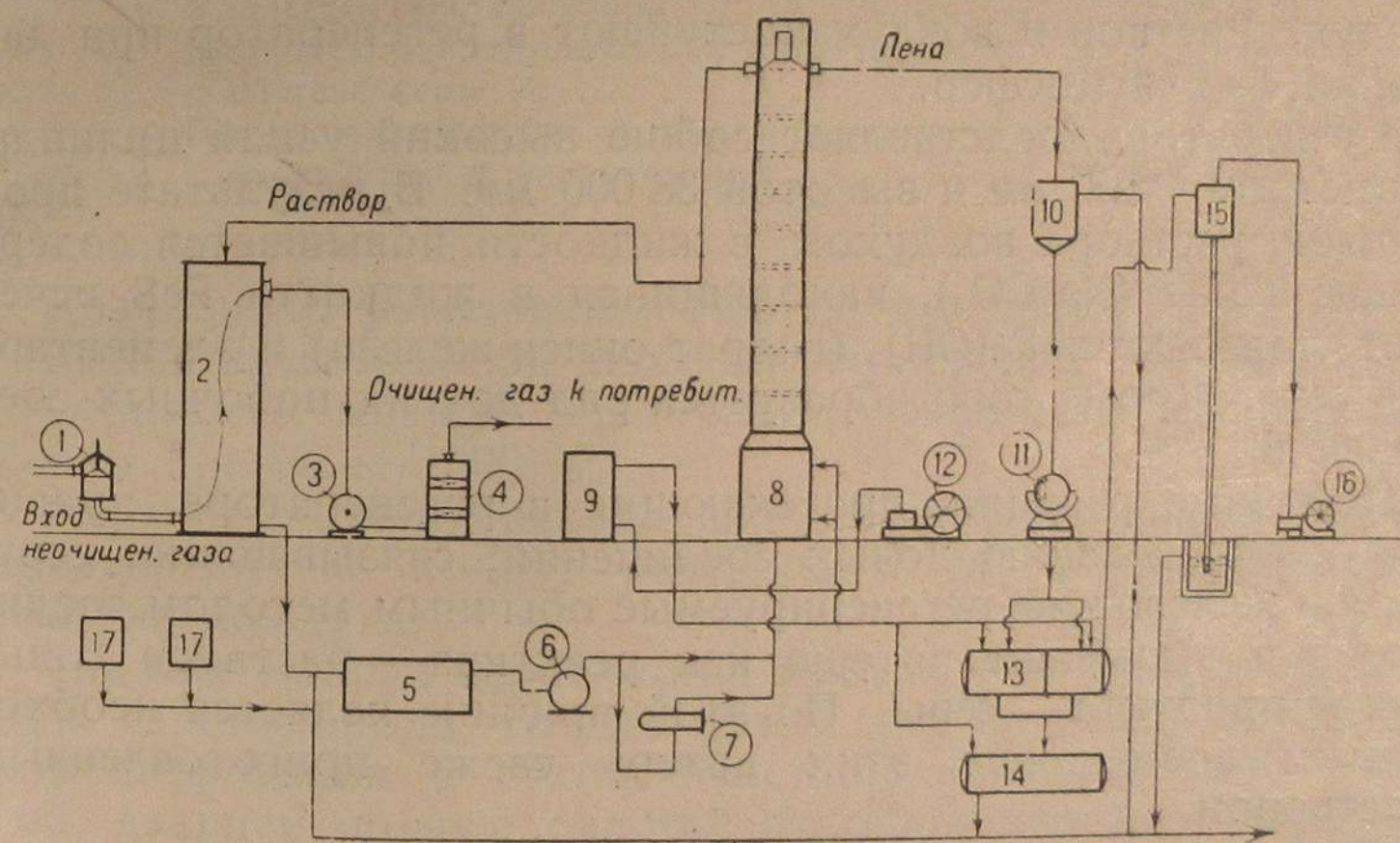


Рис. 35. Схема мокрой сероочистки: 1 — тарельчатый клапан; 2 — скруббер для промывки газа; 3 — газовый вентилятор I ступ.; 4 — каплеуловитель; 5 — сборный резервуар; 6 — насос для раствора; 7 — подогреватель раствора; 8 — регенератор; 9 — ресивер; 10 — пеносборник; 11 — вакуум-фильтр; 12 — воздушный компрессор; 13 — вакуум-цистерна; 14 — монжу.

газ, содержащий сероводород, промывается в скрубберах различными растворами, поглощающими сероводород. Мы здесь рассмотрим так называемый железо-содовый способ (рис. 35).

Очищаемый газ поступает в нижнюю часть скруббера, насаженного деревянной хордовой насадкой. Навстречу газу

стекает раствор соды (Na_2CO_3), содержащий в себе во взвешенном состоянии гидроокись железа. В результате ряда химических реакций, происходящих между раствором и сероводородом, получается раствор, содержащий связанные с серой и цианистым водородом соединения. При этом гидроокись железа переходит в сернистое железо, которое остается в жидкости во взвешенном состоянии.

Такой раствор больше уже не поглощает сероводорода и без дополнительной переработки не может быть применен для дальнейшей очистки газа; он должен подвергнуться регенерации.

Регенерация производится в особых аппаратах «регенераторах» путем продувания отработанного раствора воздухом. Отработанный раствор забирается из сборных резервуаров насосами и подается в нижнюю часть регенератора. В нижнюю же часть регенератора вдувается также воздух. Раствор и воздух поступают в регенератор при давлении 4—5 атмосфер.

Регенератор представляет собою высокий узкий цилиндр диаметром 1600 мм и высотой 38 000 мм. В результате продувания раствора воздухом, в жидкости повышается содержание соды (Na_2CO_3), находящийся в жидкости FeS исчезает, появляются $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (гидрат окиси железа) и элементарная сера. Кроме того образуется ряд других побочных соединений.

Побочные реакции, протекающие в регенераторе, приводят к образованию новых соединений, связывающих серу, соду и железо в не регенерируемые обычным методом соединения и вызывают потерю как реактива — раствора соды, так и продукта — серы. По этой причине является необходимым возмещение этих потерь свежес приготовленным раствором.

Выделившаяся в результате регенерации сера в виде пены стекает из верхней части регенератора в пеносборник, откуда она поступает на вакуум-фильтр, с которого сера снимается в виде шлама состава:

Серы	50%
Влаги	40%
Примеси	10%

Расходные коэффициенты

Работы по этому методу на опытной установке в Енакиеве дали следующие расходные коэффициенты. (Результаты эти

были получены при переработке коксового газа в количестве $1\,000\text{ м}^3$ в час. Донецкий коксовый газ содержит в себе сероводорода около 1% по объему).

На 1 кг поглощенной соды:

расход соды 0,15 кг, расход Fe_2O_3 0,10 кг, расход воздуха 8 м^3 .

Расходные коэффициенты (железо-содовый способ)

Наименование	Количество
Концентрация соды в растворе	0,5—0,7%
„ гидрата окиси железа	0,25—0,30%
Количество раствора, подаваемого на 1 м^3 газа	12—15 литров
Температура поглотительной жидкости	35—40°C
Удельный вес раствора	1,04
Количество воздуха на 1 кг поглощенной из газа серы	6—10 м^3
Продолжительность контакта воздуха с жидкостью в регенераторе	0,4—1 час

Коэффициент улавливания H_2S из газа 90—95%.

Выход элементарной серы из регенерации 75—80%.

Стоимость мокрой сероочистки (жел.-сод. способ) примерно 1 р. 30 к./1000 м^3 .

Главной статьей расхода для сероочистки является электроэнергия на подачу раствора и на компримирование (сжатие) воздуха.

Так как мокрая сероочистка выделяет из газа лишь 90—95% сероводорода, то для целей синтеза аммиака она без комбинирования с сухой очисткой или какой-либо другой, дающей полную очистку от сероводорода, — неприемлема.

Контрольные вопросы

1. От каких примесей должен очищаться водород, применяемый для синтеза аммиака?
2. Какие существуют способы очистки газа?
3. Какими способами очищается водород от сернистых соединений?
4. Что такое регенерация болотной железной руды и как она производится?
5. Отчего происходит самовозгорание очистной массы?
6. Какая должна поддерживаться в очистных ящиках температура?
7. Что такое мокрая очистка газа?

Расход и получение газа на заводе обычно всегда колеблются: то расход превышает количество получаемого газа, то наоборот. Для выравнивания между собою расходуемого и получаемого газа в качестве промежуточной ступени необходимо устройство специального резервуара для хранения некоторого количества газа.

Для этой цели строят **газгольдеры**. Газгольдер может служить только для выравнивания дневных колебаний, но не недельных или месячных. Эти последние колебания должны исправляться резервами газогенераторной установки. В установках водяного газа газогенераторы уже через несколько часов могут давать газ, поэтому при больших колебаниях в нагрузках газогенераторного цеха можно ограничиться сравнительно малым объемом газгольдера.

Кроме цели хранения газа, газгольдеры имеют еще иногда задачу смешивать газы различного состава и различных свойств. Так, для получения смешанного полуводяного газа вырабатывают отдельно водяной газ и отдельно воздушный газ, а при смешивании их в газгольдере получается полуводяной газ некоторого уже однородного состава. В таких случаях входную и выходную газовую трубу располагают далеко друг от друга.

Типы газгольдеров

Газгольдеры разделяются на два основных типа:

- 1) газгольдеры с водяным бассейном,
- 2) газгольдеры без водяного бассейна — сухие.

Газгольдеры с водяным бассейном

Такой газгольдер представляет собою клепаный железный колокол, нижним открытым концом своим опускающийся в бассейн с водой (рис. 36), диаметр которого делается несколько больше диаметра колокола. Бассейн этот может быть кирпичный, железобетонный или железный. В поро-

нем состоянии колокол опускается на дно водяного бассейна, при входе же в него газа, вследствие газового давления, колокол поднимается и остается плавающим в зависимости от величины подачи газа. Этот вид газгольдера с водяным затвором иногда помещается в круглое здание для защиты от ветра, непогоды и холода, иногда же устанавливается открыто и не защищается.

Через дно бассейна под колокол проходят две трубы: одна — приводящая в него газ, другая — отводящая его

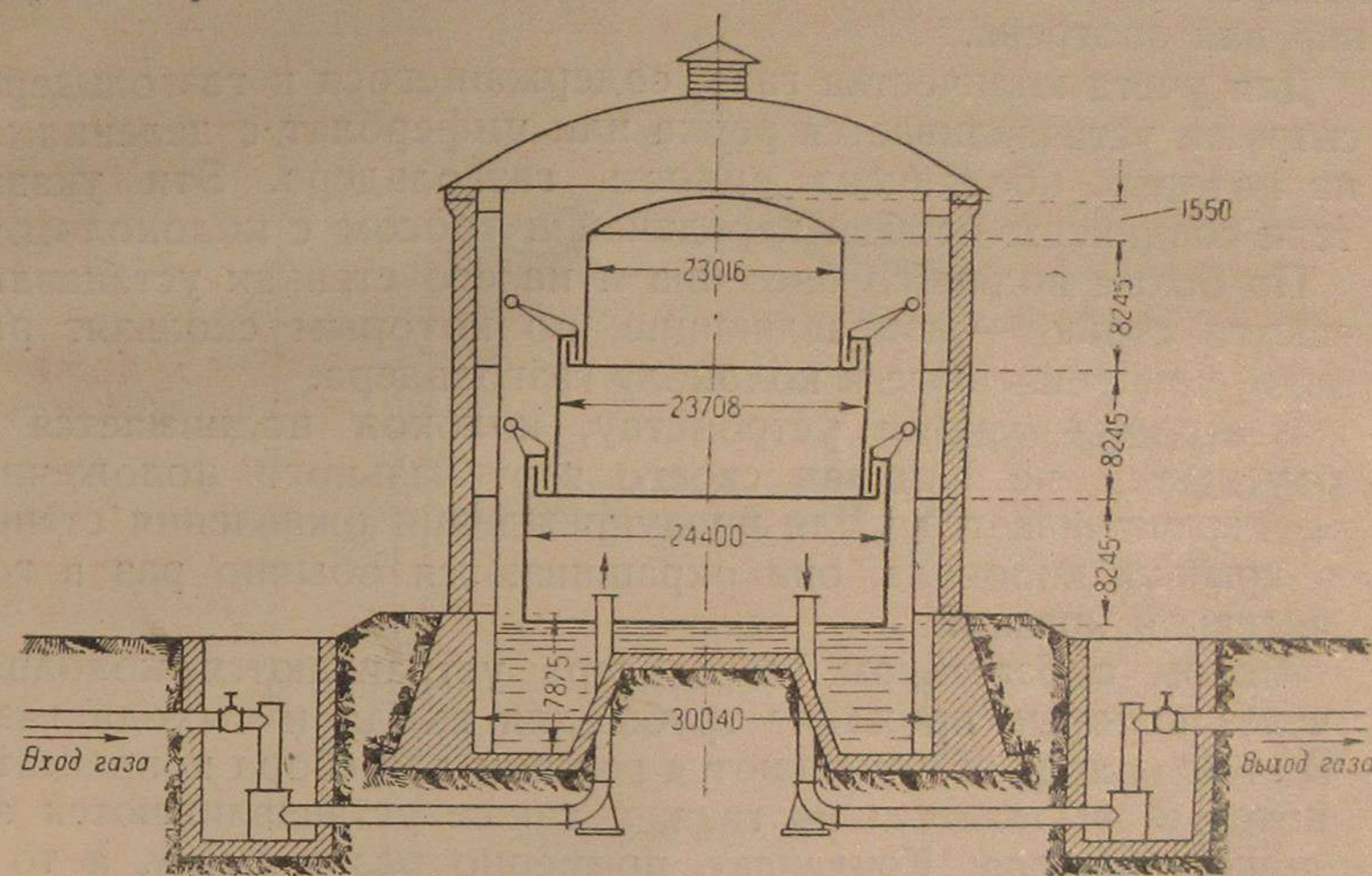


Рис. 36. Тип мокрого газгольдера (трехтелескопический в здании).

к местам потребления; открытые их концы находятся конечно всегда выше уровня воды в бассейне.

Так как устройство бассейна обходится довольно дорого, то часто увеличивают емкость колокола при одном и том же диаметре бассейна, увеличивая высоту газгольдера. С этой целью делают телескопические газгольдеры, имеющие следующее устройство (рис. 36). Газгольдер состоит из двух или трех кольцеобразных частей, входящих одна в другую. Верхняя кольцевая часть имеет внизу вокруг всего кольца закраину (карман), которая заполняется водой и в которую опускается верхняя закраина второго кольца, имеющая также нижнюю закраину, заполненную, как и у первого кольца, водой.

В эту последнюю закраину входит верхняя закраина ниж-

него кольца. Когда газгольдер пуст, то все три кольца опущены в воду бассейна. При наполнении газом колокола сперва поднимается верхняя (как самая легкая) часть, за нею следует второй пояс и затем третий — нижний. Такое телескопирование дает возможность увеличивать емкость газгольдера вдвое или втрое, избегая затрат на устройство нового бассейна. Для правильной работы такого газгольдера существенно важно, чтобы вода в карманах зимой не замерзала, для чего в них подводится гибкими шлангами пар для обогрева.

Для учета количества газа, содержащегося в газгольдере, снаружи устанавливается рейка или циферблат с делениями, на которых обозначена емкость газгольдера. Эти указатели соединены особой передачей и grosом с колоколом.

По бокам водяного бассейна и на его стенках устанавливаются стойки — направляющие, по которым скользят ролики, прикрепленные к колоколу газгольдера.

Благодаря такому устройству, колокол поднимается и опускается, не изменяя своего вертикального положения, не перекашивается. Для предупреждения ржавления стенок и крышки колокола, они окрашиваются обычно раз в год масляной краской.

Рядом с бассейном газгольдера устраиваются колодцы, через которые проходят трубы для входа и выхода газа. В этих колодцах помещаются горшки для сбора конденсата, который выделяется из газа, а также устанавливаются запорные шибера. Конденсат, примерно раз в смену, а то и чаще, должен из этих горшков откачиваться насосом или просто спускаться.

Основные размеры мокрых газгольдеров

Емкость м ³	Колокол		Диаметр бассейна в м	Число те- лескопов	Диаметр входящих и выходя- щих труб в мм	Общий вес железных конструк- ций в т
	диаметр в м	высота в м				
1 000	12,3	4,44	14,0	1	225	55
3 000	15,5	5,94	22,0	1	350	135
10 000	25,2	7,41	29,0	2	550	320
30 000	52,3	8,37	40,0	3	1000	730

Все газгольдеры, находящиеся в зданиях, должны освещаться снаружи через окна лампами с рефлекторами; внутреннее освещение в газгольдерах не допускается.

Сухие газгольдеры

В последнее время фирма МАН начала конструировать также безводные газгольдеры (рис. 37), которые имеют значительные преимущества и уже получили широкое распространение.

Эта система в разрезе представляет многоугольник. В резервуаре, сделанном из листового железа, вперед и назад

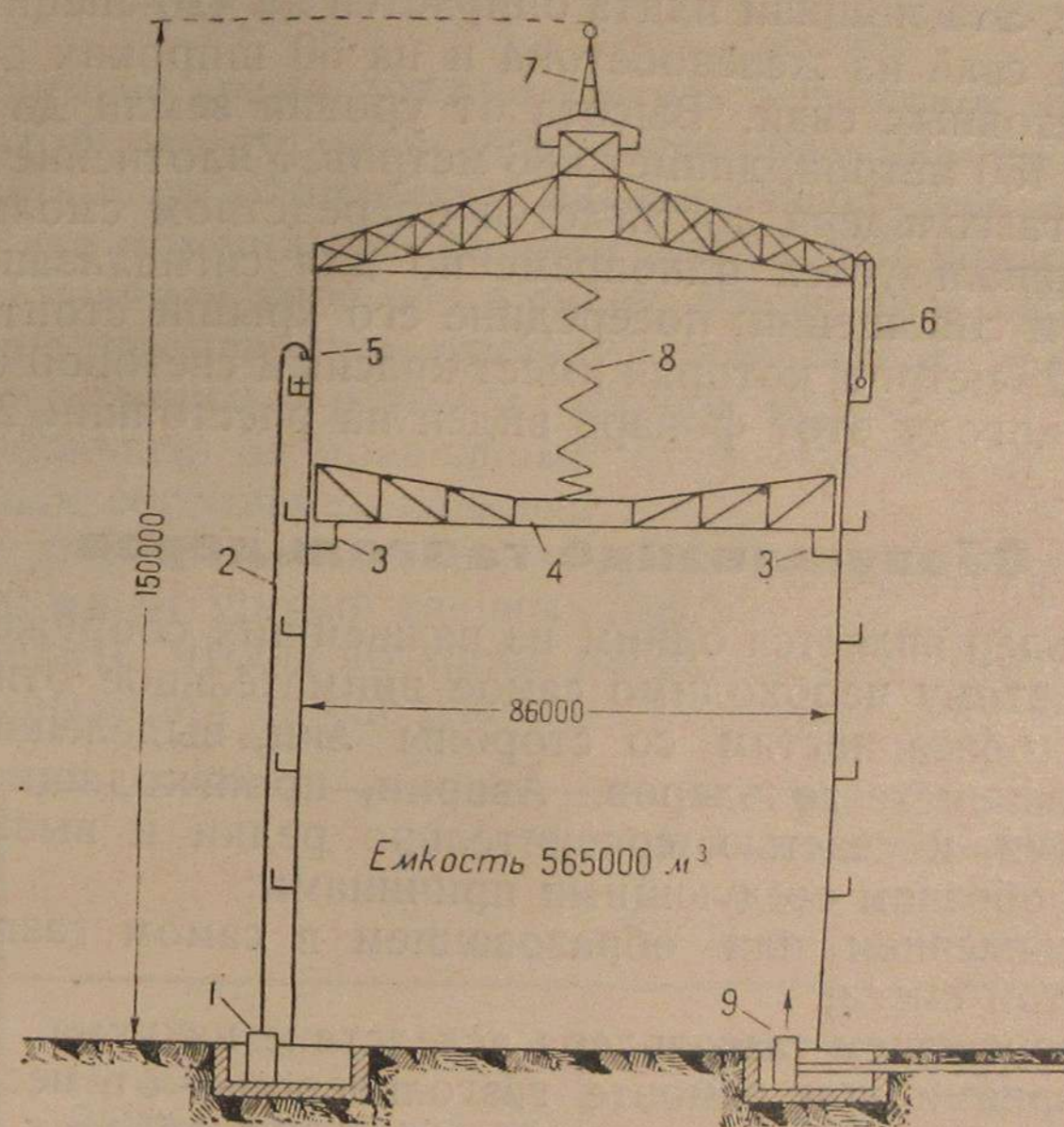


Рис. 37. Эскиз сухого газгольдера системы МАН: 1—сборник для смолы; 2—труба для подъема смолы; 3 — карманы шайбы; 4—шайба; 5—резервуар для смолы; 6—вентиляция; 7—вентиляция; 8—лестница; 9—вход газа.

ходит шайба 4, уплотнение которой между стенками газгольдера достигается прокладками, прижимаемыми к стенке системой рычагов, а также посредством смолы, которая подается насосами снизу на верх шайбы.

Некоторая часть смолы протекает через неплотности и собирается на дне газгольдера, отсюда стекает в сборный резервуар, откуда автоматически подается наверх. Шайба

посредством роликов устанавливается строго горизонтально и свободно от перекосов.

Как пример такого типа газгольдера, можно привести газгольдер в Чикаго (в Америке). Этот газгольдер имеет наибольшую в мире емкость для настоящего времени: 565 000 м³. Железные конструкции этого безводного газгольдера весят приблизительно 5 500 тонн. Он находится на бетонном цоколе толщиной 46 см на наружном крае и до 15 см в середине. Эта мощная плита опирается на 420 специальных грунтовых свай из железобетона и на 60 широких обыкновенных бетонных свай. Высота от уровня земли до шпица достигает 150 метров, диаметр 86 метров. Уплотнение шайбы у стенки газгольдера достигается посредством смолы. Газгольдер используется одновременно для сигнализации при воздушном сообщении: посередине его крыши стоит башня высотой 25 метров, которая имеет красный световой фонарь. В ясную погоду этот фонарь виден на расстоянии 24 километров.

Обслуживание газгольдеров

Газгольдер является одним из важнейших сооружений завода. Поэтому необходимо самое внимательное отношение к своим обязанностям со стороны лиц, выделенных для обслуживания газгольдеров. Аварии, происходящие с газгольдерами, к счастью, сравнительно редки и вызываются главным образом следующими причинами:

- 1) накоплением или образованием в самом газгольдере взрывчатой смеси,
- 2) разрушением газгольдера вследствие вакуума,
- 3) авариями при ремонте газгольдеров — от несоблюдения основных мер предосторожности при работах с резервуарами, находившимися под газом.

Ниже мы даем инструкцию для обслуживания мокрых газгольдеров телескопического типа, помещаемых в зданиях (емкостью 10 000 м³ и 15 000 м³).

Инструкция по обслуживанию телескопических газгольдеров

- 1) Необходимо периодически проверять правильность работы роликов и в случае необходимости производить регулировку их во избежание перекоса газгольдера.
- 2) Ежедневно проверять исправное состояние всех механизмов газгольдера, следить за исправным состоянием эжекторов, за смазкой роликов, плотностью швов колокола, про-

верить отопление и в особенности контролировать состояние сигнализации.

3) Вести в холодное время регулярную запись температуры воды в бассейне и в затворах, а также температуры в самом помещении. Температура в зимнее время должна колебаться примерно в следующих пределах:

В помещении	5—15°
» бассейне	20—25°
» затворах	20—25°

4) В зимнее время должно вестись регулярное наблюдение за работой эжекторов, если таковые применяются для нагревания воды, за отоплением здания газгольдера и его пристроек, где помещаются горшки для сборки конденсата.

5) По крайней мере раз в смену, а если практика покажет, то и чаще, производить откачку конденсата из водосборных горшков, с записью о том в рабочем журнале.

6) Наблюдать за правильным отводом воды из бассейна, исправным состоянием сливных труб.

7) Не допускать понижения уровня воды в бассейне ниже 100—150 мм от уровня сливных труб.

8) Следить, чтобы во время работы объем газа в газгольдере не выходил из следующих пределов:

	В газгольдере емкостью	
	15 000 м ³	10 000 м ³
Не был более	12 500	9 000
Не был менее	3 000	2 000
Предел нормальной работы газгольдера . . .	7 000—9 000	4 000—6 000

9) Следить за вентиляцией в помещении газгольдера, за тем чтобы вытяжки в фонаре и часть форточек в окнах были постоянно открыты.

10) Строжайше воспрещается вход в помещение газгольдеров и всех его пристроек с горячей лампой, свечой, папирсой — в виду того, что соприкосновение с открытым пламенем неминуемо вызовет взрыв.

11) Недопустима, по той же причине, установка в помещении газгольдеров всяких электрических контактов, могущих дать искры и следовательно также вызвать взрыв.

12) Избегать всяких ударов по металлу в помещении газгольдеров и его пристроек, могущих вызвать образование искр.

13) При продувках газгольдеров не допускать вблизи них в это время разведения огня, производства автогенных работ и пр.

14) Все ремонтные работы в газгольдерах должны производиться специальной бригадой, под наблюдением бригадира, хорошо знакомого со всеми требованиями по обслуживанию газгольдеров.

15) Вследствие крайней ядовитости водяного газа выполнение работ в местах, где возможно случайное скопление газов, например в колосниках, воспрещается производить в одиночку, а всегда вдвоем, причем второй рабочий стоит наверху и наблюдает за работой первого, чтобы оказать ему помощь в нужный момент. Работы в таких местах необходимо производить в противогазах и с подвязанной подмышки веревкой.

Контрольные вопросы

1. Для чего служит газгольдер?
2. Какие бывают газгольдеры?
3. Как устроен мокрый газгольдер?
4. В чем заключается обслуживание газгольдера?
5. На каком принципе основано устройство мокрых газгольдеров?

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЯНОГО ГАЗА

Для правильного ведения процесса получения водяного газа необходимо:

1) Вести постоянное наблюдение за правильной работой генератора (держат в нем надлежащую температуру, своевременно загружать топливо, не допускать зашлаковывания и пр.).

2) В зависимости от качества топлива поддерживать надлежащий режим работы, т. е. правильное соотношение горячего и холодного дутья.

Количественный контроль процесса. Сюда относится систематическое определение следующих величин: 1) расхода кокса; 2) расхода воды; 3) количества вырабатываемого газа; 4) расхода пара на каждый генератор; 5) расхода воздуха; 6) количества расходуемой электроэнергии.

Качественный контроль сводится к следующим измерениям:

1) Определение температур воздуха, воды, пара, газа в различных точках системы.

2) Измерение давления воздуха, пара, газа и воды.

3) Измерение давления масла или воды в системе гидравлического управления.

4) Ведение систематического анализа получаемых газов: как из общей магистрали, так и из каждого генератора в отдельности.

Мы только тогда будем иметь полную и ясную картину работы всего газогенераторного цеха, когда все эти данные будут систематически проходить перед нашими глазами.

Производство измерений всех этих величин осуществляется посредством целого ряда приборов.

Расход кокса определяется посредством автоматических весов. Последние обычно устанавливаются перед каждым генератором в отдельности или же взвешивается общее количество кокса, поступающее в бункера. Первое конечно более целесообразно. Автоматические весы в установке Чемберса представляют собой ящик с рычагом и противовесом.

сом. Взвешивают они в пределах 150—200 кг кокса. Обычно расход кокса записывается раз в смену для каждого генератора.

Расход воды, пара и газа

Расход воды, пара и газа определяется при помощи различных систем счетчиков. В настоящее время очень распространенными являются счетчики так называемого диафрагменного типа.

Диафрагма представляет наиболее простой измерительный аппарат. Она состоит из круглой шайбы, которая имеет посередине отверстие, края которого срезаны под углом навстречу газу. Обычно диафрагма делается из железного листа и ставится на прямом участке трубы между двумя фланцами. При прохождении газа или другого измеряемого вещества возникает вследствие сужения потока разница давления газа до шайбы и после шайбы. Между количеством проходящего через узкое отверстие газа и разностью давления существует зависимость. Для каждой диафрагмы составлены таблицы, по которым, зная потерю давления, можно определить количество проходящего через диафрагму газа. Для многих случаев точность показаний такого диафрагменного счетчика является вполне достаточной. До диафрагмы и после нее в трубопровод введены узкие трубочки, другие концы которых подводятся или к дифференциальному манометру или особому прибору со шкалой, который посредством стрелки показывает величину изменения давления, и затем уже по таблицам определяется количество проходящего газа, пара или воды.

Определение температуры

Измерение температур до 360° обычно производится обыкновенным ртутным термометром.

При температурах от 360 до 700° применяется ртутный термометр из особого тугоплавкого специального стекла с наполнением азотом или углекислотой под давлением.

Для высоких температур, как например в генераторах, применяются в настоящее время оптические или электрические способы определения температур.

Для измерения температуры пламени до 1600° служит термоэлектрический пирометр Ле-Шателье (рис. 38). Две проволоки из различных металлов (для наших целей — платина и платина-родий), на одном конце спаянных вместе. Когда

место спая нагревается, то образуется электродвижущая сила, которая зависит от разности температур, и она является мерой для измерения температур.

Проволоку длиной около 1,5 м и толщиной 0,6 мм пропускают через фарфоровую или кварцевую трубку для изоляции друг от друга; фарфоровая трубка изолируется асбестом и вправляется в железную трубку для предохранения от поломки. Платиновая проволока затем присоединяется

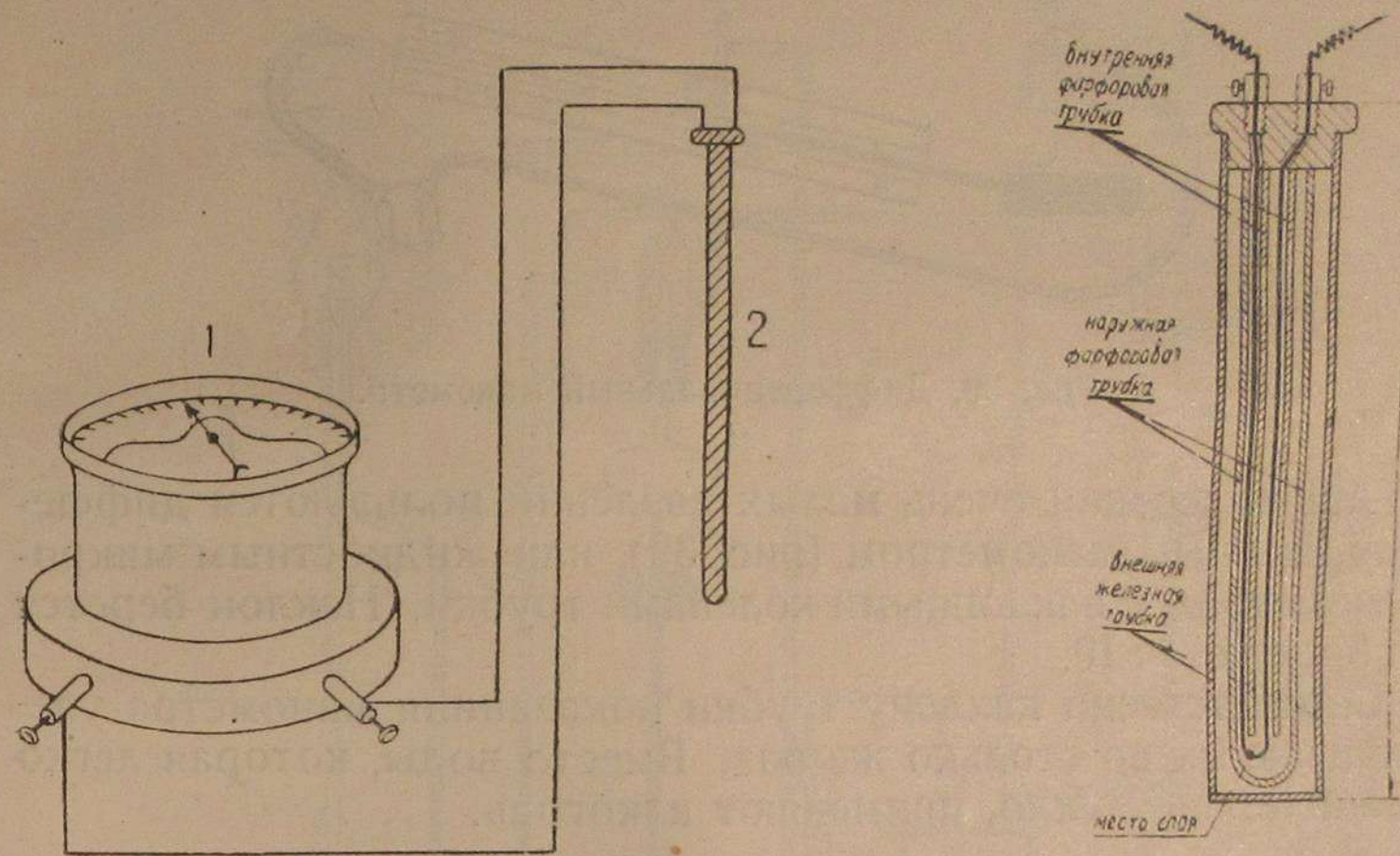


Рис. 38. Пирометр Ле-Шателье: 1—гальванометр, 2—термопара. Справа внутренний вид термопары.

к проводу, который ведет к гальванометру, указатель которого движется по двум шкалам. Одна из них показывает электродвижущую силу в милливольтгах, а другая шкала указывает соответствующие температуры. Гальванометр может быть установлен в любом месте, однако он должен быть защищен от сотрясений.

Измерение давления

В производстве водяного газа обычно приходится иметь дело с небольшими давлениями, измеряемыми в миллиметрах водяного столба и редко превышающими один метр.

Для измерения таких давлений служат водяные манометры, устройства которых показаны нами в главе о производстве водяного газа. Такой манометр в своей наиболее простой форме состоит из дугообразной стеклянной трубки,

колена которой наполовину наполнены водой или ртутью. Конец одного колена соединяется с испытываемым газопроводом.

Вследствие действующего на одну сторону давления газа происходит изменение уровня воды в обоих коленах. Разница в высоте уровней в обоих коленах отсчитывается в миллиметрах по находящейся около манометра шкале.

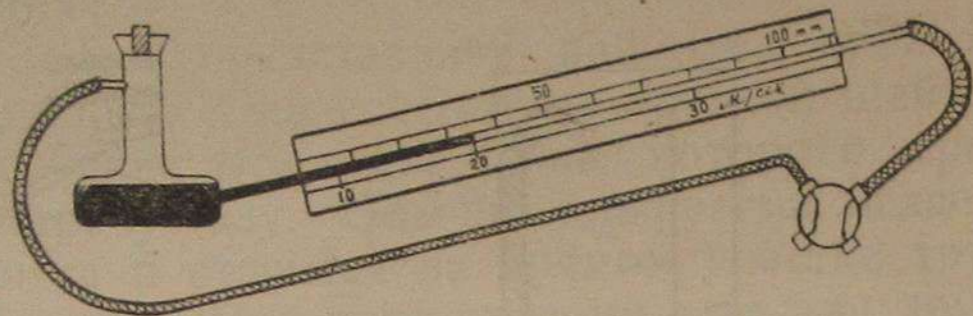


Рис. 39. Дифференциальный манометр.

Для измерения очень малых давлений пользуются дифференциальным манометром (рис. 39), или жидкостным микроманометром с наклонными коленами трубки. Наклон берется 1 : 5, реже 1 : 10.

Соответственно наклону трубки показания манометра увеличиваются во столько же раз. Вместо воды, которая легко налипает на стекло, применяют алкоголь.

Анализ газов

В водяном газе чаще всего анализируется содержание окиси углерода, углекислоты и кислорода. В крупных газовых установках, где приходится производить анализ очень много и делать их через сравнительно небольшие промежутки времени, для этой цели применяются автоматические газоанализаторы, соединенные с самопишущими приборами, записывающими непрерывно результаты анализов.

Типов автоматических газоанализаторов существует очень много.

Мы здесь рассмотрим устройство лишь двух из них: газоанализатора МОНО и газоанализатора Энгельгардта.

Газоанализаторы МОНО

Аппарат МОНО (рис. 40) — это есть автоматически работающий аппарат Орса, определяющий составные части газа.

Принцип измерения основан на разности газовых объемов, измеренных до поглощения и после прохождения газа через

поглотительный сосуд, в котором остаются те части газа, которые должны быть в нем поглощены, и газовый остаток определяется в следующем измерительном сосуде.

Описание аппарата. Для приведения в действие аппарата МОНО применяется частая вода под давлением 1 атмосферы (избыточной, сверх нормального давления воздуха). Она пускается через регулировочный вентиль через отверстие

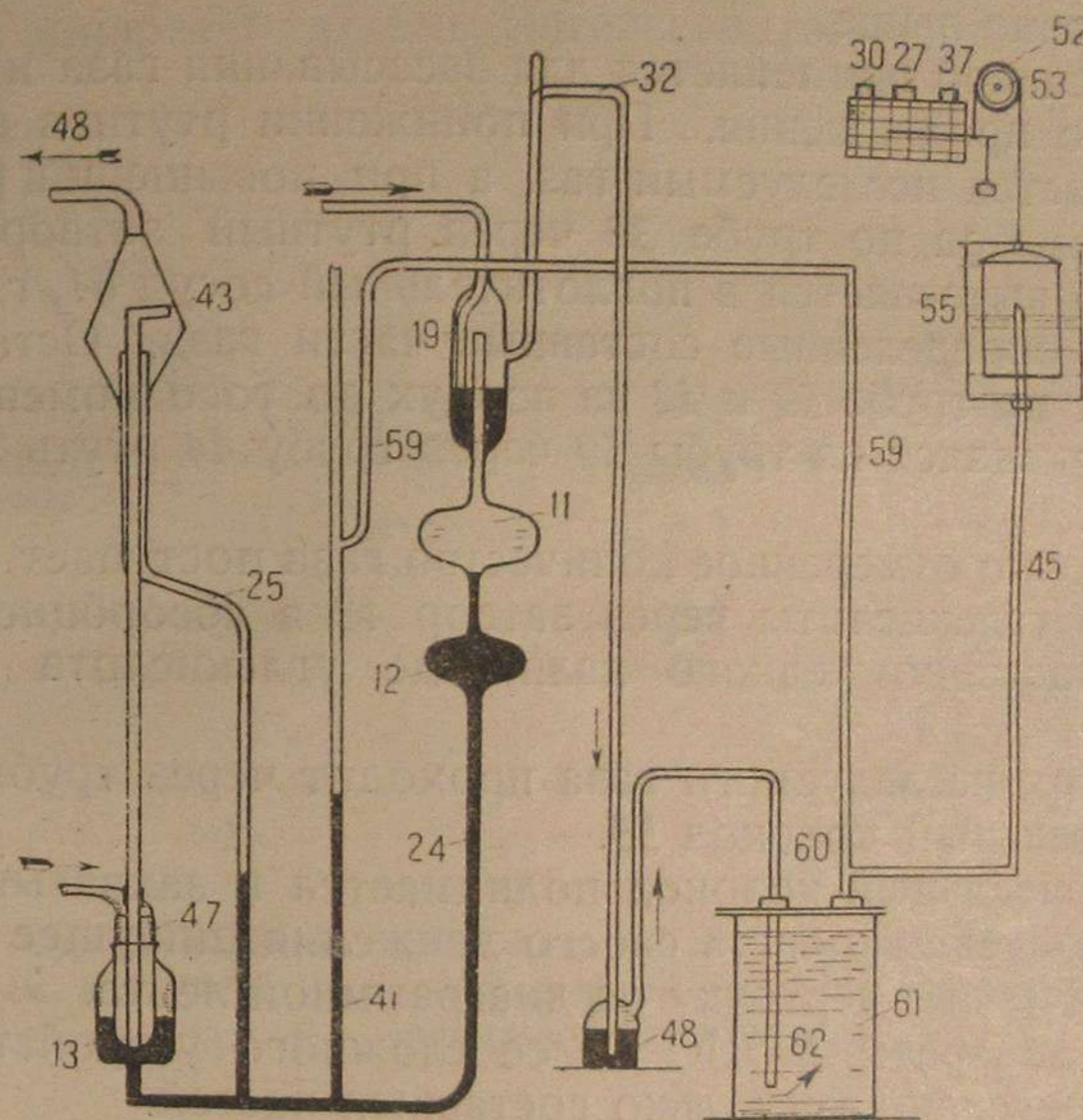


Рис. 40. Схема аппарата МОНО.

в сосуде 47 в склянку 13, наполненную ртутью, и вытесняет из последней ртуть в трубы 24, 25, 43 и 44.

Труба 24 вверху переходит в волюметр 11; труба 44 соединяется с наружным воздухом, в то время как труба 43 входит в расширение трубы 25. Нижняя часть трубы 43 не находится в непосредственном соединении с ртутью в склянке 13, но кончается немного выше сборника 47, в котором также находится ртуть. Вследствие такого расположения ртуть в трубе 43 находится выше, чем в трубе 24, 25 и 26. Как только вода начинает давить в склянке 13, ртуть начинает подниматься в трубках, до тех пор, пока находящаяся в сосуде 47 ртуть через трубу 43 полностью не перейдет

в грушеобразную часть. В этот момент вода получает через спускную трубу 46 свободное соединение с наружным воздухом, и повышение давления в склянке 13 со ртутью исчезает. Ртуть в трубках 24, 25, 44 стекает обратно в склянку 13 и наполняет ее; часть ее стекает через отверстие в сосуд 47. Вследствие этого труба 43 запирается, соединение нагнетательной воды с наружным воздухом прекращается, давление в склянке 13 повышается снова, и все начинается сначала, как описано выше.

Этот способ применяется для засасывания газа и дальнейшего его продвижения. При понижении ртути в волюметр засасывается исследуемый газ, а при повышении ртути газ из волюметра по трубе 32 через ртутный затвор 48 и по трубе 60 вытесняется в поглотительный сосуд 61, где поглощаются определенные составные части газа. Остаток газа выходит по трубе 59 и 44 на воздух до того момента, когда поднимающаяся из трубы 59 через трубу 44 ртуть не запрет выхода.

Это точно отмеренное количество газа поступает для определения углекислоты через затвор 48 в абсорбционный сосуд с раствором едкого кали, где углекислота и поглощается.

Остаток исследуемого газа проходит через трубку 45 под измерительный колокол 55.

Измерительный колокол поднимается и захватывает с собой в последнюю часть своего движения пишущее перо, которое отмечает черточку на диаграммной ленте.

Есть аппараты МОНО более сложного устройства, которые определяют несколько составных частей.

Газоанализатор Энгельгардта

Работа этого газоанализатора основана на принципе электропроводности. Он служит для определения водорода и окиси углерода.

Принцип действия. Как известно, теплопроводность газов зависит от их химического состава. Так например, если теплопроводность воздуха принять за 100, то теплопроводность

окиси углерода	= 59
углекислоты	= 96
водорода	= 700

В качестве прибора, учитывающего разность теплопроводностей различных газов, применен мостик сопротивления Уитстона.

Если в одну ветвь мостика включен газ, сопротивление которого току известно, а в другую ветвь включен газ, сопротивление которого току неизвестно, то мы мостиком Уитстона можем определить это неизвестное сопротивление, а так как сопротивление пропорционально разности теплопроводности, то следовательно можем определить и теплопроводность, а отсюда и состав газа.

Описание газоанализатора для водорода (рис. 41). Газ входит в аппарат 1 системы Энгельгардта, наполненный хло-

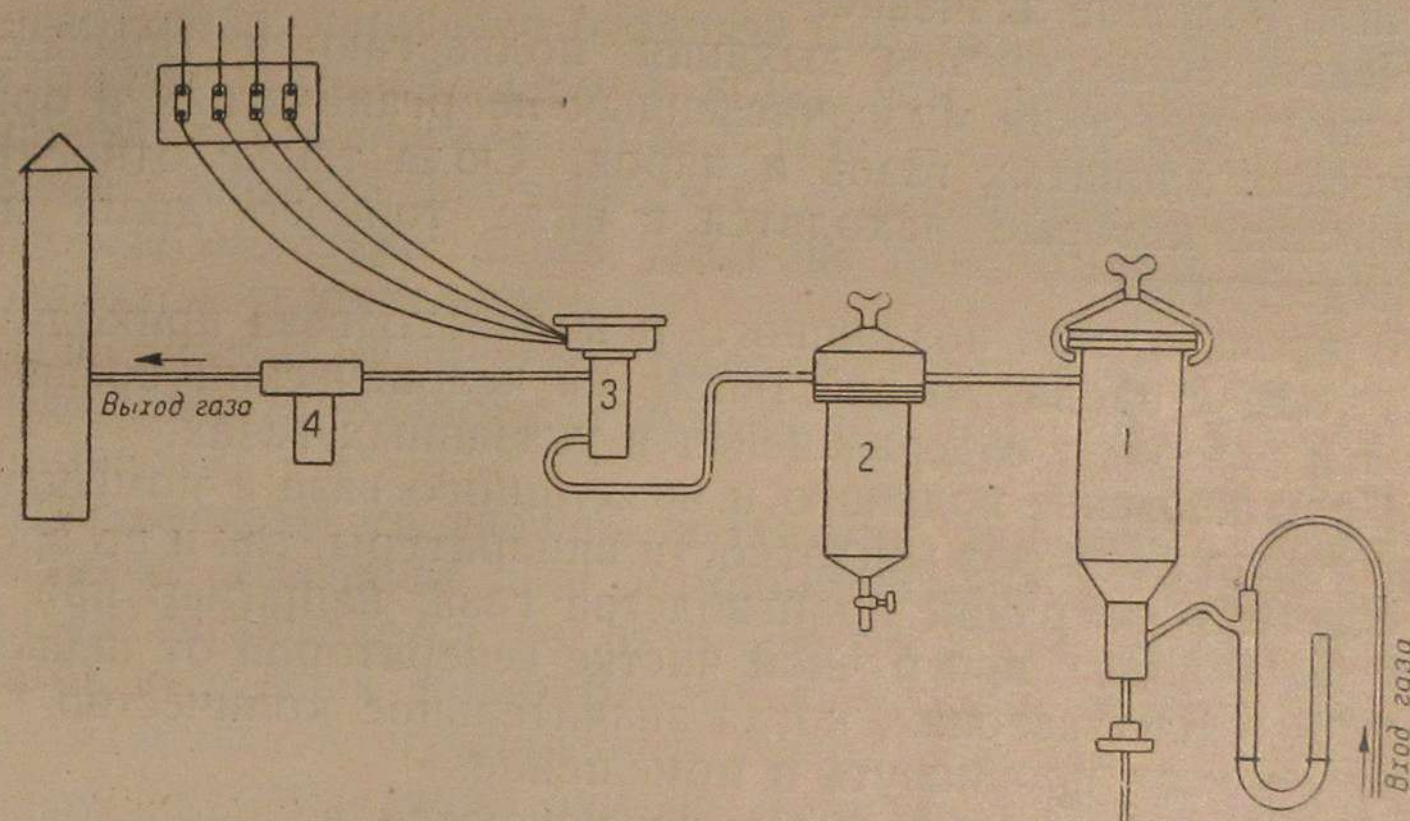


Рис. 41. Автоматический газоанализатор Энгельгардта: 1 — сосуд с хлористым кальцием; 2 — алундовый фильтр; 3 — аппарат для анализа; 4 — глицериновый поглотитель.

ристым кальцием, где он подсушивается. Затем проходит через алундовый фильтр 2. Алунд — это грубая керамика для фильтрации газа от механических примесей.

В аппарате 3 происходит самое определение содержания водорода в газе, и наконец газ выходит в вентиляционную трубу, предварительно пройдя через аппарат 4, наполненный глицерином.

Показания этого газоанализатора записываются на ленте самопишущим аппаратом.

В последнее время борьба против ядовитых газов и защита органов дыхания против вредных для них веществ получила большое значение.

Человеческие органы дыхания подвергаются опасности вредного действия многочисленных неорганических и органических ядовитых газов и паров. Сюда также относятся вещества, которые находятся в виде тонкого дыма или в виде тумана.

В производстве воздушного и водяного газа приходится бороться с ядовитым действием на человеческий организм окиси углерода, содержащейся в указанных газах.

Проникновение водяного и воздушного газа в помещение возможно как через неплотности аппаратуры, так и во время различных операций производства газа, например при загрузке топлива, при ручной чистке генераторов от шлака и при всяких авариях, когда значительное количество газа сразу может проникнуть в помещение.

Предохранительные меры заключаются в использовании в этот момент имеющихся установок для отсасывания из помещения воздуха, в открывании дверей и окон или в быстром нагнетании вентилятором свежего воздуха.

Проведение этих мероприятий однако возможно лишь при пользовании противогазами, так как для выполнения указанных мер необходимо иногда очень продолжительное время. Противогазы также являются необходимыми при различных ремонтных работах. Поэтому газовые цеха должны быть обеспечены достаточным количеством противогазов, главным образом против окиси углерода.

Противогазы с кислородом. Делают независимым дыхание от наружного воздуха. Необходимый кислород подводится из баллона с кислородом, в то время как выдыхаемая углекислота удаляется через патрон с едким кали. Подобные противогазы предохраняют против всех ядовитых газов в любой концентрации, однако они тяжелы и имеют ограниченную продолжительность использования. Продолжительность их работы колеблется $\frac{1}{2}$ —2 часа в зависимости от величины кислородного баллона.

Фильтрующие противогазы. Они подводят воздух для дыхания, освобожденный от вредных примесей. Продолжительность действия фильтрующих противогазов при незначительной концентрации газа очень велика. Закупоривание фильтра происходит постепенно. Имеются специально составленные смеси веществ для заполнения таких фильтров для различных газов и паров.

В последнее время мы имеем противогазы и против окиси углерода. В то время как при других ядовитых веществах задержка их происходит или вследствие физических свойств поглотителя, например большой поглощающей поверхности (в случае активированного угля) или действием соответствующих химических поглотителей, в случае СО они его не задерживают. Для этого газа применяются катализаторы, которые окисляют окись углерода при помощи кислорода воздуха в углекислоту.

В Германии Общество газового освещения Ауэр выпустило такие противогазы против СО под названием «ДГА-СО-маски».

Противогазы со свежим воздухом. Аппараты со свежим воздухом содержат или компримированный воздух, или воздух засасывается из отдельно стоящего сосуда. Недостаток подобных аппаратов заключается в их значительной громоздкости и ограниченной сфере действия.

В случае отравления окисью углерода пострадавший должен быть немедленно вынесен на чистый воздух — и должен быть вызван заводской врач. В тяжелых случаях применяется искусственное дыхание и вдыхание кислорода.

В газогенераторном цехе всегда должны быть баллоны и подушки с кислородом, раствор аммиака (нашатырного спирта) и другие медикаменты, применяемые в этом случае как первые меры оказания медицинской помощи при отравлении окисью углерода.

Контрольные вопросы

1. Почему ядовит водяной газ?
2. Какие меры нужно принимать в случае отравления водяным газом?

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Основные сведения по химии	4
Горение	13
Свойства газов	18
Свойства и применение водорода и водяного газа	25
Водород	25
Водяной газ	27
Сырье для производства водяного газа и водорода	30
Кокс и антрацит	30
Сидерит	35
Болотная железная руда	36
Производство водяного газа по способу Пинча	38
Теория процесса	38
Генератор водяного газа	39
Схема движения водяного газа	42
Ведение процесса (инструкция по обслуживанию генератора Пинча)	48
Контроль за работой установки	50
Производственные моменты, требующие особого внимания	53
Производство водяного газа в установках Пауэр-газ Корпорейшен и Ньютон Чемберс	55
Установка Пауэр-газ Корпорейшен	55
Установка Ньютон Чемберс	73
Ведение процесса в установках Пауэр-газ Корпорейшен и Ньютон Чемберс	82
Получение водорода по железо-паровому способу в генераторах Пинча	94
Теория процесса	94
Описание водородного генератора Пинча	94
Производственные моменты, требующие особого внимания. Мероприятия по технике безопасности	100
Инструкция по пуску и работе на водородных генераторах системы Пинча	102
Конверсионный метод получения водорода	107
Теория процесса	107
Схема процесса и описание аппаратуры	109
Контроль ведения процесса конверсии	113
Инструкции, определяющие условия нормального ведения процесса конверсии	114
Очистка водорода от сернистых соединений	120
Сухая очистка газа	120
Мокрая очистка газа	127
Хранение газа	130
Типы газгольдеров	130
Обслуживание газгольдеров	134
Контроль процесса получения водяного газа	137
Расход воды, пара и газа	138
Определение температуры	138
Измерение давления	139
Анализ газов	140
Техника безопасности	144