

Н. Е. КУНАКОВ

C $\frac{304}{314}$

РАБОТА
АВТОТРАНСПОРТА
НА
СЖАТОМ КОКСОВОМ
ГАЗЕ

МЕТАЛЛУРГИЗАТ
1953

Н. Е. КУНАКОВ

канд. техн. наук

С 304
314

РАБОТА
АВТОТРАНСПОРТА
НА СЖАТОМ
КОКСОВОМ ГАЗЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
Свердловск 1953 Москва

АННОТАЦИЯ

В книге освещен опыт использования коксового газа для работы автотранспорта. Приведены данные по проектированию, строительству и наладке газонаполнительной станции, по конструкциям и изготовлению компрессоров высокого давления для газостанций.

Описана аппаратура по очистке коксового газа, предназначенного для работы автотранспорта на сжатом газе, аппаратура и арматура для автомашин, работающих на коксовом газе. Приведены мероприятия по технике безопасности при работе газостанций и автотранспорта на коксовом газе.

Книга предназначена для инженеров и техников автотранспорта металлургических заводов.

ВВЕДЕНИЕ

Современный металлургический завод является крупным потребителем жидкого топлива, используемого для автотранспорта.

Замена жидкого топлива газообразным, большое количество которого получается на заводе как продукт коксового производства, является важной народнохозяйственной задачей, так как позволяет экономить значительное количество дальнепривозного жидкого топлива, заменяя его местными видами топлива.

XIX съезд партии в директивах по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы предлагает: «Расширить использование газа для бытовых нужд, применение его в качестве автомобильного топлива и получение из газа химических продуктов».

В связи с огромным развитием автотранспорта в нашей стране с каждым годом расширяется использование газообразного топлива для автомобилей, более широкое применение получают газобаллонные и газогенераторные автомобили, работающие на местных видах топлива, строятся газонаполнительные компрессорные станции, изготавливается необходимое для них оборудование.

В начале 1945 г. на одном из наших металлургических заводов была пущена в работу газонаполнительная станция для сжатия коксового газа и снабжения этим газом грузовых автомашин.

В течение первых 2—3 лет эксплуатации в работе станции встречались серьезные трудности, вызванные неизученностью ряда вопросов, связанных с применением коксового газа в автотранспорте, отсутствием необходимого оборудования и опыта водителей автомашин и персонала газонаполнительной станции.

Возникавшие в процессе работы трудности разрешались, и работа установки из года в год улучшалась. Были спроектированы и изготовлены мощные газовые компрессоры оригинальной конструкции, изготовлена топливopодающая аппаратура для автомашин, разработана и изготовлена аппаратура для газонаполнительной станции и в значительной степени разрешены некоторые основные вопросы очистки коксового газа, предназначенного для подачи автомашинам.

В результате проделанной работы установка стала настолько надежной, что в течение последних нескольких лет внутри-

заводский автотранспорт работает на коксовом газе, и это дало возможность отказаться от значительного количества ранее завозимого на завод бензина.

Существующие в настоящее время технические возможности позволяют на всех металлургических заводах, имеющих коксовый газ, использовать его для работы автотранспорта на сжатом коксовом газе.

Металлургический завод, например, состоящий из четырех доменных печей и полного цикла передела металла, перевозит на автомашинах порядка 400 000 ткм груза в месяц.

При существующих нормах расхода горючего потребление бензина на нужды грузового автотранспорта для такого завода составляет, примерно, 60 т в месяц.

Для обеспечения указанных автоперевозок, по средним данным, полученным на основании опыта описываемой установки, необходимо иметь в работе 75 газобаллонных трехтонных автомашин, расходуя на них 250 нм^3 газа в час.

Одним из решающих факторов, которые могут способствовать расширению применения коксового газа в автотранспорте на металлургических заводах, является комплексное применение сжатого коксового газа, для этого необходимо:

1) широкое применение во внутривзаводском железнодорожном транспорте тепловозов, работающих на сжатом коксовом газе, аналогичных тепловозам газогенераторным;

2) перевод автотранспорта на сжатый коксовый газ;

3) применение сжатого коксового газа для огневой зачистки металла;

4) подача сжатого коксового газа на бытовые нужды;

5) передача газа на дальнейшее расстояние.

Сооружение общих станций для получения сжатого коксового газа для указанных целей позволит в значительной степени удешевить и ускорить развитие всех указанных установок, весьма необходимых для наших металлургических заводов и всего народного хозяйства.

Успешному проведению всех работ по использованию коксового газа в автотранспорте металлургического завода в процессе освоения, пуска и работы газонаполнительной станции в значительной степени способствовала помощь автомобильной лаборатории АН СССР под руководством акад. Е. А. Чудакова и Научно-исследовательского института автомобильной промышленности (НАМИ).

В предлагаемой вниманию читателей книге автор ставил перед собой цель осветить опыт работы автотранспорта металлургического завода на сжатом коксовом газе и высказать некоторые соображения о путях дальнейшего развития этого весьма нужного мероприятия.

ГЛАВА I

ЗАМЕНИТЕЛИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА, ПРИМЕНЯЕМОГО В АВТОТРАНСПОРТЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

На современных металлургических заводах в процессе производства металла получается значительное количество вторичных топлив, в том числе горючие газы, жидкие и твердые вещества; некоторые из них могут быть использованы для замены в автотранспорте жидкого горючего.

Возможные заменители жидкого топлива из имеющихся на металлургических заводах могут быть подразделены на три группы: твердые, жидкие и газообразные.

Твердые заменители

К твердым заменителям, применение которых можно считать вполне реальным, необходимо отнести коксик и нафталин.

Коксик. На металлургических заводах имеется вполне достаточное количество коксика для того, чтобы можно было ставить вопрос о реальной возможности его применения в качестве заменителя жидкого топлива.

Для использования коксика в качестве заменителя жидкого топлива необходимо оборудование автомашин газогенераторными установками, несколько отличными по конструкции от существующих типовых, имеющихся на газогенераторных автомобилях и рассчитанных на применение древесных чурок.

Изготовление газогенераторов автомобильных установок, приспособленных для газификации коксика, вызывает известные затруднения вследствие высокой температуры в области топливника, развивающейся в процессе газификации коксика, в связи с чем необходимо специальное охлаждение топливника.

Следует указать, что в военный период применение коксика, как заменителя бензина, имело некоторое распространение на наших металлургических заводах, поэтому можно считать, что коксик после уточнения методов очистки газа и охлаждения топливника в случае необходимости может быть применен как заменитель бензина.

Нафталин. Пары нафталина как горючее для автомобильных двигателей вполне могут заменить бензин, так как нафталин обладает высокой калорийностью.

Получение паров нафталина не представляет больших трудностей, так как нафталин испаряется при температуре 70—75° и для этой цели вполне может быть использовано тепло выхлопных газов.

На металлургических и связанных с ними коксохимических заводах в процессе переработки коксового газа получается значительное количество нафталина. Так как потребность в нафталине для работы автотранспорта металлургических заводов невелика, то и применение его в качестве заменителя бензина вполне возможно.

Использование нафталина для работы автомашин связано с затруднениями, которые заключаются в необходимости поддерживать нафталин в парообразном состоянии на пути от испарителя до цилиндров двигателя, а также в конструировании смесителя; кроме того, необходимо сохранить полную работоспособность таких автомашин и на бензине.

При разработке необходимых конструкций испарителя и смесителя не исключена возможность работы автомобильных двигателей на нафталине.

Жидкие заменители

Жидких заменителей бензина для автомашин, возможность применения которых достаточно разработана и освоена, на металлургических заводах в настоящее время не имеется.

Предложения некоторых авторов о газификации или непосредственном использовании для автотранспорта некоторых масел или смол, получаемых на коксохимических заводах, нельзя считать достаточно технически и экономически обоснованными, чтобы можно было серьезно ориентироваться на их широкое практическое применение.

Поэтому вряд ли целесообразно подробно останавливаться на рассмотрении возможности применения жидких заменителей для автотранспорта металлургических заводов.

Газообразные заменители

На металлургических заводах в процессе производства кокса и чугуна образуется значительное количество горючих газов— доменного и коксового, являющихся топливом для самих металлургических заводов, для бытовых нужд и других целей.

Запасы горючих газов на металлургических заводах более чем достаточны для постановки вопроса об использовании их в качестве заменителя бензина в автомашинах.

На некоторых металлургических заводах в достаточном количестве имеется генераторный газ, применяемый так же, как коксовый и доменный газы, для выплавки и нагрева металла.

Генераторный газ получается в специальных установках, работающих либо на коксике, либо на угле.

По своим свойствам генераторный газ довольно близок к доменному газу.

На некоторых коксохимических и металлургических заводах применяется так называемый «богатый» газ, получаемый после переработки коксового газа.

Следует указать, что генераторный и «богатый» газ встречаются на относительно небольшом количестве заводов, поэтому нельзя считать, что эти газы могут быть широко использованы, как заменители бензина для автомашин.

Ценность газа как топлива определяется количеством тепла, которое возможно получить из единицы объема данного газа, а также возможной температурой сгорания данного газа с необходимым оптимальным количеством воздуха.

Указанные характерные показатели газа обычно определяют при помощи специальных приборов. Более подробные данные о характеристике горючих газов можно найти во многих литературных источниках [1, 2, 5].

Перечисленные выше горючие газы имеют следующую теплотворность:

Доменный газ	900—930	ккал/м ³
Генераторный газ	1200—1600	»
Коксовый газ	4000—4100	»
«Богатый» газ	5000—5500	»

Из приведенных данных видно, что наибольшую ценность в качестве топлива имеют коксовый и «богатый» газ.

Так как генераторный и «богатый» газы имеют сравнительно малое распространение на наших металлургических заводах, эти газы мы из дальнейшего рассмотрения как заменителей исключаем и производим дальнейшее сравнение только доменного и коксового газа, как наиболее распространенных, хотя «богатый» газ как заменитель бензина имеет бесспорные преимущества по сравнению с коксовым газом.

Из каждого кубического метра коксового газа можно получить тепла, примерно, в 4,5 раза больше, чем от того же объема доменного газа.

Таким образом, в одном и том же объеме (например, в баллонах, установленных на автомашинах) можно при одном и том же давлении вместить коксового газа в 4,5 раза больше (по количеству тепла), чем доменного газа.

Из этого также следует, что при одной и той же емкости баллонов и равном давлении возможный пробег автомашин при наполнении баллонов коксовым газом может быть, примерно, в 4,5 раза большим, чем в случае наполнения баллонов доменным газом.

Опыт работы на коксовом газе показывает, что автомашины при заправке баллонов коксовым газом могут сделать пробег порядка 100 км.

В случае заполнения тех же баллонов при равном давлении доменным газом автомашины смогут сделать пробег только порядка 20 км.

Очевидно, применение доменного газа как заменителя бензина нерационально, так как машины в таком случае затрачивали бы весь запас горючего и большинство рабочего времени на поездки для заправки, а не на полезную работу.

Изложенное показывает, что из имеющихся на металлургических заводах твердых, жидких и газообразных горючих веществ наиболее пригодным как по ресурсам, так и по технологической характеристике для замены бензина является коксовый газ.

ГЛАВА II

КОКСОВЫЙ ГАЗ И ЕГО СВОЙСТВА

Коксовый газ представляет собой смесь из нескольких газов и водяных паров. Главнейшие из них следующие:

Водород (H_2) является одним из самых легких газов; его удельный вес $0,089 \text{ кг/нм}^3$; он в 14,5 раза легче воздуха.

Запаха и цвета водород не имеет. Теплотворность его 2590 ккал/нм^3 . В смеси с воздухом водород образует взрывчатую смесь.

В коксовом газе содержится около 50—56% водорода.

При сгорании водорода развивается температура порядка 1970°C .

Метан (CH_4) — бесцветный газ, обладающий в чистом виде слабым чесночным запахом. Удельный вес метана $0,717 \text{ кг/нм}^3$; он, примерно, в два раза легче воздуха.

В коксовом газе обычно содержится, примерно, 24—27% метана. Метан — горючий газ, имеющий теплотворность 8560 ккал/нм^3 . Таким образом теплотворность метана, примерно, в 3,5 раза больше, чем у водорода.

Метан встречается в природе в чистом виде; он известен под названием «болотный газ» и «рудничный газ». Метан в смеси с воздухом так же, как и водород, образует взрывчатую смесь.

Происходящие иногда в рудниках, в колодцах взрывы, а также появление огней на болотах являются следствием выхода в этих местах метана.

В некотором количестве метан образуется в отстойниках канализационных систем, из которых его в ряде случаев используют для замены бензина в автотранспорте.

Окись углерода (CO) — бесцветный газ, имеющий очень слабый запах, она обладает отравляющими свойствами. Удельный вес окиси углерода $1,250 \text{ кг/нм}^3$, что составляет 0,967 по отношению к воздуху. Таким образом воздух и окись углерода имеют, примерно, один и тот же удельный вес.

Окись углерода — горючий газ, имеющий теплотворность 3040 ккал/нм^3 . Она так же, как водород и метан, образует с воздухом взрывчатые смеси.

В коксовом газе окиси углерода содержится, примерно, 6,0—8,0%.

Углекислота (CO_2)—в коксовом газе обычно содержится в количестве от 2,0 до 2,5% по объему. Удельный вес углекислоты 1975 кг/нм^3 , она, примерно, в 1,5 раза тяжелее воздуха. Запаха и цвета углекислота не имеет и является негорючим газом.

Наличие углекислоты в коксовом газе вызывает понижение теплотворности газа, поэтому она является нежелательной примесью.

Так как углекислота является негорючим газом, то с воздухом она взрывчатых смесей не образует.

Присутствие в смеси газов и, в частности, в коксовом газе углекислоты способствует понижению взрываемости газов.

Сероводород (H_2S) представляет собой бесцветный горючий газ с сильным запахом тухлых яиц. Удельный вес сероводорода по отношению к воздуху составляет 1,19, т. е. он, примерно, на 20% тяжелее воздуха.

Количество сероводорода в коксовом газе зависит от содержания серы в угле, поступающем на коксование, и составляет, примерно, от 3 до 20 г в 1 нм^3 газа.

Вследствие незначительного содержания сероводорода в коксовом газе он не оказывает на теплотворность последнего заметного влияния. Однако даже весьма малые его примеси весьма вредно отражаются на работе компрессоров и автомашин, разрушая металл, из которого они изготовлены.

Из этого следует, что сероводород является газом вредным и для надежной работы установки, если его содержание в коксовом газе превышает определенную величину, необходимо производить очистку газа от сероводорода.

Более подробно этот вопрос освещен ниже.

Кислород (O_2) — бесцветный газ, запаха не имеет. Даже при низких температурах он очень энергично соединяется со многими веществами. Удельный вес кислорода $1,429 \text{ кг/нм}^3$.

Процесс соединения кислорода с другими газами сопровождающийся бурным выделением тепла при высоких температурах, обычно называют процессом горения. С горючими газами кислород образует взрывчатые смеси.

Атмосферный воздух состоит по объему из 20,79% кислорода и 79,19% азота.

Азот (N_2) — бесцветный газ, не имеющий запаха. Удельный вес азота $1,251 \text{ кг/нм}^3$.

В коксовом газе содержание азота обычно составляет по объему 6—7%.

Как примесь азот в коксовом газе нежелателен, так как разбавляет коксовый газ и понижает вследствие этого теплотворность газа.

С кислородом азот соединяется только при высоких температурах, образуя окислы азота. Окислы азота при их наличии в коксовом газе даже в небольшом количестве оказывают вредное влияние на работу компрессорных установок и автомашин.

Если в коксовом газе содержание окислов азота превышает определенную величину, то эти окислы из газа, предназначенного для автомашин, необходимо удалять.

Более подробно об этом сказано ниже, в разделе об очистке коксового газа.

Кроме перечисленных выше основных составляющих, в коксовом газе обычно имеется ряд более сложных веществ, главнейшие из которых — нафталин, бензол, ацетилен, смолы и так называемые непредельные углеводороды, представляющие собой сложные соединения углерода с водородом.

Указанные вещества, хотя и содержатся в коксовом газе в незначительном количестве, однако они в большинстве случаев оказывают весьма вредное влияние на компрессоры и автомашины.

В коксовом газе всегда содержится также некоторое количество водяных паров, зависящее от температуры газа, до которой он охлаждается в процессе производства и при движении по газопроводам от коксового цеха до газонаполнительной станции.

Приводим данные о содержании водяных паров в газе в граммах на нормальный кубический метр¹ газа для обычных его температур перед газонаполнительной станцией.

Температура, °С	0	10	20	30	40	50
Содержание паров воды, г/нм ³	4,9	9,4	17,4	30,4	51,2	83,0

Так как водяные пары являются негорючей составляющей газа и для их нагрева расходуется определенное количество тепла, то при подаче коксового газа в автомашины необходимо стремиться к уменьшению их в газе.

Уменьшение содержания водяных паров в газе в первую очередь должно производиться путем охлаждения газа на коксовых заводах.

Обычно коксовый газ при нормальных условиях работы охлаждается до 35° и, таким образом, содержание водяных паров в газе, поступающем от коксовых печей, составляет, примерно, 40—45 г/нм³.

В зимнее время, вследствие дополнительного охлаждения в газопроводах, содержание водяных паров в газе соответственно понижается.

В условиях работы описываемой установки, вследствие значительного расстояния компрессорной станции от коксовых печей, температура газа перед станцией в зимнее время была близка к нулю и ниже нуля, поэтому содержание водяных паров в газе было достаточно низким.

¹ Под нормальным кубическим метром (нм^3) понимается количество газа в объеме одного кубического метра при температуре 0°С и давлении 760 мм рт. ст.

Следует указать, что, согласно литературным данным [3], водяные пары оказывают разрушающее действие на металл газовых аккумуляторов и баллонов, установленных на автомашинах, вследствие образования при сжатии газа вредных соединений.

Коксовый газ, на котором обычно работали автомашины в описываемом случае, имел, примерно, следующий средний состав (в процентах по объему):

Водород (H ₂)	58,1%
Метан (CH ₄)	22,2%
Окись углерода (CO)	7,2%
Азот (N ₂)	6,0%
Кислород (O ₂)	0,4%
Углекислый газ (CO ₂)	2,1%
Углеводороды (C _n H _m)	2,0%
Водяные пары (H ₂ O)	1,4%

Теплотворность газа колебалась в пределах 4050—4150 ккал на 1 нм³ газа.

Указанные изменения теплотворности газа значительного влияния на ухудшение работы станции и автомашин не оказывали, так как колебания эти происходили в области верхнего предела теплотворности газа.

Весьма значительное влияние на работу станции и автомашин может оказать наличие в газе указанных ранее вредных примесей — нафталина, окислов азота, смол и т. д. Увеличение содержания этих примесей при установившемся режиме очистки газа может привести к внезапному появлению отложений в редукторах автомашин и в газопроводящей системе станции.

Во избежание этого необходимо обеспечивать строгий контроль за содержанием вредных примесей, производя соответствующий анализ газа на самой газонаполнительной станции с целью предупреждения внезапного возникновения затруднений в работе станции и автомашин.

Для определения количества газа, отпущенного автомашине, можно пользоваться следующей формулой:

$$Q = 0,92 \cdot V_{\sigma} \cdot (P_{\sigma.п} - P_{\sigma.д.}) \frac{273}{273 \pm t},$$

- где Q — количество газа, отпущенного автомашине, нм³;
 V_{σ} — суммарная емкость баллонов автомашины по воде;
 $P_{\sigma.п}$ — давление газа в баллонах автомашины после заправки, ат;
 $P_{\sigma.д}$ — давление газа в баллонах автомашины до заправки, ат;
 t — температура газа в баллонах после заправки; она может быть принята равной температуре окружающего воздуха; в зимнее время при температуре ниже нуля в формулу ставится знак минус между 273 и t .

При заправке машин следует учитывать, что при наполнении баллонов газ несколько нагревается (от сжатия), вследствие чего после охлаждения давление падает, и машина уходит с неполной заправкой. Во избежание этого следует заправлять машины до давления на 10—15 ат выше, т. е. до 210—215 ат; это не представляет опасности для машины, но на 5—10% увеличивает длительность пробега машины между заправками.

Особенности сгорания коксового газа

В случае применения коксового газа для нужд автотранспорта следует считаться с некоторыми следующими основными его свойствами.

1. Смесь коксового газа с воздухом можно подвергать сильному сжатию без опасения ее самовоспламенения, вызываемого повышением температуры при сжатии.

Указанную способность коксового газа принято называть антидетонацией. Говорят, что коксовый газ обладает высокими антидетонационными свойствами, т. е. при сжатии он не дает детонации, определяемой в обычной практике появлением преждевременных вспышек в цилиндрах и характерных для них стуков в двигателе.

Следует указать, что отдельные составляющие коксового газа обладают различными антидетонационными свойствами; так, например, водород обладает повышенной способностью к детонации, метан и окись углерода — пониженной.

Возникновение преждевременных вспышек и соответствующих им ударов в цилиндрах при работе на коксовом газе является признаком содержания в газе водорода в количестве выше обычного.

Указанное явление может происходить вследствие изменения процессов коксования или состава шихты, поступающей в коксовые печи.

2. Значительным преимуществом коксового газа как топлива для автомобильных двигателей является быстрота его сгорания в смеси с воздухом.

Согласно проведенным исследованиям, при условии смешения газа с теоретически необходимым для горения количеством воздуха, скорость горения коксового газа составляет, примерно, 65 м/сек.

Большая скорость горения коксового газа благоприятно сказывается на процессе развития рабочего процесса в автомобильном двигателе.

3. Коксовый газ, как и всякое газообразное топливо, обладает способностью весьма быстро и качественно перемешиваться с воздухом и образует горючие смеси, не имеющие жидких включений (капель горючего), что весьма благоприятно отражается на процессе сгорания смеси и ее использовании в качестве топлива.

4. Основным свойством, сближающим сжатые горючие газы как топливо с бензином, является их легкая горючесть, в связи с чем облегчается перевод автомашин на газ.

Одним из свойств, характеризующих топливо как горючее для автотранспорта, является температура его самовоспламенения. На основании этого свойства как газ, так и бензин относят к разряду легких топлив.

Жидкие топлива, обычно применяемые в автотранспорте, имеют следующие температуры воспламенения [3]:

Бензин	300°
Дизельное топливо	360°
Бензол	700°

Ниже приводятся температуры воспламенения основных горючих газов, входящих в состав коксового газа:

Водород	550—600°
Окись углерода	625—675°
Метан	680—720°

Для среднего состава коксового газа температура самовоспламенения обычно колеблется в пределах 580—620°.

Следует иметь в виду, что на температуру воспламенения коксового газа в значительной степени оказывает влияние его состав и, в частности, содержание в нем водяных паров, поэтому приведенные выше данные о температуре воспламенения коксового газа имеют достаточно большой диапазон.

ГЛАВА III

ЗАТРУДНЕНИЯ В ПЕРВЫЙ ПЕРИОД РАБОТЫ СТАНЦИИ И МАШИН НА КОКСОВОМ ГАЗЕ

В первый период работы станции и автомашин на коксовом газе встречались значительные осложнения, главными из которых были следующие:

1. Клапаны компрессора, вследствие накапливания в них смолистых отложений, переставали нормально работать, в результате этого уменьшалась производительность, ненормально распределялось давление между ступенями компрессора.

Особенно часто это происходило с клапанами первой и четвертой ступеней в газовых компрессорах Сумского завода, а также с предохранительными клапанами на компрессоре, которые через сравнительно короткий промежуток времени переставали работать.

2. Система змеевиков для охлаждения газа между отдельными ступенями компрессора забивалась отложениями нафталина и смолы настолько, что змеевики приходилось демонтировать и выжигать из них отложения или заменять новыми. Особенно сильно это явление наблюдалось в змеевиках четвертой ступени компрессора.

Освободиться от этого явления удалось только путем проведения общих мероприятий по очистке газа, о чем будет сказано ниже.

3. Встречались значительные осложнения в работе распределительных и раздаточных вентилях и в системе газопроводов станции.

В некоторых случаях вследствие значительных отложений нафталина и смолы ломались ответственные вентили.

Следует указать, что раздаточные трехходовые механизмы, описанные и рекомендованные в ряде литературных источников, оказались совершенно непригодными к работе вследствие быстрого разъедания уплотнений, что вело к сильному пропуску газа в помещение станции. В связи с этим пришлось заменить эти механизмы вентилями обычного типа с усиленным штоком.

4. Были случаи забивания трубопроводов на участке между компрессором и аккумуляторными баллонами. Трубопроводы забивались твердой черной массой, для ее удаления приходилось снимать трубопроводы и выжигать из них эту массу.

5. В аккумуляторных установках скапливались жидкие отложения, удаление которых путем систематической продувки через специально сделанные продувочные трубки не достигало цели.

Удаление накопленных отложений производилось при остановке станции путем пропарки аккумуляторных баллонов и выкачки из них жидкости насосом.

6. Были случаи поломки колец на поршнях четвертой ступени, вызванные, повидимому, воздействием на них серы, так как поломка колец сопровождалась изменением цвета поверхности металла.

7. Цилиндры четвертой ступени компрессоров в течение трех-четырех месяцев изнашивались, в связи с чем приходилось производить расточку цилиндров и заменять поршневую группу. Это происходило вследствие перегрева газа и изменения качества смазки при повышении температуры газа из-за плохой работы промежуточных холодильников, а также вследствие занесения с газом в цилиндры твердых отложений.

8. Происходило довольно часто разрушение манометров, работающих при давлении 200—350 *ати*. Эти разрушения вызывались пульсацией давления газа при работе компрессоров и разрывом вследствие этого мембран манометров.

Разрывы манометров несколько раз приводили к попаданию значительного количества газа в помещение станции.

Борьба с этим велась путем установки компенсирующих сосудов на подводящих к манометрам трубках и применения в таких точках манометров, рассчитанных на предельное давление 600 *ати*.

На автомашинах в этот период возникали следующие осложнения:

1. Забивались отложениями трубки, соединяющие между собой баллоны и запорные вентили в системе трубопроводов.

2. Происходили поломки заправочного вентиля вследствие накопления отложений на резьбе штока, что приводило к поломкам стержня и мембран вентиля.

Борьба с этими осложнениями проводилась, во-первых, путем улучшения общей очистки газа и, во-вторых, изменением конструкции вентиля с таким расчетом, чтобы резьба штока не попадала в зону действия газа.

3. В каждом из баллонов по мере работы накапливалось до полулитра бензола в месяц, в зимнее время он замерзал в соединительных трубках между баллонами и в распределительных вентилях системы, подающей газ к дроссельной установке.

При температуре наружного воздуха порядка 10° С и выше эти отложения исчезали, в летний период их не бывало совершенно.

4. Наличие в газе бензола вызывало постепенное разрушение мембран и всех уплотнений, сделанных из резины. Разрушение это было более интенсивно в летний период, меньше зимой.

5. В баллонах, установленных на машинах, образовывались рыхлые черного цвета отложения, похожие на сажу. Установить точно происхождение этих отложений не удалось. Следует предполагать с достаточной степенью достоверности, что эти отложения были следствием крекинга в процессе сжатия тяжелых углеводов и смазочного цилиндрического масла, а также неудачного выбора фильтрующей массы (коксика, активированного угля), применявшейся для очистки газа в первый период работы станции.

6. Внутри редукторов довольно быстро накапливалась вязкая жидкость типа смолы с резким запахом. Эта смола забивала систему редуктора, главным образом, после первой ступени дросселирования настолько сильно, что редукторы приходилось снимать с машин для разборки и очистки.

В первый период работы станции эти отложения были настолько интенсивными, что работа машин становилась весьма затруднительной, и редукторы приходилось снимать на очистку через 2—3 дня.

Следует указать, что перечисленные выше осложнения относились, главным образом, к первому периоду работы станции, до разработки способа дополнительной очистки газа.

После улучшения очистки газа указанные явления резко уменьшились по интенсивности и частоте возникновения.

Характеристика отложений из коксового газа

Анализом указанных выше осложнений в системе газонаполнительной станции и автомашин было установлено, что причиной их является наличие в коксовом газе ряда вредных примесей, причем действие этих вредных примесей усиливается вследствие того, что их концентрация в газе увеличивается по мере сжатия газа.

Главнейшими вредными примесями коксового газа необходимо считать: 1) смолу, 2) бензол, 3) нафталин, 4) соединения серы, 5) окислы азота, 6) влагу, 7) непредельные углеводороды, 8) масло, применяемое для смазки цилиндров.

Действие этих примесей на работу газонаполнительных установок различно по степени, времени и месту.

По месту действия эти примеси могут быть подразделены на следующие три основные группы:

1. Примеси, действующие на работу компрессорной установки: сернистые соединения, нафталин, смола, бензол.

2. Примеси, действующие на аккумуляторные и автомобильные баллоны: окислы азота, влага.

3. Примеси, действующие на автомобильную установку: смола, бензол, сернистые соединения.

Указанные группы в значительной степени условны, так как любой вид отложений в той или иной степени оказывает неблагоприятное

гоприятное влияние на любую часть газонаполнительной станции и автомашин.

Рассмотрим несколько более подробно характерные особенности указанных вредных примесей.

Смолы

В коксовом газе, поступающем в аккумуляторы и автомашины, содержится смола двух видов — первичная, занесенная коксовым газом из системы общих газопроводов коксового газа вследствие недостаточной очистки газа от смолы, и вторичная, образующаяся в процессе высокого сжатия, вследствие наличия в коксовом газе окислов азота и ненасыщенных углеводородов (этилен, бутилен, пропилен).

Основным способом борьбы с этими отложениями является улавливание смол в фильтрах между ступенями сжатия и удаления из газа бензола, так как в процессе образования отложений как от первичных, так и от вторичных смол, происходит растворение смол бензолом и перенос их с газом в систему редуктора, в котором вследствие коагуляции и сепарации частиц происходит выпадение смол в виде клейкой массы.

Бензол

В коксовом газе, поступавшем на станцию, по нашим наблюдениям, содержалось до 2—3 г бензола на 1 нм³.

Вредное влияние бензола, как указано было выше, состоит в растворении смол, поэтому действие бензола и смол обнаруживается одновременно.

Бензол накапливался в баллонах (примерно, до 0,5 л в месяц) и замерзал в трубках при низких температурах.

Кроме того, бензол вызывал разрушение мембран, резиновых уплотнений и посадочных поверхностей в редукторах автомашин.

Дополнительная очистка газа от бензола была проверена тремя способами: промывкой в скруббере каменноугольным маслом, промывкой соляровым маслом и улавливанием бензола активированным углем.

Следует указать, что после сравнения результатов очистки указанными способами остановились на улавливании бензола соляровым маслом. Указанная очистка осуществлялась одновременно с очисткой газа от нафталина и дала достаточно хорошие результаты, так как все неполадки, связанные с наличием в газе бензола, резко уменьшились по количеству и интенсивности.

Наладить улавливание бензола активированным углем не удалось, так как активированный уголь забивался смолистыми веществами и терял способность поглощать бензол. В некоторых случаях активированный уголь выносился с газом в баллоны аккумуляторов и автомашин и забивал соединительные трубки между баллонами.

Нафталин

Содержание нафталина в газе, поступавшем на станцию, составляло в среднем, примерно, 0,15—0,20 г/нм³. После очистки газа соляровым маслом содержание нафталина уменьшалось до 0,04—0,02 г/нм³. При этом содержании нафталина в газе случаи забивания холодильников отложениями резко сократились.

Следует указать, что очистка газа от нафталина каменноугольным маслом давала значительно худший результат чем очистка соляровым маслом.

Соединения серы

Соединения серы особенно вредно сказываются на работе компрессоров станции и автомобильных двигателей, так как содержание в газе серы выше определенного предела приводит к поломке колец на поршнях компрессоров, главным образом, четвертой ступени и к износу двигателей автомашин.

Пропусканием газа через сухую сероочистительную массу, состоящую из «болотной руды», удается снизить содержание серы в газе до 0,2 г/нм³.

В дальнейшем от сероочистки после длительных наблюдений решили отказаться, так как низкое содержание серы в газе не вызывало осложнений в работе машин и компрессоров. Опыты с очисткой газа при помощи «болотной руды» производились лишь с целью уменьшения в газе циана.

Цианистые соединения

По литературным данным [3], наличие в газе цианистых соединений в присутствии сконденсировавшейся влаги приводит к разрушению баллонов вследствие образования межкристаллических трещин в их стенках; такие разрушения наступали, примерно, после 1500 наполнений баллонов.

Произведенными наблюдениями было установлено, что в коксовом газе, поступавшем на газонаполнительную станцию, содержание циана колебалось от 1,2 до 0,075 г/нм³ при среднем содержании 0,85 г/нм³.

Как показали проведенные металлографические исследования стенок баллонов автомашин и аккумуляторов станции, проработавших от одного до четырех лет, никаких трещин, связанных с разрушением металла цианистыми соединениями, в баллонах обнаружено не было.

Повидимому, в случаях разрушения баллонов, на которые указывают литературные источники, содержание цианистых соединений в газе, а также их характер и содержание в газе водяных паров, отличались от тех, которые имели место в практике рассматриваемой нами станции.

Влага

Учитывая, что наличие влаги в газе вредно сказывается на работе установки, необходимо всячески стремиться к осушению газа. Однако осушение газа связано с большими трудностями, так как газ подвергается сильному сжатию, во время которого неизбежно конденсируется в зависимости от степени сжатия определенное количество водяных паров.

Вследствие достаточно низкой влажности газа, поступавшего на станцию, никаких осложнений из-за наличия в газе водяных паров за семилетний период работы станции установлено не было.

Указанное положение, конечно, нельзя принимать как общее для всех установок, так как количество влаги в газе в зависимости от местных условий может быть весьма различным, и явления, связанные с наличием влаги в газе, также могут быть иные.

Смазочное масло

Длительными наблюдениями было установлено, что масло, подаваемое для смазки цилиндров, по мере работы установки начинает интенсивно участвовать в образовании смолистых и твердых отложений.

Было также замечено, что при работе компрессоров с повышенным расходом смазки, вследствие неисправных лубрикаторов, значительно ускоряется образование отложений как в газопроводящей системе станции, так и в редукторах автомашин.

Особенно резко это проявляется при недостаточном охлаждении газа между ступенями сжатия, вследствие загрязнения промежуточных холодильников.

В целях борьбы с этим необходимо применение для смазки цилиндров высококачественного масла, работа с минимально допустимым количеством смазки, а также установка специальных фильтров между ступенями сжатия. Более подробно о конструкции этих фильтров будет изложено в последующих разделах.

ГЛАВА IV

ОЧИСТКА КОКСОВОГО ГАЗА НА ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Как показали экспериментальные исследования, очистку коксового газа от содержащихся в нем примесей можно произвести только под большим давлением, при помощи комбинации фильтров, размещаемых между отдельными ступенями сжатия компрессора.

Из газа, находящегося под небольшим давлением, порядка 300—500 мм вод. ст., удалить содержащиеся примеси, общий объем которых составляет, примерно, 15—20 см³/м³, весьма затруднительно.

В процессе сжатия газа относительное содержание по объему этих примесей увеличивается, что в значительной степени облегчает их улавливание. Одновременно с этим размеры необходимой аппаратуры уменьшаются весьма значительно, что дает возможность более удобно разместить всю систему очистки газа.

Необходимость проведения очистки газа под большим давлением, кроме того, основывается также на том, что ряд веществ, дающих отложения, образуются в процессе сжатия газа, и удаление их из газа возможно только после соответствующей ступени сжатия компрессора.

Следует подчеркнуть, что только путем проведения очистки газа под высоким давлением удалось избавиться от значительного количества затруднений, связанных с отложениями и наладить надежную работу как самой станции, так и автомашин.

После внедрения очистки газа под давлением большинство машин начало работать без значительных осложнений в течение 5—6 месяцев и только в период высоких температур наружного воздуха, а также в период пропарки газопроводов коксового газа от нафталина в редукторах машин наблюдались отложения в виде клейкой массы. Количество черных отложений в баллонах и соединительных трубках в автомашинах также резко уменьшилось.

Очистка газа от нафталина

Содержание нафталина в газе зависит, главным образом, от его температуры: при повышении температуры содержание нафталина в газе увеличивается, при понижении уменьшается.

В некоторых случаях, особенно на коксохимических заводах, содержание нафталина в газе бывает, вследствие уноса частиц твердого нафталина потоком газа, выше, чем это соответствует температуре газа.

Ниже приведены данные о возможном содержании нафталина в газе в зависимости от его температуры.

Температура газа, °С	5	15	20	25	30	35	40
Количество нафталина, г/м ³	0,073	0,25	0,37	0,56	0,90	1,39	2,09

Таким образом основным мероприятием по уменьшению содержания нафталина в газе и соответственно уменьшению осложнений в работе газонаполнительной станции, связанных с нафталином, является понижение температуры поступающего на станцию газа.

Коксохимические заводы в большинстве случаев выдают коксовый газ во внешнюю сеть в летнее время с температурой 35—40° и в зимнее время с температурой 25—30°; таким образом содержание нафталина в коксовом газе в зависимости от температуры наружного воздуха изменяется в пределах от 0,5 до 2,0 г/м³.

На содержание нафталина в газе, поступающем на станцию, в значительной степени влияет расстояние станции от коксохимического цеха.

При значительном ее расстоянии от коксохимического цеха большую часть года, кроме летних месяцев, газ по пути к наполнительной станции дополнительно охлаждается и содержание нафталина в нем уменьшается.

В зимнее время температура газа, поступающего на станцию, может быть отрицательной, и в этих случаях содержание в нем нафталина может быть весьма незначительным.

В летнее время температура газа на пути к станции может повышаться, и содержание нафталина в газе может увеличиваться вследствие испарения отложившегося в газопроводах в зимнее время нафталина.

Особенно резко может повыситься содержание нафталина в газе в периоды пропарки газопроводов коксового газа, которая иногда производится на металлургических заводах.

Пропарка газопроводов коксового газа может вызвать весьма большие осложнения в работе газонаполнительной станции и автомашин, так как при пропарке происходит испарение в газопроводах не только нафталина, но и ряда других отложений, наличие которых в газе может отразиться еще в большей степени на работе станции, чем нафталин. В период пропарки газопроводов необходимо принять все меры к тому, чтобы газ не попал из пропариваемых участков в систему газопроводов станции; иногда следует даже прекратить работу станции на этот период.

При получении газа на станцию от сетей дальнего или городского газоснабжения содержание нафталина в газе может

быть ничтожным, так как из этого газа нафталин предварительно удаляется на специальных установках.

Очистка газа от нафталина в описываемой установке производилась в скруббере с деревянной насадкой по схеме, приведенной на рис. 1 и 2.

Основные элементы этой установки следующие:

1. Скруббер диаметром 1,2 м, высотой 18,5 м, с деревянной насадкой объемом 13 м³.
2. Два бака для масла емкостью по 10 м³.

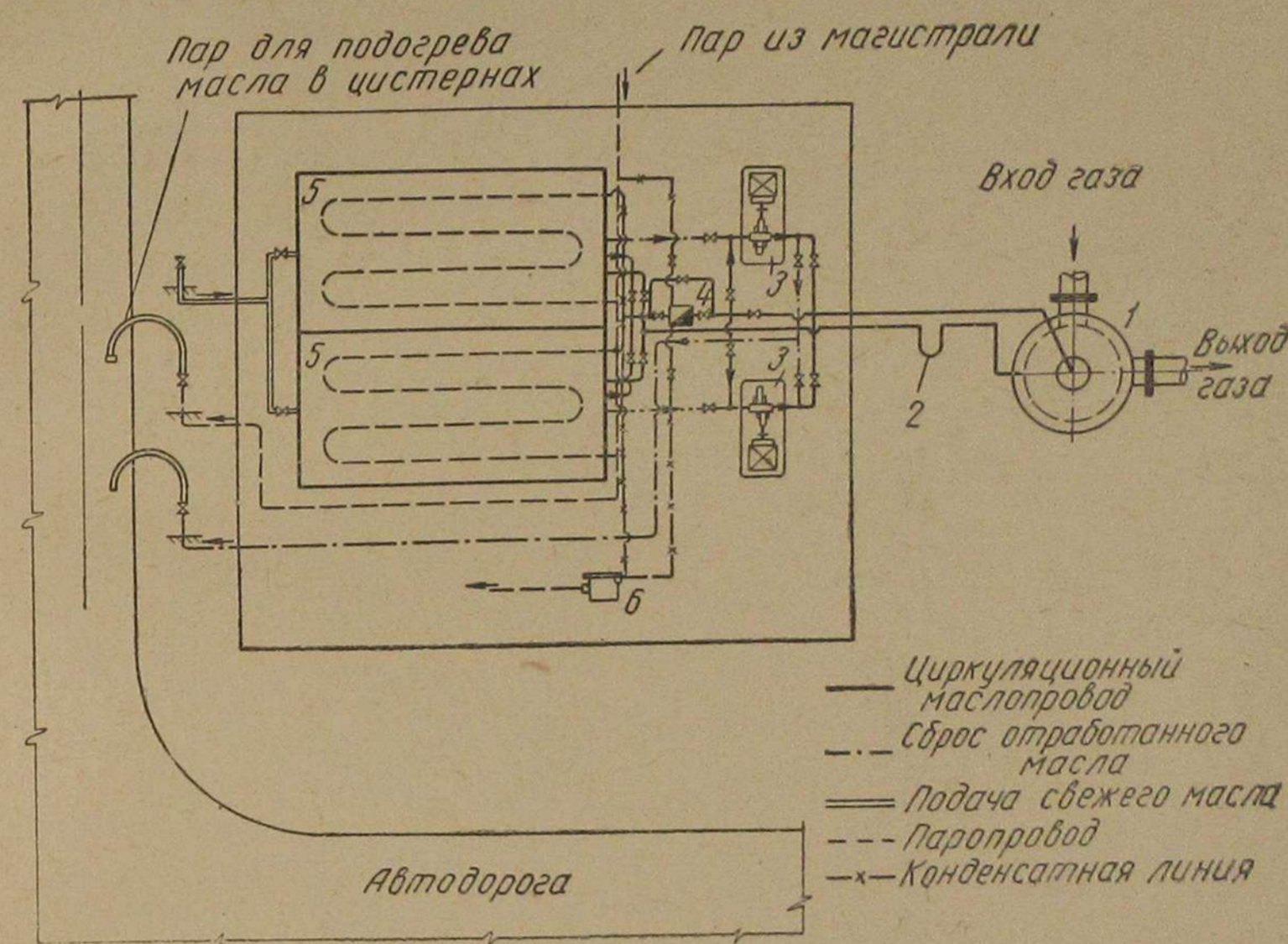


Рис. 1. Схема нафталиноочистки (план):

- 1 — скруббер; 2 — гидравлический затвор; 3 — насос; 4 — фильтр для масла; 5 — бак двойной; 6 — конденсационный горшок.

3. Два шестеренчатых центробежных насоса производительностью каждый 1 м³/час.

Принципиальная схема работы установки следующая. Промывка газа маслом производится в скруббере с насадкой. При помощи центробежных насосов масло подается в брызгало, установленное в верхней части скруббера, над насадкой.

Подвод газа производится в нижнюю часть скруббера; таким образом промывка газа производится по принципу противотока.

Отработанное масло из скруббера поступает в два бака, в одном из которых намечалось по проекту производить очистку масла от нафталина путем отстоя, второй бак должен быть включен в систему циркуляции скруббера.

Количество циркулирующего масла в системе, при расчетной плотности орошения насадки 2 ка/м³ и расчетной пропускной

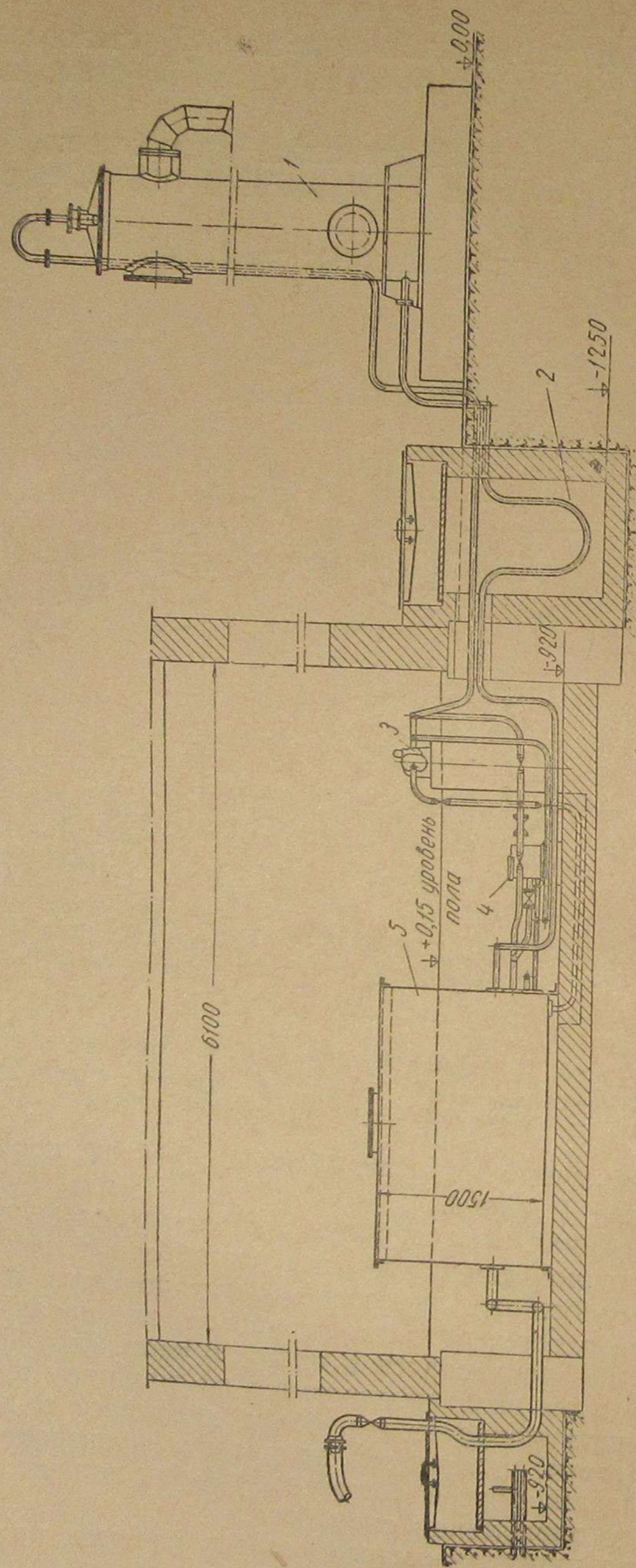


Рис. 2. Схема нафталиноочистки (разрез):

1 — скруббер; 2 — гидравлический затвор; 3 — насос; 4 — фильтр для масла; 5 — бак двойной.

способности скруббера по газу $400 \text{ м}^3/\text{час}$, должно составлять $800 \text{ кг}/\text{час}$.

Согласно расчету степень очистки газа от нафталина может быть достигнута до $0,05\text{—}0,08 \text{ г}/\text{м}^3$ при начальном содержании нафталина в газе $1,0\text{—}1,5 \text{ г}/\text{м}^3$.

Согласно проекту, очистка газа предполагалась антраценовым маслом. Расчетный расход масла 50 т в год.

Оставшийся в газе после его очистки нафталин по расчетам должен выпадать в холодильниках, установленных между ступенями сжатия компрессора.

За период эксплуатации установки в систему очистки газа от нафталина были внесены следующие изменения:

1. После установки новых более мощных компрессоров ранее установленный скруббер диаметром 800 мм был заменен скруббером диаметром 1200 мм .

Вся система маслопроводов, баков и насосов осталась без изменения.

2. Из помещения нафталиноочистки были вынесены все распределительные электрощиты во избежание взрыва нафталиновых паров, возможного в случае перегрева масла.

3. После сравнительно короткого периода работы нафталиноочистка была переведена на очистку газа соляровым маслом вместо каменноугольного, так как наблюдениями было установлено, что очистка газа каменноугольным маслом дает недостаточно хорошие результаты.

Кроме того, при промывке каменноугольным маслом наблюдалось увеличение отложения в системе компрессоров, что, по мнению эксплуатационного персонала, было связано с наличием в газе частиц каменноугольного масла, попадающего из скруббера нафталиноочистки.

После перехода на промывку соляровым маслом количество отложений в газопроводящей системе станции заметно уменьшилось.

4. Разработанный по первоначальному проекту метод очистки масла от нафталина путем отстоя в баках оказался неудачным, так как содержание в нем нафталина после длительного отстоя в баках уменьшалось незначительно. Масло приходилось часто заменять.

Для продления срока работы масла была разработана система его регенерации путем нагрева в системе теплообменников.

5. В зимний период довольно часто температура газа, поступающего на станцию, была около нуля и ниже, и нафталиноочистку на этот период выключали, так как содержание нафталина в газе становилось достаточно низким и без применения какой-либо специальной очистки.

На рис. 3 приведен общий вид скруббера действующей нафталиноочистки.

Очистка газа от серы

Содержание серы в газе, поступавшем на станцию, обычно колебалось в пределах от 2,3 до 0,2 г/нм³, составляя в среднем, примерно, 1 г/нм³.

На газонаполнительной станции построена установка для сухой очистки газа от серы, состоящая из двух цилиндрических башен — фильтров диаметром 2 м и высотой 6 м, заполняемых болотной рудой (гидрат окиси железа).

Регенерация поглотительной массы гидрата окиси железа предполагалась первоначально путем обогащения газа воздухом и влагой.

При эксплуатации установки, в связи с относительно небольшим количеством серы в газе — в среднем 1 г/нм³, содержанием водяных паров порядка 12—14 г/нм³ и содержанием кислорода, примерно, 0,5 г/нм³, было установлено, что для процесса непрерывной регенерации массы не было необходимости вводить в газ воздух и водяные пары.

В связи с низким содержанием серы в поступающем на установку газе выявилась возможность исключить из схемы работы станции установку для очистки газа от серы и в течение последних нескольких лет станция работает без этой установки.

После выключения ее каких-либо заметных осложнений в работе станции и автомашин, вызванных присутствием в газе серы, установлено не было.

В тех случаях, когда в коксовом газе, поступающем на газонаполнительную станцию, содержится большее количество серы, безусловно необходимо производить очистку от нее газа и строить для этой цели соответствующие очистительные установки, если эта очистка не производится предварительно на общезаводских или цеховых установках.

При строительстве установок для очистки газа от серы на газонаполнительных станциях, по нашему мнению, следует руководствоваться следующими соображениями:

1. Процесс очистки газа от серы при помощи болотной руды в одинаковой степени успешно проходит, независимо от величины давления при сжатии газа.

2. Проведение очистки газа под большим давлением позволит резко сократить размеры установок за счет увеличения скорости прохождения газа через очистительную массу, так как величина потерь давления газа при работе установок под давлением практически никакого значения иметь не будет.

Наиболее удобно, по нашему мнению, очистку газа производить после холодильников второй ступени компрессора, т. е. при давлении порядка 17—20 ат.

Конструирование и изготовление фильтров для такого давления не вызовет осложнений.

Фильтр для очистки газа от серы в таком случае может быть выполнен в виде вертикальной трубы диаметром 400—600 мм и

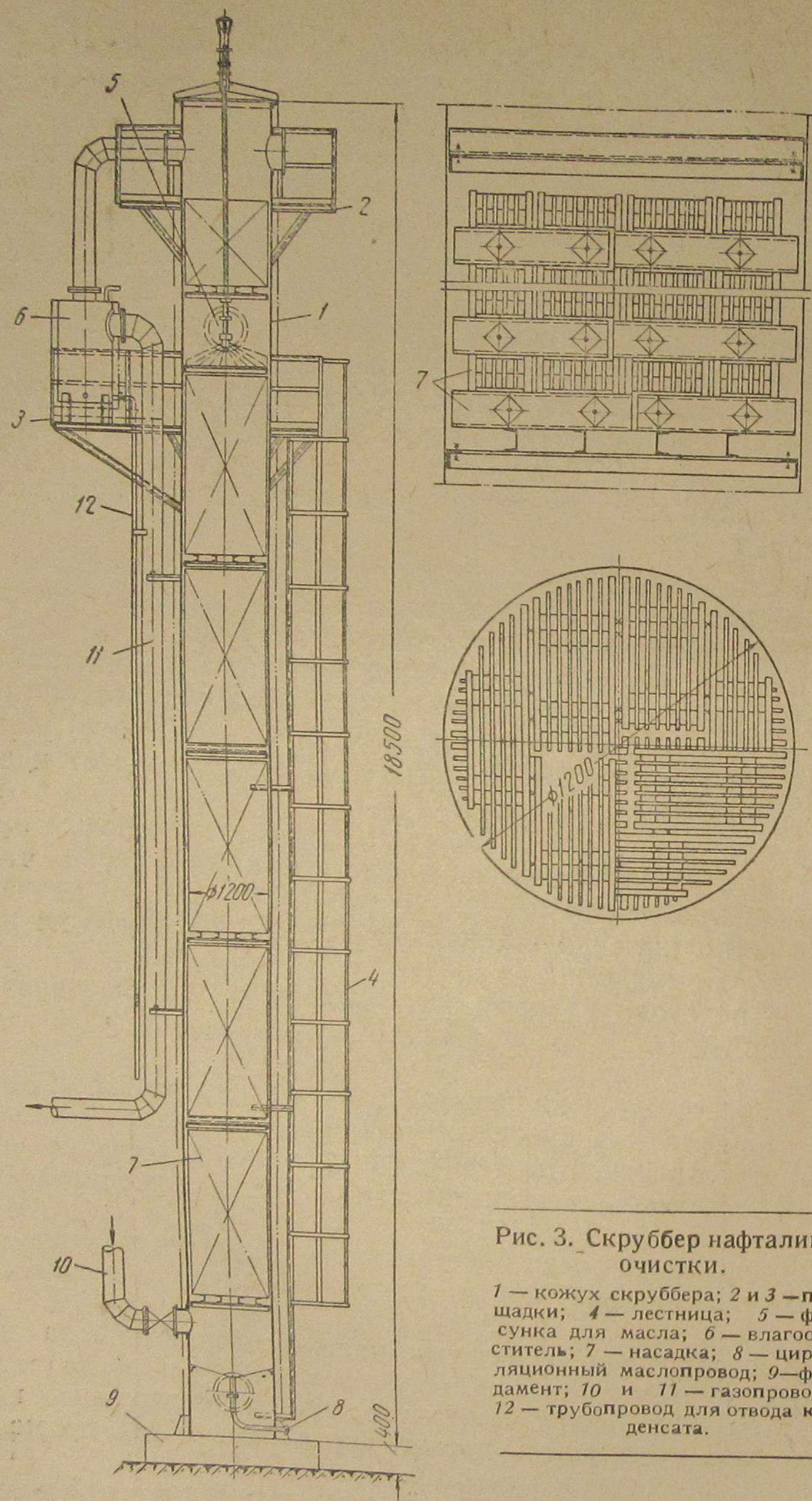


Рис. 3. Скруббер нафталино-очистки.

1 — кожух скруббера; 2 и 3 — площадки; 4 — лестница; 5 — форсунка для масла; 6 — влагоочиститель; 7 — насадка; 8 — циркуляционный маслопровод; 9 — фундамент; 10 и 11 — газопроводы; 12 — трубопровод для отвода конденсата.

высотой порядка 4—5 м, в которой расположены корзины с очистительной массой.

Для такой установки нет необходимости строить специальное помещение, она может быть размещена в одном здании с компрессором.

Очистка газа от соединений азота

Содержащиеся в коксовом газе соединения азота — синильная кислота (CNH), окись азота (NO) могут, при известных условиях, оказывать вредное влияние на работу газонаполнительных станций и автомашин.

Вредное влияние указанных соединений азота заключается в следующем.

Синильная кислота обладает способностью весьма сильно растворяться в конденсате, который образуется из водяных паров. Растворенная в конденсате синильная кислота вызывает образование межкристаллических трещин в баллонах автомашин и аккумуляторах газонаполнительных станций [3].

Учитывая, что синильная кислота разрушающе действует на металл только после поглощения ее влагой, борьбу с опасными воздействиями синильной кислоты рекомендуется вести, главным образом, путем удаления из газа влаги.

Очистка газа от синильной кислоты может быть произведена на газонаполнительной станции при помощи болотной руды. Извлечение синильной кислоты из газа при этом, по литературным данным, достигает 85—95%.

Содержание циана в отработанной газоочистительной массе достигает 8%.

Таким образом, при наличии на газонаполнительной станции установки для очистки от серы при помощи болотной руды, специальных установок для очистки от синильной кислоты не требуется.

Вопрос о необходимости удалять влагу из газа для предупреждения вредного воздействия синильной кислоты приходится решать в зависимости от влажности газа и остаточной величины синильной кислоты в газе после прохождения последнего через фильтры с болотной рудой.

Лабораторные исследования, проведенные на газонаполнительной станции, дали следующие результаты суммарного улавливания серы и синильной кислоты:

№ опыта	Начальное содержание, г/м ³	Конечное содержание, г/м ³
1	1,08	Следы
2	1,46	0,09
3	1,30	0,70
4	0,65	0,40

Опыты производились с одной и той же поглотительной массой, при этом происходило постепенное уменьшение ее поглотительной способности, что видно из приведенных результатов опытов.

Окислы азота (NO)

Вредное влияние окислов азота на работу компрессоров и автомашин заключается в том, что они при сжатии коксового газа, содержащего непредельные углеводороды, образуют с последними вторичные смолы, которые отлагаются в системе клапанов компрессоров и газовых редукторов в виде клейкой массы, весьма затрудняющей работу всей установки.

Согласно нашим наблюдениям, образование вторичных смол происходит наиболее интенсивно в компрессоре после третьей и четвертой ступеней сжатия.

Переносу вторичных смол, образовавшихся в компрессоре, в систему газовых редукторов автомашин способствует наличие в коксовом газе бензола, который растворяет образовавшиеся смолы и переносит их с газом в газовые редукторы автомашин; в последних он выделяется при дросселировании и расширении газа, главным образом, после клапана первой ступени.

Очистка газа от окислов азота может быть произведена также при помощи болотной руды в процессе очистки газа от сероводорода.

Следует, однако, учесть, что отдельные виды болотной руды обладают различной поглотительной способностью в отношении окислов азота.

Так как наличие в газе сероводорода способствует улавливанию из газа окислов азота, то целесообразно очистку газа от сероводорода совмещать с очисткой его от окислов азота.

Очистку газа от окислов азота и синильной кислоты также, как и от сероводорода, необходимо вести под давлением, путем установки фильтров после второй ступени компрессора.

Очистка газа от водяных паров

Вредное влияние водяных паров, содержащихся в коксовом газе, на работу установок для баллонных машин, как это было отмечено, заключается только в их совместном с синильной кислотой действии на стенки баллонов. В связи с этим для всех таких установок обязательно проведение мероприятий по удалению водяных паров из газа.

Трудность осушки газа при высоком давлении заключается в том, что при сжатии, например, до 350 ат из газа выделяется влага, содержащаяся в 349 м³, и в виде паров остается только количество влаги, соответствующее 1 м³ газа.

Образовавшийся конденсат дает с синильной кислотой соединения, вызывающие разрушения стенок аккумуляторных баллонов и баллонов на автомашинах.

Процесс образования таких соединений усиливается вследствие того, что растворение синильной кислоты в конденсате прямо пропорционально давлению, т. е. при сжатии до 350 ат в 350 раз сильнее, чем при атмосферном давлении.

Таким образом, для устранения разрушающего действия синильной кислоты необходимо, в условиях работы аккумуляторов, уменьшить содержание влаги в газе в 350 раз.

Такая досушка газа возможна только при помощи фосфорного ангидрида или карбида кальция, т. е. достаточно сложным для данной установки способом.

Учитывая, что рабочее давление в баллонах автомашин 200 *ати*, необходимо считать, что для предохранения от разрушения автомобильных баллонов необходимо уменьшить содержание водяных паров в газе в 200 раз.

Из указанного положения становятся ясными причины тех затруднений, которые связаны с осушкой газа.

В настоящее время технически освоено несколько способов осушки коксового газа; главнейшие из них следующие:

1. Химический способ, заключающийся в поглощении паров воды хлористым кальцием или силикагелем.
2. Способ глубокого охлаждения, основанный на вымораживании водяных паров путем понижения температуры газа.
3. Механический способ, основанный на применении клапана высокого давления.

Химическая осушка

В качестве реагентов при химической осушке наибольшее распространение имеют хлористый кальций и силикагель.

Практически сухой хлористый кальций снижает содержание влаги в газе только до 2,5% насыщенного количества, т. е. такая осушка дает эффект только при сжатии газа до 40 *ат*.

По мере насыщения влагой хлористый кальций начнет образовывать гидрат, в результате чего будет поглощаться только 35% относительной влажности и, таким образом, эффективность осушения будет иметь значение только при сжатии газа до 3 *ат*. Таким образом практически осушка при помощи хлористого кальция будет давать ничтожный результат, создавая при этом дополнительные затруднения вследствие необходимости частой перезарядки поглотителя.

При помощи силикагеля можно уменьшить содержание влаги в газе в 6—10 раз, в связи с чем применение его эффективно при сжатии газа до 100 *ат*, или при установке фильтра с силикагелем за третьей ступенью компрессора для любого давления, требуемого по условиям технологии газонаполнительной станции.

Силикагель способен поглощать до 10% влаги (по отношению к своему весу, после чего он должен подвергнуться регенерации или замене. Преимуществом силикагеля как поглотителя является то, что он в процессе поглощения сохраняет свое твердое состояние, что дает возможность повторно его использовать после регенерации.

Таким образом, силикагель является наиболее подходящим химическим реагентом для осушки газа.

Фильтр с силикагелем наиболее целесообразно устанавливать за последней ступенью после полного сжатия газа в компрессоре.

Следует указать, что улавливание влаги одним силикагелем при большой производительности станции весьма затруднительно, так как для этой цели необходимо большое количество силикагеля или очень частая регенерация фильтра. При суточном, например, отпуске со станции 5000 *нм*³ газа и необходимости отбора из каждого кубического метра газа 10 г воды суточное количество влаги, которое должно быть удалено, составит 50 кг. Так как поглотительная способность силикагеля составляет, примерно, 10% по отношению к собственному его весу, необходимо для ежесуточного обмена 500 кг силикагеля.

Для промышленной станции такая установка должна состоять минимально из двух фильтров по 500 кг силикагеля в каждом.

Метод глубокого охлаждения

Осушка газа методом глубокого охлаждения осуществляется путем понижения его температуры при помощи специальной холодильной установки.

Понижение температуры газа может быть доведено до 0°. При более низких температурах влага будет превращаться в лед и усложнять работу установки.

В случае понижения температуры газа до нуля в нем будет еще сохраняться 4,9 г водяных паров в 1 *нм*³ газа.

Таким образом, этот способ осушки оказывается также недостаточно эффективным для предупреждения образования конденсата при высоких степенях сжатия, которые образуются при работе заправочных станций, и поэтому необходимо дополнительное улавливание влаги.

Метод дросселирования

Технически этот способ заключается в сжатии всего количества газа до предельно возможного давления, в частности, до 350 *ати*, и применения специального клапана противодействия с удалением конденсата, образовавшегося перед клапаном при сжатии газа.

Указанный метод осушки является наиболее надежным, но вместе с тем он связан с большим расходом электроэнергии, так как компрессор должен все время сжимать газ до предельного давления. При таком способе работы износ компрессора будет наибольшим вследствие его работы с предельной нагрузкой.

Учитывая высказанные положения об эффективности осушки при помощи сжатия, не следует рекомендовать на наполнительных станциях работу с промежуточными ступенями наполнения машин, при помощи разделения аккумуляторов, так как при такой работе удаление влаги из газа будет значительно хуже,

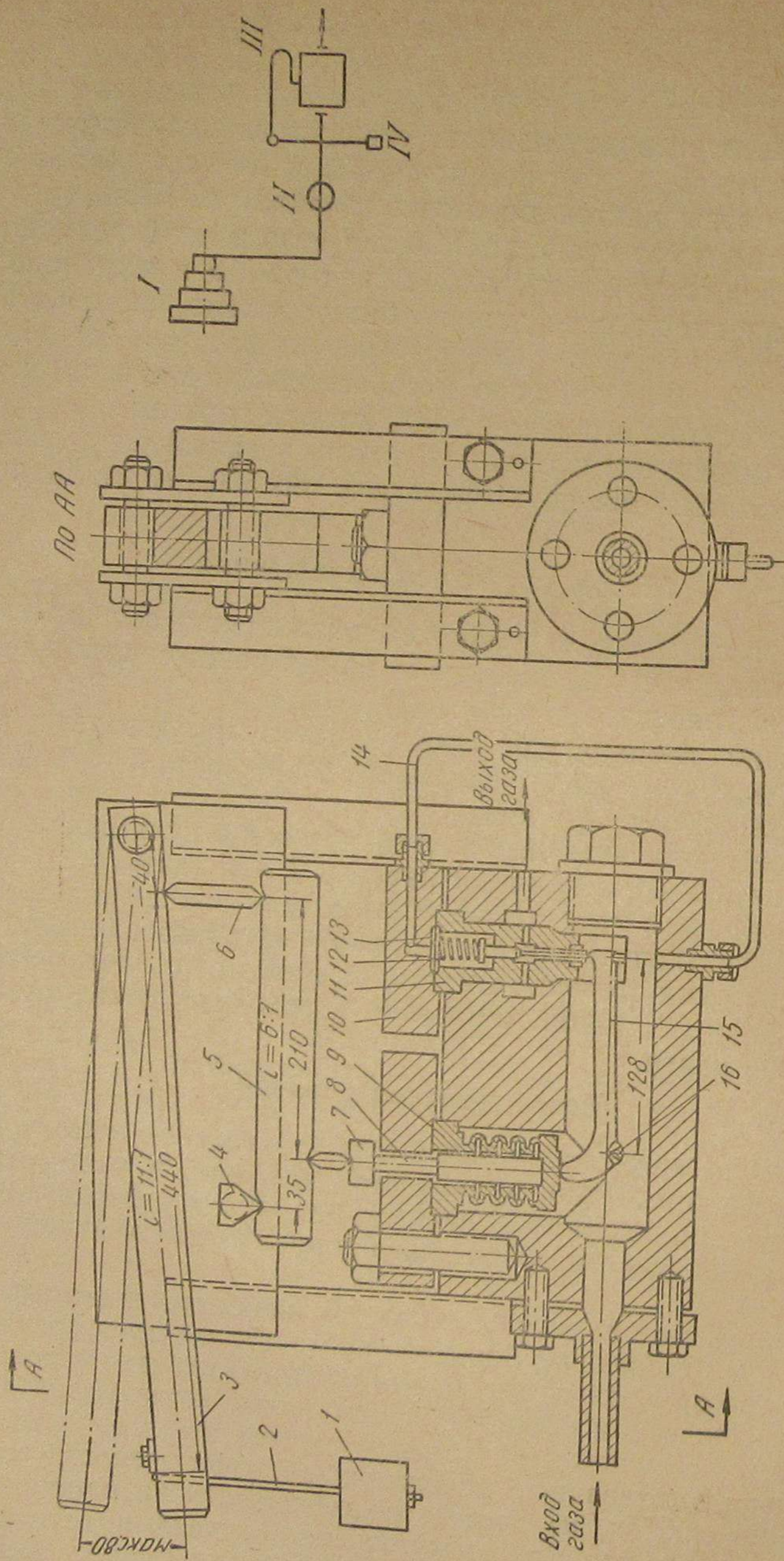


Рис. 4. Клапан противодействия и схема его включения:

1 — груз; 2 — мембрана; 3 и 5 — рычаги; 4 и 6 — пружины; 7 — спора призма; 8 — толкатель рычага; 9 — гофрированная металлическая трубка; 10 — крышка; 11 — втулка; 12 — пружина; 13 — золотник; 14 — соединительная трубка; 15 — рычаг клапана; 16 — корпус; I — компрессор; II — газоосушительное устройство; III — клапан противодействия; IV — груз.

чем при работе с полным давлением на общую аккумуляторную установку.

Для более полного удаления влаги рекомендуется после осушки газа путем сжатия, применить дополнительную химическую его осушку, например, при помощи силикагеля. Это позволит работать с меньшим количеством поглотителя и реже производить его регенерацию.

Клапан противодействия необходимо устанавливать на участке между последней ступенью компрессора и аккумуляторной батареей; кроме того, на участке между клапаном противодействия

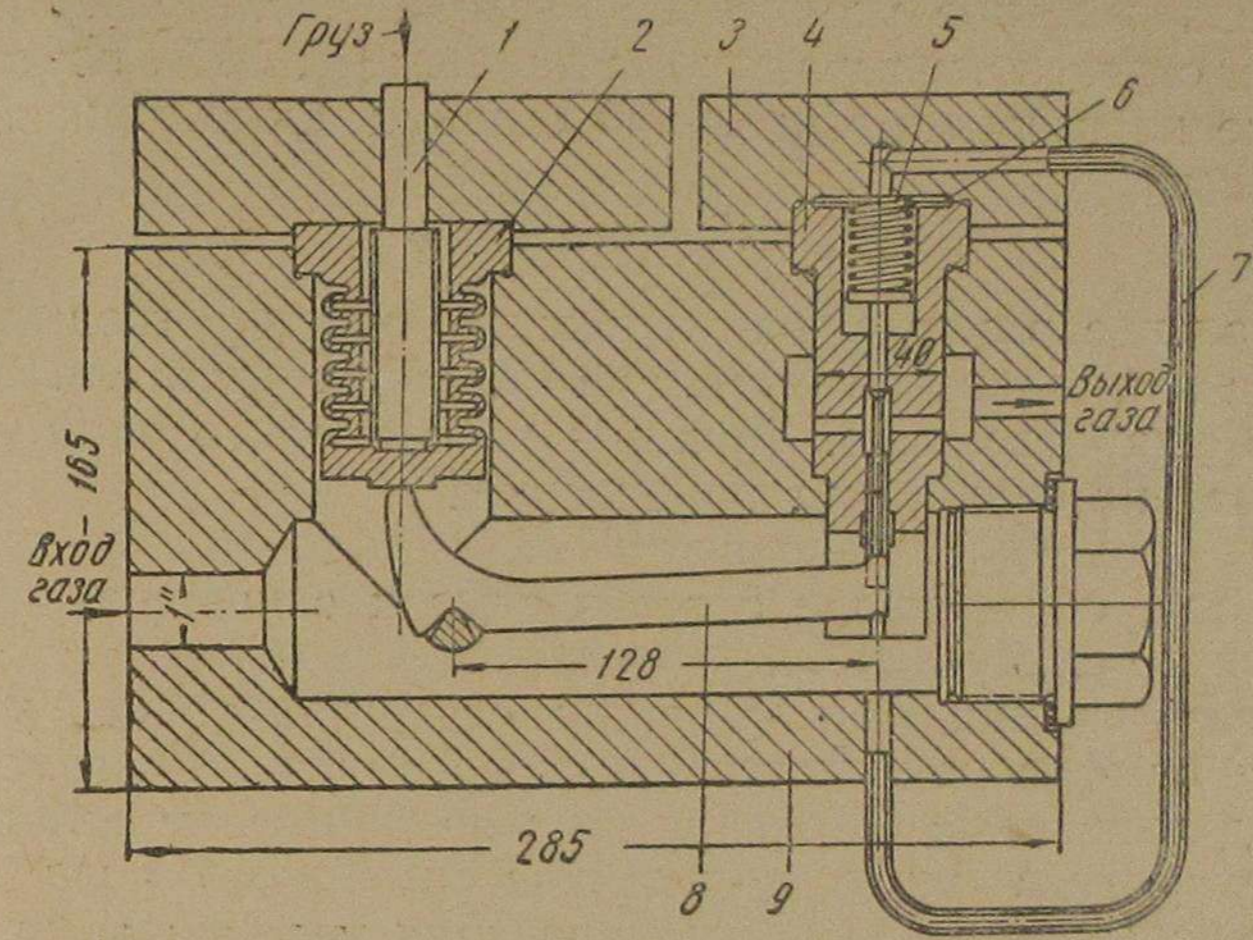


Рис. 5. Клапан противодействия:

1 — толкатель; 2 — гофрированная металлическая мембрана; 3 — крышка; 4 — втулка; 5 — пружина; 6 — золотник; 7 — соединительная трубка; 8 — рычаг; 9 — корпус.

ния и аккумулятора желательна установка фильтра с силикагелем.

На рис. 4 приведен общий вид клапана противодействия, а на рис. 5 — деталь корпуса с гофрированной мембраной, рычагом и перепускным золотником.

Работа клапана противодействия происходит следующим образом (см. рис. 5).

Газ поступает в камеру, имеющую гофрированную мембрану 2 и перепускной золотник 6. Мембрана и золотник связаны между собой рычагом 8. Груз через систему внешних рычагов действует на толкатель 1 мембраны, которая, в свою очередь, нажимает на короткий конец внутреннего рычага 8 и через длинный конец рычага на шток выходного золотника 6. Груз может быть подобран таким образом, что передвижение рычага 8 для открытия выпускного клапана будет происходить только при

условии, если давление на входе газа будет несколько выше 350 ат.

При этих условиях вся жидкость, которая может образоваться при давлении 350 ат, будет удаляться из газа до клапана противодействия и, таким образом, газ в аккумуляторы и автомашины будет поступать осушенным до необходимой степени.

Из приведенных рисунков видно, что клапан противодействия представляет собой кованую конструкцию, имеющую размеры, примерно, $500 \times 140 \times 400$ мм, выполнение которой вполне возможно ремонтными цехами металлургического завода.

Большим недостатком применения клапана противодействия является значительное увеличение расхода электроэнергии, достигающее, согласно литературным данным [3], 14%, поэтому его применение на газонаполнительной станции было признано нерациональным.

Ударный очиститель

Значительное влияние на улучшение очистки газа оказала разработка и применение в системе станции очистителя так называемого ударного типа. Принцип работы этого типа очистителя основан на следующих положениях.

1. Из опыта дросселирования газов, содержащих взвешенные вещества, обладающие способностью к слипанию, известно, что в процессе дросселирования происходит укрупнение находящихся в газе частиц. При создании соответствующих условий, зависящих от физико-химических свойств частиц, возможно в процессе дальнейшего движения газа за дросселем интенсивное выделение из газа укрупненных частиц. Такого рода эффект очистки используется при дросселировании увлажненного доменного газа и может быть использован для создания дешевой и весьма эффективной очистки коксового газа.

2. При сжатии коксового газа в каждой ступени компрессора в той или иной степени происходит образование вторичных смол, вызванное наличием в газе ряда примесей.

Согласно длительным наблюдениям над аппаратурой станции и автомашин установлено, что эти смолы образуют интенсивно слипающуюся массу. Для их улавливания возможно использовать эффект сжатия струи газа.

Ударный очиститель, работающий на наполнительной станции, приведен на рис. 6.

Очистка газа в очистителе происходит в следующем порядке: Газ после сжатия в соответствующей ступени компрессора поступает по трубке 1 внутрь камеры очистителя. Внутренняя трубка очистителя имеет на конце сопло 2, состоящее из конуса, переходящего затем в цилиндрическую часть. Цилиндрическая часть имеет длину порядка 8—10 мм и диаметр, в зависимости от места установки, 4—6 мм. В конусе и цилиндрической части сопла происходит сжатие струи газа. Диаметр входных трубок очистителя — 38 мм, диаметр выходных отверстий — 6 мм.

В процессе сжатия происходит слипание частиц вторичных смол, образовавшихся в газе, и частиц масел, попавших в газ в процессе смазки цилиндра.

Струя газа и содержащиеся в ней укрупненные частички при большой скорости, созданной сжатием струи, направляются на отражательную пластинку 3. При этом происходит выделение из газа частиц.

Укрупненные частицы веществ, находящиеся в газе более длительное время, сохраняют направление движения, ударяются об отражательную пластинку 3 и в значительном количестве оседают на ней.

Согласно длительным наблюдениям одновременно происходит интенсивное отделение твердой фазы частиц от жидкой, что можно установить по значительному количеству жидкости, которая удаляется путем продувки из нижней части корпуса очистителя.

Осаждение укрупненных частиц происходит как на отражательной пластинке в нижней части корпуса очистителя, так и в механическом фильтре 4, расположенном в верхней части корпуса, над соплом.

Механический фильтр состоит из сетчатого цилиндра, заполненного металлическими тонкостенными кольцами.

На пути между ударным очистителем и всасывающим клапаном последующей ступени компрессора, с целью более тонкого улавливания частиц, дополнительно устанавливается один или два обычных механических фильтра, также заполненных металлическими цилиндрами.

Применение ударного очистителя резко улучшило работу клапанов компрессора и в значительной степени уменьшило образование отложений по всему последующему пути газа, включая газовые редукторы автомашин.

Можно указать в качестве примера, что всасывающие клапаны компрессора до применения такого очистителя не могли работать без чистки больше 7—10 дней, после установки очистителя они начали работать без чистки в течение месяца и более.

Интересным является то обстоятельство, что при этом совершенно изменился характер отложений в механических фильтрах, установленных между ступенями сжатия и на клапанах.

До установки ударного очистителя все отложения носили характер вязкой смолы и трудно поддавались очистке, после

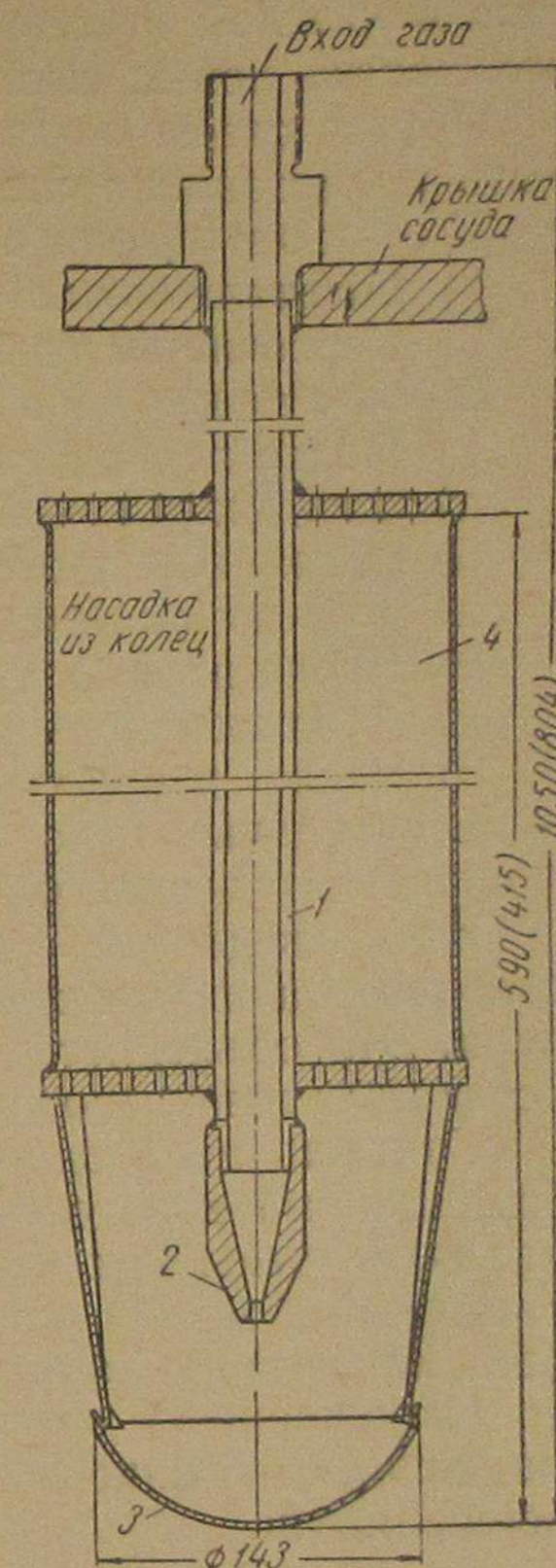


Рис. 6. Ударный очиститель:

1 — трубка; 2 — сопло; 3 — отражательная пластинка; 4 — механический фильтр.

применения очистителя отложения стали сухими, легко удаляемыми — типа обычных отложений пыли при работе компрессоров, сжимающих воздух.

Очистители ударного типа целесообразно устанавливать после каждой ступени сжатия, так как в процессе сжатия коксового газа в каждой ступени происходит образование в том или ином количестве новых смолистых веществ.

Общая схема очистки газа на описываемой установке может быть представлена следующей схемой:

До компрессора:

1) Нафталиноочистка.

2) Сероочистка (выключена).

В системе компрессора —

1) После первой ступени сжатия:

а) холодильник — улавливатель нафталина;

б) масло- и водоотделитель;

в) механический фильтр.

2) После второй, третьей и четвертой ступеней сжатия:

а) холодильник — улавливатель нафталина;

б) масло- и водоотделитель;

в) удельный очиститель;

г) механический фильтр.

Из приведенной схемы видно, что на установке не работает сероочистка и установка для осушки газа после четвертой ступени. Это объясняется тем, что содержание в поступающем на установку газа сероводорода и водяных паров невелико.

Считаем необходимым еще раз указать, что на громадном большинстве заводов для аналогичных установок должны быть предусмотрены как сероочистка, так и осушка газа, так как отсутствие их может привести к значительным осложнениям в работе как самой станции, так и автомашин.

Изложенные в настоящем разделе методы очистки газа, применявшиеся в описываемой установке, конечно, не являются совершенными.

За семилетний период времени, истекший со времени пуска установки, в вопросах очистки коксового газа сделано много нового, поэтому все изложенное здесь является описанием имеющегося опыта работы. При проектировании новых установок нужно стремиться, на основании накопленного опыта, применять новые, более совершенные, методы очистки газа.

ГЛАВА V

ОБЩЕКОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ УСТАНОВКИ

Установка расположена на площадке завода у главного въезда грузовых автомашин в завод.

Автоуправление завода и гараж автомашин расположены вне черты завода на расстоянии, примерно, 1,5 км от газонаполнительной станции.

Расположение станции было выбрано с таким расчетом, чтобы заправка автомашин могла проводиться при въезде на площадку завода.

Станция размещена вблизи от заводского забора с расчетом возможности снабжения газом городских автомашин без заезда их на площадку завода.

Установка по первоначальному проекту состояла из следующих трех самостоятельных зданий: нафталиноочистки, сероочистки и компрессорной станции с заправочными колонками.

Общая компоновка станции приведена на рис. 7 и 8.

Электродвигатели станции установлены в отдельном помещении и соединяются с компрессорами при помощи валов, пропущенных через сальниковые уплотнения, укрепленные в стене, разделяющей помещения электродвигателей и компрессоров.

Электрическая подстанция размещена в специальной пристройке, примыкающей к помещению электродвигателей. В одном здании с компрессорной размещены «раздаточная» и вспомогательные помещения станции.

В передней части машинного отделения у стен размещены фильтры компрессора.

Принятая компоновка станции предусматривает возможность применения на станции электродвигателей обычного типа, для чего они вынесены в специальное помещение.

Такая компоновка требует значительно большей площади для станции, чем это можно иметь при установке электродвигателей в общем помещении с компрессорами. Последнее, конечно, требует применения специальных типов электрооборудования.

На новых установках, по нашему мнению, необходимо ставить электродвигатели в общем помещении с компрессорами, что удешевит стоимость станции.

На рис. 8 приведен поперечный разрез, сделанный через помещение второй очереди станции.

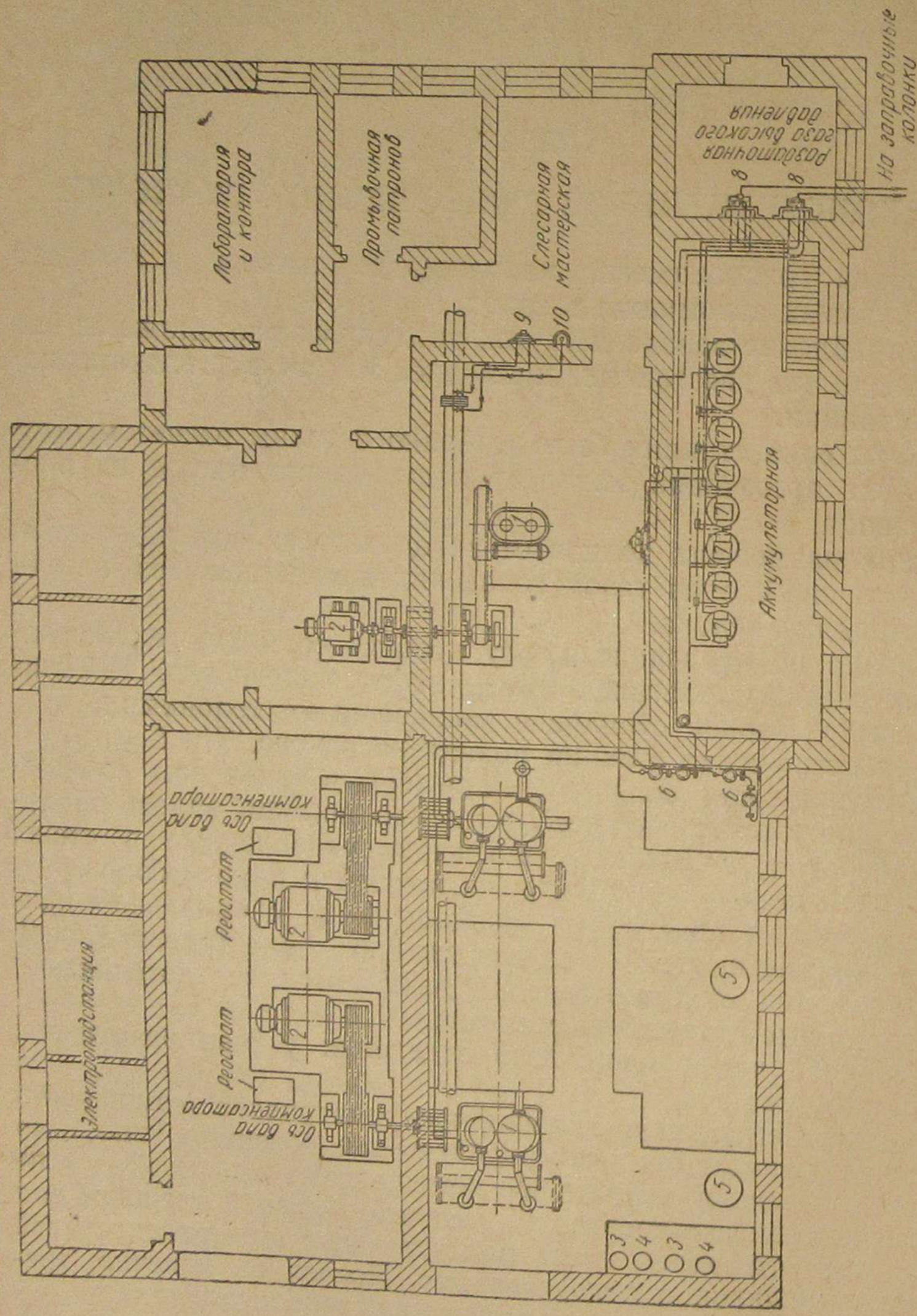


Рис. 7. План газонаполнительной станции:

1 — компрессоры; 2 — электродвигатели; 3 и 5 — механические фильтры; 4 — ударные очистители; 6 — фильтры четвертой ступени; 7 — аккумуляторные баллоны; 8 — аккумуляторные механизмы; 9 — расходомер газа; 10 — сигнализатор падения давления газа.

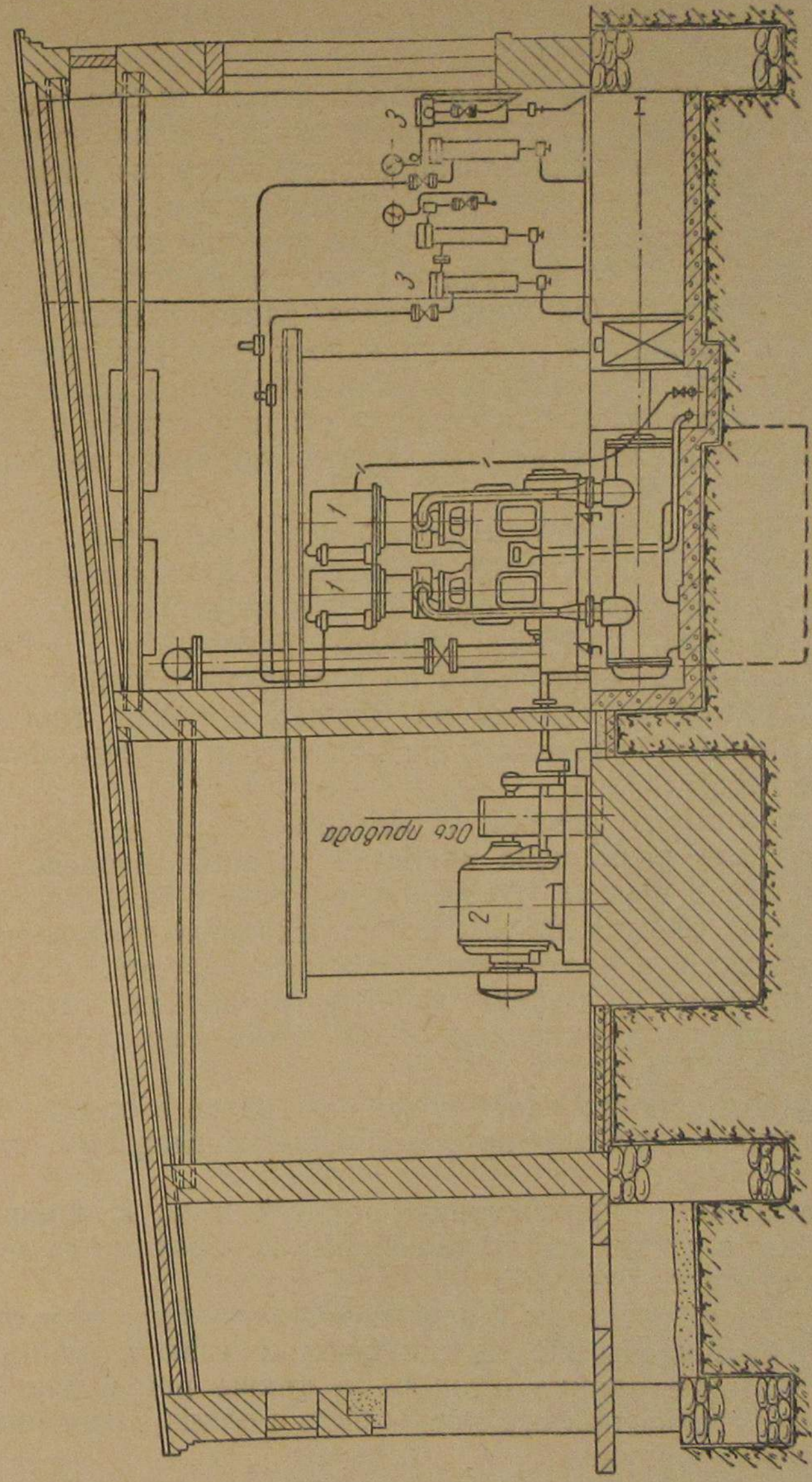


Рис. 8. Разрез газонаполнительной станции:

1 — компрессоры; 2 — электродвигатель; 3 — фильтры.

В дальнейшем было произведено некоторое расширение станции: новая аккумуляторная установка была смонтирована в отдельном помещении. Это было вызвано тем, что емкость первоначально установленных аккумуляторов оказалась недостаточной при достигнутом количестве заправляемых автомашин и принятом графике заправки.

Опыт работы установки показывает, что на выбор площадки станции в значительной степени может оказать влияние расстояние от станции до заводских газопроводов коксового газа.

Газонаполнительную станцию не следует размещать особенно близко к коксохимическому заводу, так как при таком расположении на станцию будет поступать более загрязненный газ.

Наиболее правильным будет такое расположение станции, при котором возможно ее присоединение к газопроводам коксового газа, идущего для городского или дальнего газоснабжения.

В этом случае газонаполнительная станция может быть значительно упрощена за счет уменьшения объема газоочистных сооружений.

Укажем на некоторые положения, которые, по нашему мнению, необходимо учитывать при проектировании таких установок.

В случае, если гараж автомашин расположен вне площадки завода, то станцию наиболее удобно размещать у главного въезда грузового автотранспорта на заводскую площадку.

При расположении гаража на площадке завода газонаполнительную станцию необходимо располагать в непосредственной близости от гаража.

При расположении гаража у главного въезда в завод станция должна быть размещена на петле главной заводской автодороги с таким расчетом, чтобы автомашины могли иметь свободный подъезд от станции как по направлению въезда автомашин в завод, так и в противоположном направлении.

Аккумуляторные установки желательно выносить в отдельные помещения, расположенные от помещения компрессоров на расстоянии 25—30 м.

Заправочные колонки необходимо размещать в отдельном помещении, непосредственно примыкающем к главному зданию станции.

Для установок, производящих отпуск газа в количестве свыше 5000 м³ в сутки, нафталиноочистку необходимо размещать в отдельно стоящем здании.

Все скрубберы, ресиверы и прочие достаточно крупные сосуды необходимо размещать вне здания очистки газа и машинного отделения. Главное здание станции, а также помещение сероочистки и нафталиноочистки должны быть с одинарными окнами, открывающимися наружу.

В основу проектирования и строительства газонаполнительных станций сжатого газа должны быть положены соответствующие «Правила Государственной газовой инспекции» [6].

В соответствии с этими «Правилами», газонаполнительные станции должны располагаться на линии наиболее насыщенного движения автомашин, например, у главного въезда в завод, в непосредственной близости от гаражей, на конечных пунктах движения автотранспорта.

При выборе месторасположения станции, согласно § 99 указанных «Правил», необходимо соблюдать определенные расстояния между станцией и другими сооружениями. Расстояние до основных цехов металлургического производства и жилых домов, согласно указанным «Правилам» должно быть не менее 100 м.

Расстояние до складов легко воспламеняющихся и горючих жидкостей должно выдерживаться согласно ОСТ-90039-39.

Расчет производительности газонаполнительной станции

Опыт работы описываемой установки показывает, что производительность газонаполнительной станции должна определяться на основании данных о возможном количестве прикрепленных к станции машин, графика заправки этих машин и характеристики устанавливаемых компрессоров.

Следует отметить, что в приводимых некоторыми авторами расчетах производительности станций не учитывается реально возможный график работы автомашин, что является неправильным.

Количество прикрепленных к станции автомашин, по нашим наблюдениям, может быть принято порядка 75% от общего количества автомашин, имеющих в данном заводе.

Количество автомашин внешних предприятий, обслуживание которых может предусматриваться при определении производительности станции, зависит исключительно от местных условий, и дать какую-либо даже предварительную ориентировку в этом вопросе весьма затруднительно.

Следует, конечно, в целях экономии бензина в данном районе и удешевления стоимости отпускаемого сжатого газа стремиться к максимально возможному переводу на газ большинства грузовых автомашин близлежащих предприятий.

При определении производительности станции первым фактором, принимаемым в расчет, является количество расходуемого газа за сутки, которое зависит от особенностей данного металлургического завода и характера работы автомашин.

В нашем случае среднесуточный пробег автомашины, работавшей в одну смену, составлял, примерно, 60 км. Расход газа такой машиной составлял в среднем за сутки работы, примерно, 70 нм³.

При расчете количества отпускаемого со станции газа следует учитывать то обстоятельство, что не все прикрепленные к станции автомашины бывают одновременно в работе; часть из

них может находиться в ремонте, часть автомашин не работает вследствие выходных дней шоферов и по другим причинам.

Согласно наблюдениям, из газобаллонных автомашин, работающих на коксовом газе, в работе находятся, примерно, 85% от списочного состава автомашин, прикрепленных к данной станции.

Вторым фактором, с которым приходится считаться при определении производительности станции, являются условия работы автомашин.

Прикрепленные к описываемой станции автомашины по условиям работы могли быть разбиты на следующие основные группы:

1. автомашины, работающие по круглосуточному графику. К этой группе относятся машины, круглосуточно дежурящие в цехах, занятые на перевозке кислорода, продуктовые и машины специального назначения.

Количество машин, которые можно было отнести к этой группе, в нашем случае составляет, примерно, 20%.

2. Машины, работающие систематически только в утреннюю смену, т. е. с 8 до 16 час.

К этой группе можно отнести машины, обслуживающие главные склады, кладовые цехов и текущие ремонты в цехах. Количество машин, входящих в эту группу, составляет, примерно, 60%.

3. К третьей группе необходимо отнести машины, работающие по специальным вызовам цехов, не имеющих прикрепленного автотранспорта, а также машины, выезжающие по случайным вызовам.

Количество машин этой категории составляет, примерно, 20%.

Количество работающих на площадке автомашин в некоторые периоды несколько увеличивалось, например, при капитальных ремонтах доменных печей, крупных ремонтах прокатных станов и в ряде других случаев.

Количество работающих автомашин резко увеличивалось также осенью, в период заготовки овощей.

При указанной характеристике работы распределение автомашин между отдельными сменами в обычные дни недели в среднем было следующее:

I смена с 0 до 8 час.	21%
II » с 8 до 16 час.	55%
III » с 16 до 24 час.	24%

В воскресные и праздничные дни распределение работы автомашин между сменами несколько изменялось:

I смена	34%
II »	39%
III »	27%

Общее количество автомашин, работающих на площадке завода в воскресные и праздничные дни, составляло, примерно, 53% по отношению к среднемесячному.

На рис. 9 приведен среднемесячный почасовой график подхода автомашин на заправку при среднесуточной заправке на станции 100 автомашин.

Наибольшее количество автомашин подходило на заправку между 8 и 9 часами.

В эти часы количество подходящих на заправку автомашин было в 4 раза больше среднечасового подхода за сутки.

Учитывая неизбежность в условиях металлургического завода неравномерного подхода автомашин на заправку, производительность компрессоров и емкость аккумуляторов необходимо рас-

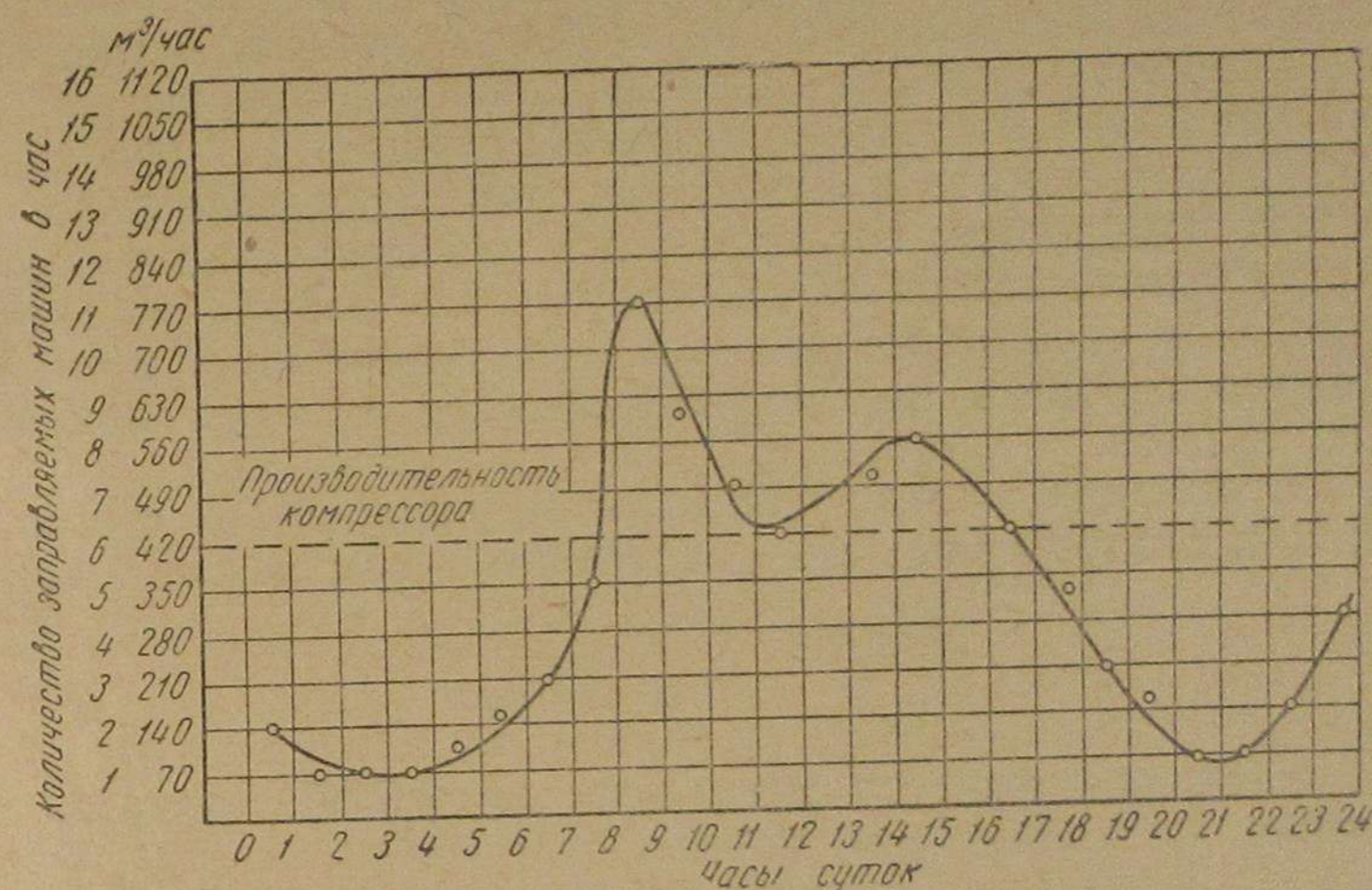


Рис. 9. График заправки автомашин.

считывать с учетом коэффициента неравномерности работы автотранспорта, характерного для данного завода.

В работе компрессоров на коксовом газе могут быть осложнения вследствие загрязнений, имеющих в коксовом газе. К таким наиболее часто встречающимся осложнениям необходимо отнести случаи забивания отложениями клапанов компрессора.

В связи с этим необходимо на станции предусматривать стопроцентный резерв по расчетной производительности компрессоров, так как нельзя допустить при налаженной работе автомашин на газе хотя бы временный переход их на работу на бензине или допустить какие-либо задержки в заправке автомашин, вызванные осложнениями в работе станции.

Явления указанного характера имели место в первые годы работы описываемой установки, когда, благодаря неудачной конструкции, малой мощности, недостаточного резерва по компрессорам, невозможно было наладить надежную и систематическую работу. В результате указанного в тот период у многих созда-

валясь мнение о невозможности вообще обеспечить нормальную работу таких установок.

Только после того, как были ликвидированы перерывы в снабжении машин газом, основой для чего послужило улучшение очистки газа, и были установлены в необходимом количестве надежные и мощные компрессоры, возможность работы автотранспорта на сжатом коксовом газе перестала вызывать сомнения и это мероприятие приобрело широкое практическое значение для завода.

При наличии в данном промышленном районе нескольких наполнительных станций в радиусе, примерно, 10—15 км, величина резерва по компрессорам может быть снижена, с учетом того, что в периоды ремонта одной из станций заправка автомашин может быть обеспечена на другой станции.

Производительность станции, имеющей один рабочий и один резервный компрессор, согласно опыту работы станции, необходимо определять, исходя из расчета 21 часа работы одного компрессора. Три часа в течение суток — по одному часу в смену — необходимо отводить на профилактические осмотры при сдаче и приемке смен.

В соответствии с этим, при условии заправки 100 автомашин в сутки, производительность работающего компрессора должна быть

$$\frac{70 \cdot 100}{21} = 334 \text{ нм}^3/\text{час.}$$

С учетом возможности уменьшения производительности компрессоров вследствие неплотности клапанов или разработки цилиндров, а также в летнее время — при повышении температуры газа, необходимая производительность компрессора для обеспечения 100 заправок автомашин в сутки должна быть принята порядка 300 нм³/час.

При наличии на станции только одного компрессора, без резервного, производительность станции необходимо принимать из расчета 16 час. работы.

Работа без резервного компрессора на станциях, сжимающих коксовый газ, по нашему мнению, может быть допущена только на период не более одного месяца.

ГЛАВА VI

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОНСТРУКЦИИ КОМПРЕССОРОВ

На основании опыта работы станции представляется возможным сделать некоторые выводы и установить требования, которые необходимо предъявлять к конструкции компрессоров, предназначенных для сжатия коксового газа на газонаполнительных станциях.

Первоначально на станции был установлен один четырехступенчатый вертикального типа компрессор 2РО-3/350 первого выпуска производительностью 180 нм³ газа в час, рассчитанный на давление газа при сжатии 350 ат.

Такой компрессор при работе на коксовом газе был в состоянии обеспечить заправку максимум $180 : 70 \cong 2,5$ автомашин в час.

При условии работы в течение 21 часа компрессор мог обеспечить согласно расчету заправку $\frac{180 \cdot 21}{70} = 54$ автомашины в сутки.

В пересчете на бензин производительность компрессора соответствовала

$$\frac{180 \cdot 21 \cdot 4000}{10000} = 1500 \text{ кг в сутки.}$$

С учетом поправки на неизбежное увеличение расхода топлива при переводе автомашин на сжатый коксовый газ количество «условного бензина», выдаваемого компрессором, составляло

$$1500 \cdot 0,80 = 1200 \text{ кг в сутки.}$$

При расчете производительности компрессора в течение 16 час. работы, что необходимо считать более правильным при одном компрессоре, суточную производительность станции по бензину необходимо считать равной, примерно, 1 т. Практически компрессор Сумского завода, даже в лучшие периоды своей работы, не мог обеспечить заправку более 35 автомашин в сутки. Это было следствием весьма частых остановок компрессора из-за конструктивных недостатков, а также непригодности компрессоров такой конструкции производить сжатие коксового газа, имеющего значительное количество примесей.

К основным недостаткам компрессора 2РО-3/350 нужно отнести:

- 1) неудачную конструкцию клапанов, в результате чего они весьма часто забивались (через 5—6 часов работы) отложениями и, вследствие чего приходилось прекращать заправку автомашин;
- 2) неудачную конструкцию сальников, поршневых штоков, систематически пропускавших газ в помещение станции;
- 3) быстрый износ колец и разработку цилиндров компрессора, особенно цилиндра четвертой ступени, и поломки колец на поршне этой ступени (цилиндр четвертой ступени в первый период изнашивался, примерно, через 1000 час. работы);
- 4) значительный расход смазки для цилиндров, в результате чего происходило дополнительное загрязнение газа.

Недостатками компрессоров 2РО-3/350 второго выпуска, кроме того, является накопление газа в картере вследствие неудачной конструкции сальников, уплотняющих поршневые штоки.

Кроме указанных конструктивных дефектов, компрессор имел при работе на коксовом газе принципиальный недостаток—малую производительность.

Вследствие относительно низкой теплотворности коксового газа необходимо применение для его сжатия компрессоров, имеющих большую производительность, что позволит устанавливать на станции меньшее количество оборудования, при этом сооружение станции значительно упрощается и удешевляется.

Компрессоры типа 2РО-3/350, как по своим конструктивным особенностям, так и по производительности, по видимому, пригодны для работы на высококалорийном естественном газе.

Вследствие малой производительности этих компрессоров, их конструктивных недостатков, а также непригодности для работы на коксовом газе и невозможности обеспечить надежную работу станции их пришлось демонтировать. Для работы станции решено было реконструировать компрессор завода «Борец» — типа ВГ-8, рассчитанный на производительность 37 $\text{нм}^3/\text{мин}$ и давление 7 ати , с тем, чтобы довести его производительность до 450 нм^3 в час и обеспечить конечное давление сжатия 350 ати .

Переделка компрессора «Борец» состояла в следующем. Нижняя часть компрессора — рама, коленчатый вал и станина были оставлены без изменения.

Были сконструированы и изготовлены: 1) блоки вертикально расположенных цилиндров для I—III и II—IV ступеней; 2) клапанные коробки I и II ступеней, представляющие собой переходные элементы от станины основного компрессора к новым цилиндрам; 3) поршневые группы со штоками для ступеней сжатия I—III и II—IV; 4) система промежуточных холодильников компрессора.

Переделана была система смазки компрессора. Для цилиндров установлена самостоятельная система смазки при помощи лубрикаторов высокого давления. Система смазки коленчатого вала осталась без изменения.

На рис. 10 и 11 приведен общий вид и на рис. 12, 13, 14, 15 и 16 некоторые детали компрессора, дающие возможность составить общее представление об этой машине.

Основные технические показатели компрессора следующие:

	Вертикальный
Тип	4
Число ступеней сжатия	350 ати
Конечное давление	4
Число цилиндров	250 мм
Ход поршня	365 »
Диаметр цилиндра первой ступени	195 »
» » второй ступени	85 »
» » третьей ступени	43 »
» » четвертой ступени	365 »
Число оборотов в минуту	150 мм вод. ст.
Давление газа перед компрессором	450 $\text{нм}^3/\text{час}$
Количество засасываемого газа	190 квт
Установленная мощность двигателя	10%
Запас мощности	
Геометрический объем всасывания по ходу поршня в первой ступени	530 $\text{м}^3/\text{час}$
Объемный коэффициент полезного действия	0,864
Поверхность холодильников первой ступени	25 м^2
» » второй ступени	5 м^2
» » третьей ступени	2,5 м^2
» » четвертой ступени	1,26 м^2
Общий вес компрессора с приводом	11000 кг
Общий вес используемой части	8000 кг

На фонарях компрессора ВГ-8 были установлены новые клапанные коробки первой и второй ступеней.

На клапанной коробке первой ступени установлены цилиндры первой и третьей ступеней и на клапанной коробке второй ступени цилиндры второй и четвертой ступеней с соответствующими вводами газа.

Новый компрессор по конструкции был выполнен таким образом, что сжатие газа в цилиндрах первой и второй ступеней происходит при движении поршня вниз, а сжатие в цилиндрах третьей и четвертой ступеней — при движении поршня вверх.

Просачивающийся из-под поршней первой и третьей ступеней газ из верхней части цилиндра первой ступени отводится с помощью специальных перепускных клапанов во всасывающую камеру первой ступени. Газ, просачивающийся из-под поршней второй и четвертой ступеней, перепускается во всасывающую камеру второй ступени.

Реконструированный компрессор имеет такие же габариты, как и компрессор ВГ-8.

Испытания компрессора показали, что расход электроэнергии составляет:

На сжатие газа до 350 ат	0,34 $\text{кв}/\text{м}^3$
С учетом перепуска газа и продувок	0,39 $\text{кв}/\text{м}^3$

Создание этих компрессоров имело решающее значение в переводе автомашин на коксовый газ.

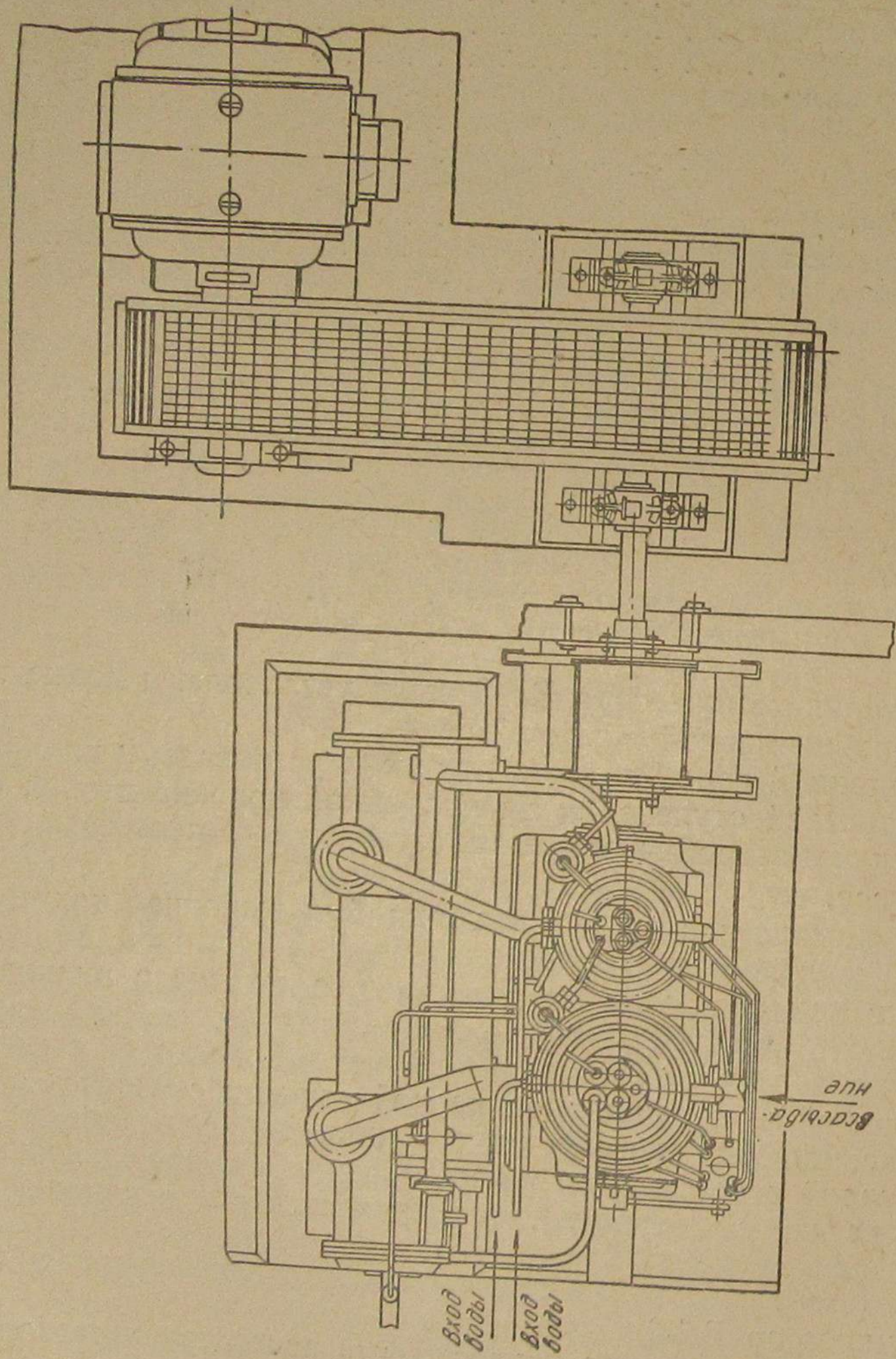


Рис. 10. Газовый компрессор (план).

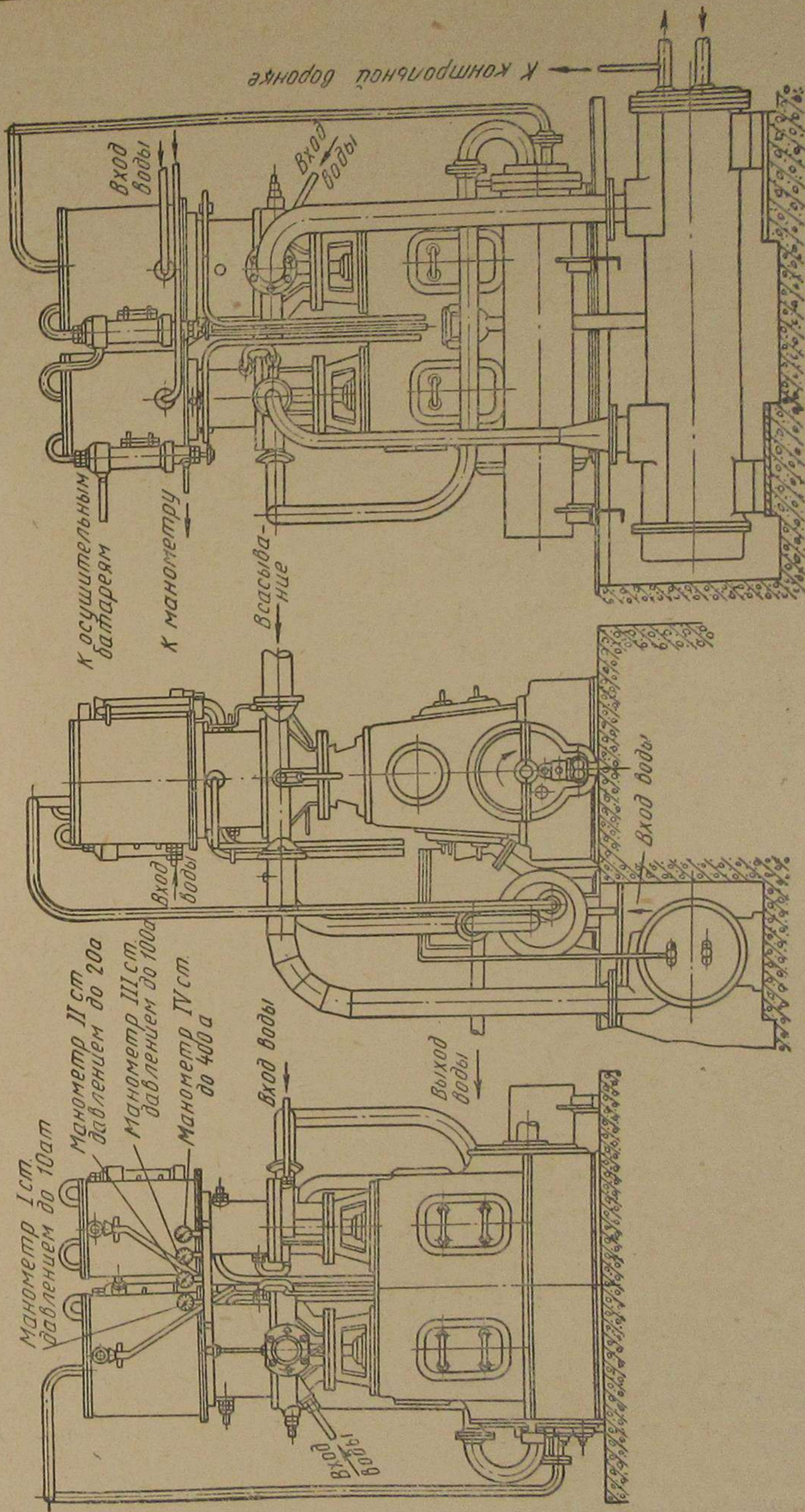


Рис. 11. Газовый компрессор (разрез).

В течение первых лет эксплуатации этих компрессоров были проведены некоторые усовершенствования в конструкции отдельных деталей: поршней четвертой ступени, клапанов и других. После этого компрессоры стали работать еще лучше, и пятилетний к настоящему времени период работы показывает, что созданная конструкция компрессора является вполне надежной для сжатия коксового газа.

Учитывая, что в некоторых установках, ввиду отсутствия компрессоров большой мощности, могут найти временное при-

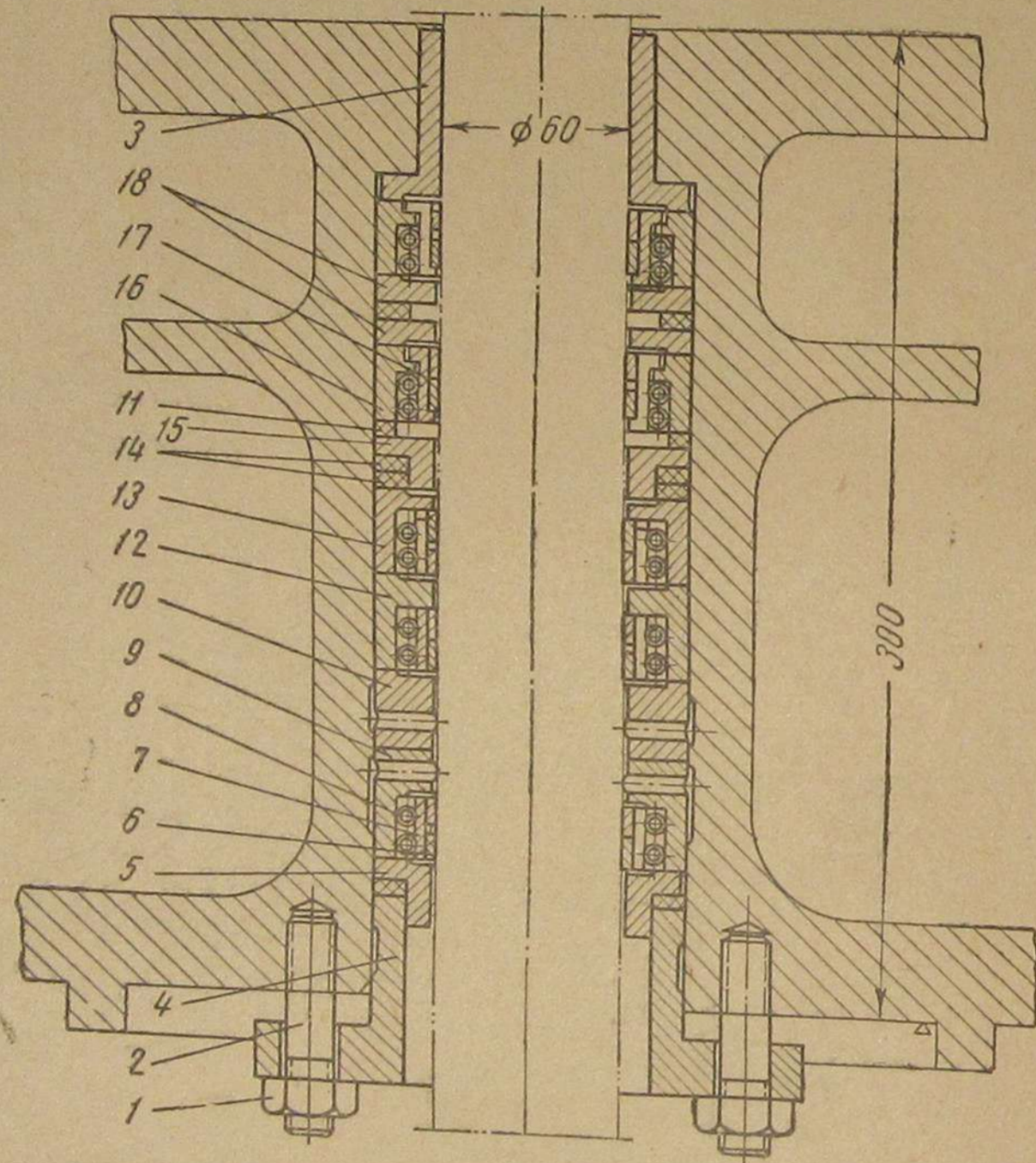


Рис. 12. Сальник штока:

1 — гайка; 2 — шпилька; 3 и 5 — втулки; 4 — грундбукса; 6 и 7 — кольца разрезные; 8 — пружина; 9 — обойма; 10, 11 и 12 — кольца; 13 и 16 — обоймы; 14 — кольцо; 15 — втулка; 17 — втулка из трех частей; 18 — кольцо.

менение компрессоры 2РО-3/350, приводим некоторые данные по этим компрессорам.

Марка	2РО-3/350
Производительность	3 нм ³ /мин
Давление всасывания	1 ати
Давление нагнетания	350 ати
Число оборотов вала	380 об/мин
Расположение цилиндров	380 об/мин
Числа ступеней сжатия	вертикальное
	4

Число блоков	2
Диаметры цилиндров I, II, III и IV ступеней	350, 180, 80, 40 мм
Ход поршня	150 мм
Расход охлаждающей воды	7,5 м ³ /час
Расход компрессорного масла	0,2 л/час
Расход смазочного масла	0,7 кг/сек.

Привод компрессора — от электродвигателя мощностью 65 кВт при помощи клиноременной передачи.

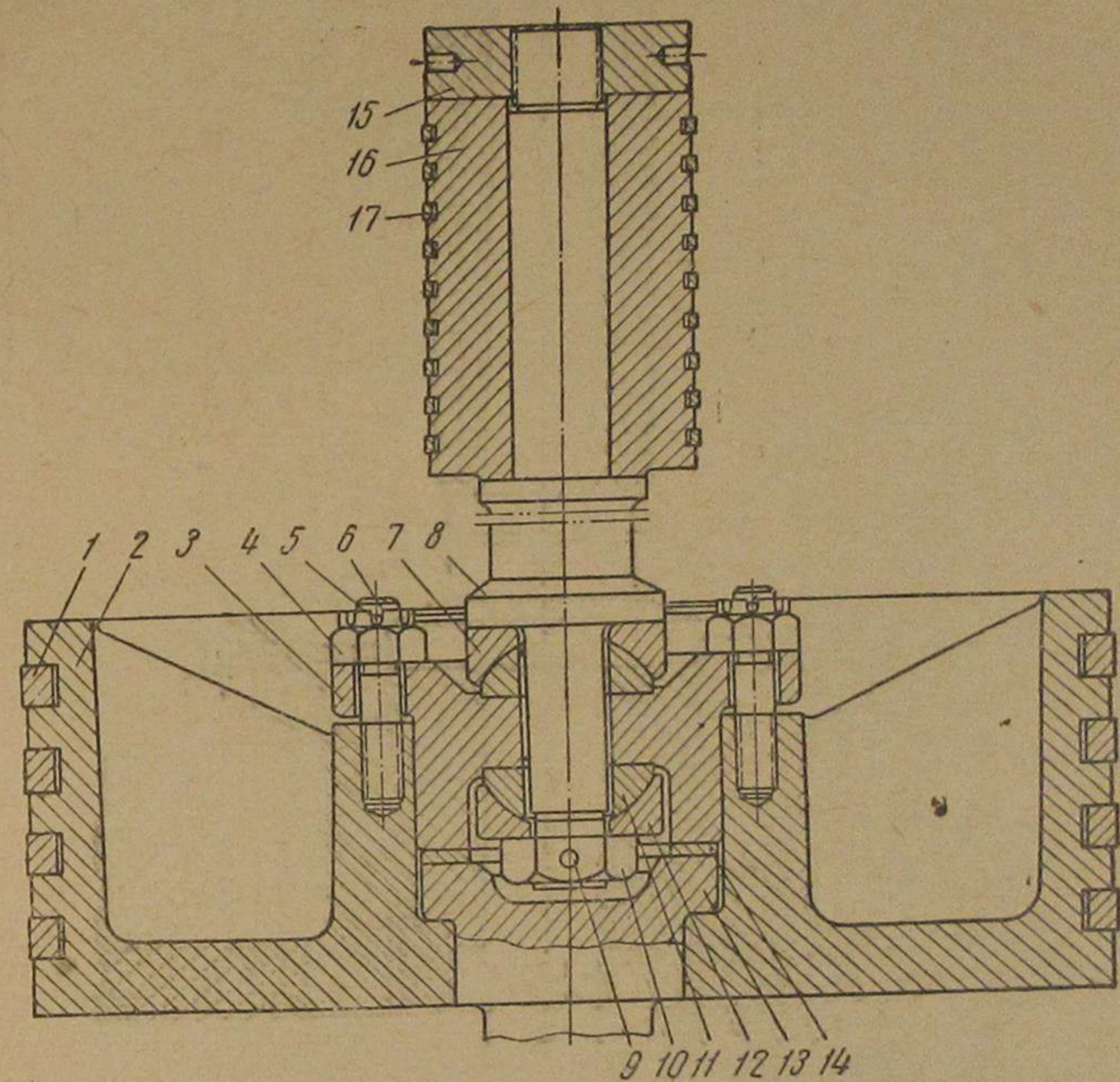


Рис. 13. Поршень первой и третьей ступеней:

1 — поршневое кольцо первой ступени; 2 — поршень первой ступени; 3 — букса; 4 — гайка; 5 — проволока; 6 — шпилька; 7 — седловина; 8 — шток третьей ступени; 9 — шплинт; 10 — гайка; 11 — сферическая шайба; 12 — седловина; 13 — шток I ступени; 14 — прокладка; 15 — гайка; 16 — поршень; 17 — поршневое кольцо.

Расчетная температура входящей воды принята плюс 27°, температура отходящей воды плюс 34°.

Компрессор имеет систему продувочных трубопроводов, предусматривающих возможность продувки холодильников и маслоотделителей. В собранном виде компрессор весит 3400 кг.

Распределение давления между ступенями сжатия компрессора следующее:

I ступень	до 4,3 ати;
II ступень	до 187 ати;
III ступень	до 80 ати;
IV ступень	до 350 ати.

Как показала практика работы на станции компрессоров марки 2РО-3/350 первых выпусков, они вследствие непригодности для работы на загрязненном газе не могут быть ре-

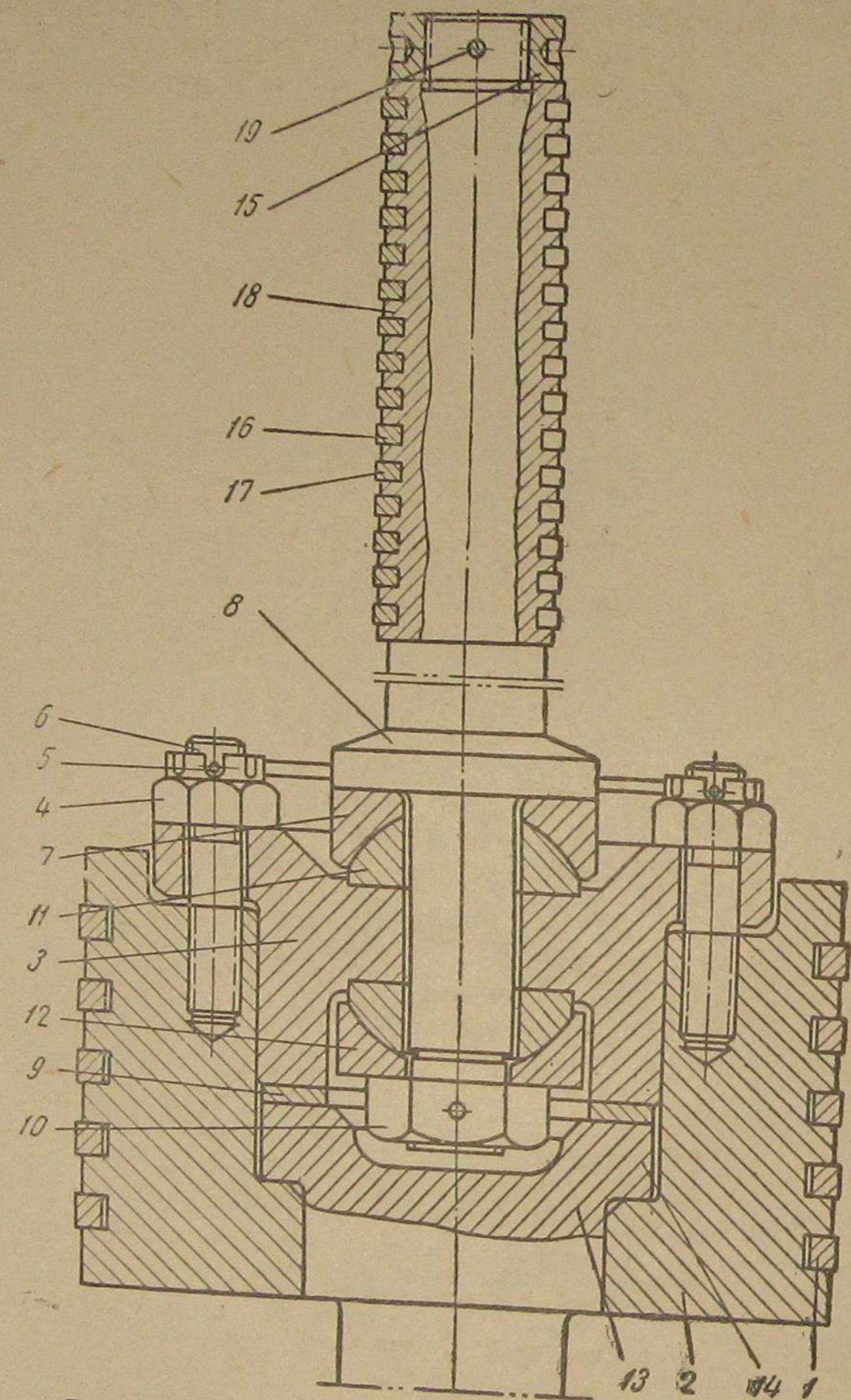


Рис. 14. Поршень второй и четвертой ступеней:
1 — поршневое кольцо второй ступени; 2 — поршень второй ступени; 3 — бусса; 4 — гайка; 5 — проволока; 6 — шпилька; 7 — седловина; 8 — шток четвертой ступени; 9 — шплинт; 10 — гайка; 11 — сферическая шайба; 12 — седловина; 13 — шток второй ступени; 14 — прокладка; 15 — гайка; 16 — поршневое кольцо четвертой ступени; 17 и 18 — кольца; 19 — штифт.

комендованы для работы на коксовом газе без значительных изменений.

В целях применения этих компрессоров для сжатия коксового газа необходимо изменить в них систему сальниковых уплотне-

ний у штоков с тем, чтобы была исключена возможность проникновения газа из цилиндров в картер, а также увеличить проходные сечения клапанов.

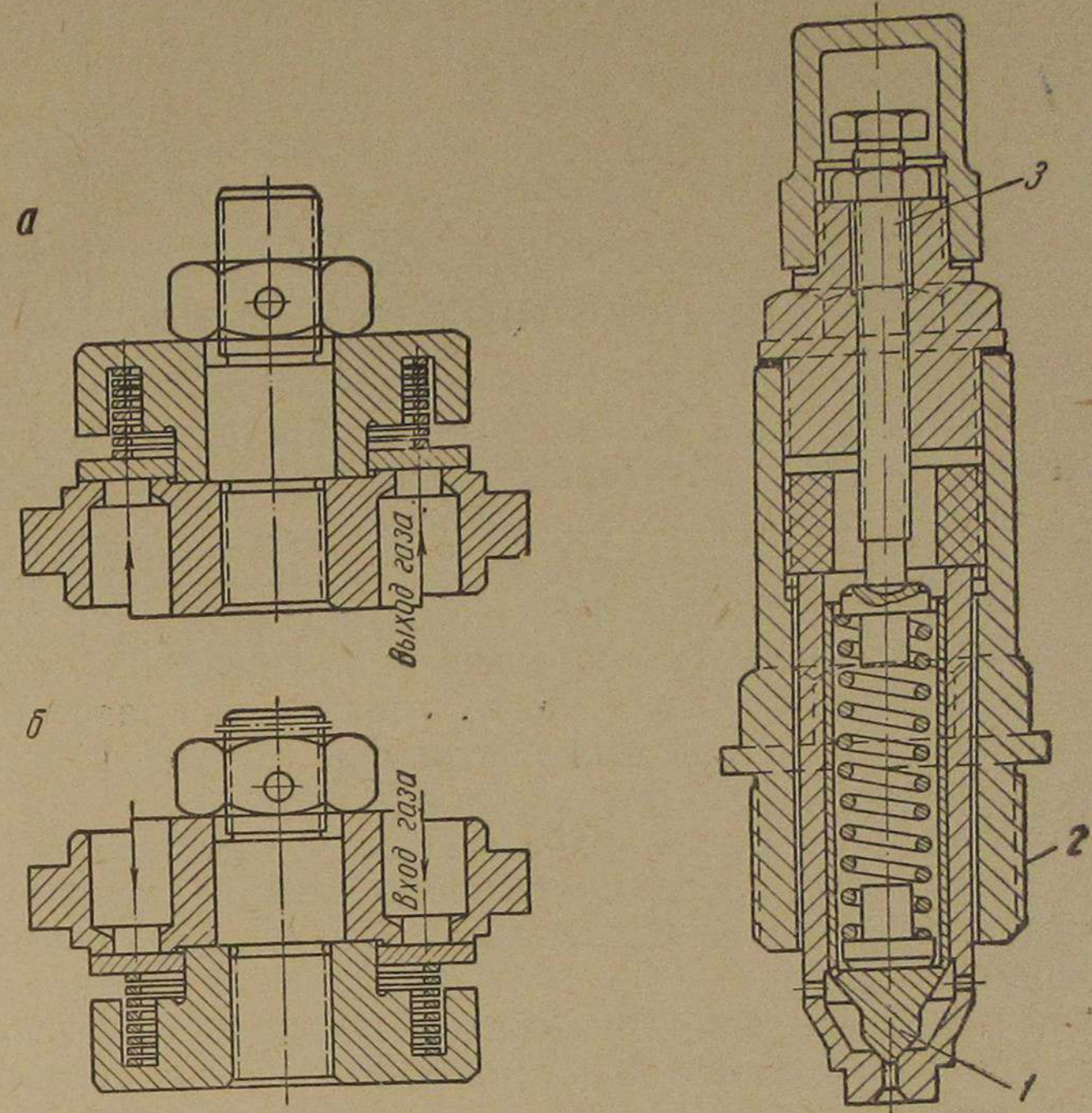


Рис. 15. Нагнетательный (а) и всасывающий (б) клапаны четвертой ступени.

Рис. 16. Предохранительный клапан четвертой ступени:

1 — тело клапана; 2 — поверхность крепления к цилиндру; 3 — винт регулирования давления газа.

Кроме того, необходимо предусмотреть возможность пропарки холодильников и внести ряд других более мелких усовершенствований в конструкцию этого компрессора.

ГЛАВА VII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРОВ И СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ НА ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Технология работы автотранспорта на сжатом газе вызывает необходимость иметь на газонаполнительной станции значительное количество сосудов, работающих под давлением, достигающим после IV ступени компрессора 350 ат.

Условия работы таких сосудов для станций, сжимающих коксовый газ, усложняются еще тем обстоятельством, что в коксовом газе имеются примеси, которые, при известных условиях, могут, как уже указано было ранее, оказывать разрушающее действие на металл, из которого сделаны сосуды и болтовые соединения, крепящие фланцы и головки сосудов.

Таким образом к сосудам, работающим под давлением коксового газа, необходимо предъявлять особо жесткие условия контроля как при приемке их после изготовления, так и в период эксплуатации.

Условия проектирования, изготовления, приемки и эксплуатации сосудов под давлением подробно изложены в «Справочнике по котлонадзору» [7].

Все сосуды, устанавливаемые после первой ступени компрессора, подлежат контролю Инспекции котлонадзора, так как они работают при давлении выше одной атмосферы.

В системе наполнительной станции к таким сосудам относятся: 1) аккумуляторные баллоны, 2) водоотделители, 3) маслоотделители, 4) механические и химические фильтры, 5) ресиверы для газа, 6) компенсирующие бачки измерительной аппаратуры, 7) некоторые более мелкие сосуды.

При изготовлении на каждом баллоне должны быть выбиты соответствующие данные, на каждый сосуд должна быть заведена отдельная «шнуровая» книга, имеющая соответствующие графы [7].

В эту книгу должны быть записаны разрешение Инспекции котлонадзора на включение в работу данного сосуда с указанием допустимого срока работы, а также все результаты периодических освидетельствований, произведенных Инспекцией.

Регистрация сосудов под давлением должна быть произведена в Инспекции котлонадзора до пуска сосуда в работу.

При регистрации баллонов необходимо соблюдение условий, изложенных в главе 25 § 1 «Справочника по котлонадзору» [7].

На станциях, сжимающих газ до 350 ат, все сосуды, включаемые после IV ступени, работают с давлением выше охватываемого нормами Инспекции котлонадзора, поэтому для таких сосудов должны предусматриваться особые условия на изготовление и приемку, утверждаемую в каждом отдельном случае Областной Инспекцией котлонадзора. К сосудам этой группы относятся — водоотделители, маслоотделители, сосуды химических и механических очистителей и аккумуляторы, работающие после IV ступени сжатия компрессора.

Рассмотрим более подробно, в качестве примера, условия работы и требования, предъявляемые к аккумуляторам, работающим на коксовом газе.

Аккумуляторные баллоны

На газонаполнительной станции при монтаже были установлены аккумуляторные баллоны (см. рис. 17) емкостью по воде 0,8 м³ и в дальнейшем емкостью 0,4 м³.

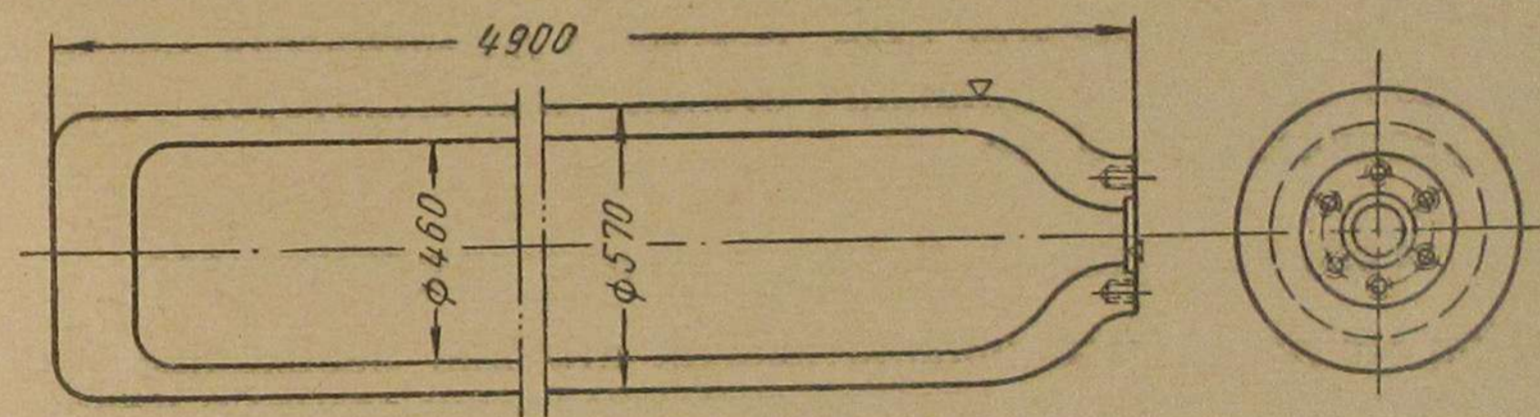


Рис. 17. Аккумуляторный баллон емкостью 800 л.

Аккумуляторы, установленные на станции, работают с резко переменной нагрузкой, поэтому расчеты, конструирование и контроль за изготовлением и работой аккумуляторов должны быть весьма тщательными.

При этом следует также учитывать то обстоятельство, что при некоторых условиях металл, из которого изготовляют аккумуляторы, может подвергаться коррозии.

Исходя из указанных особенностей работы, аккумуляторы по условиям расчета и изготовления должны быть отнесены к сосудам первого класса.

Пробное давление при гидравлическом испытании для таких аккумуляторов принимается 525 ат.

Для изготовления аккумуляторов, установленных на станции, была применена марганцово-молибденовая сталь со следующей характеристикой после термообработки:

а) временное сопротивление разрыву	100 кг/мм ²
б) предел текучести	75 кг/мм ²
в) относительное удлинение на 10-кратных образцах	> 12%

Аккумуляторы, рассчитанные на указанное давление, были изготовлены цельноковаными и прошли специальную термическую обработку.

Расчет аккумуляторов можно производить либо по «Справочнику по котлонадзору» [7], либо по «Справочнику конструктора химического машиностроения» выпуск II.

На основании требований Инспекции котлонадзора, к сосудам I-го класса при расчете аккумуляторов необходимо принимать четырехкратный запас прочности к временному сопротивлению разрыва.

В случае изготовления аккумуляторов из марганцово-молибденовой стали и принятия при расчете указанного запаса прочности, допускаемое напряжение при расчетах должно быть принято

$$\sigma = 2500 \text{ кг/см}^2.$$

Определенная при указанных условиях толщина стенки аккумулятора должна быть увеличена с учетом возможной коррозии металла. Обычно при расчетах аккумуляторов толщину стенки увеличивают на 1 мм. По нашему мнению, для аккумуляторов, работающих на коксовом газе, учитывая возможность более интенсивной коррозии, толщина стенок аккумуляторов должна быть увеличена на 3 мм.

Условия приемки и эксплуатации аккумуляторов

При монтаже газонаполнительной станции необходимо устанавливать жесткий контроль за приемкой всех сосудов, работающих под давлением, и особенно тщательно относиться к приемке сосудов и, в частности, аккумуляторов, работающих после четвертой ступени сжатия компрессора.

Условия приемки аккумуляторов в краткой форме могут быть изложены в следующем виде:

1. Аккумуляторы должны быть изготовлены в строгом соответствии с чертежом.

2. Корпус аккумулятора должен быть цельнокованным, из стали марки, указанной на чертеже.

3. Аккумулятор должен поставляться заводом-изготовителем в полностью собранном виде.

4. Наружная поверхность аккумулятора в соответствии с требованиями Инспекции котлонадзора должна быть окрашена масляной эмалевой или нитрокраской в красный цвет. На каждом баллоне должно быть написано белой краской название газа «Коксовый газ».

5. Аккумуляторы должны быть в упаковке, предохраняющей баллоны от возможности механических повреждений при погрузке, перевозке и разгрузке.

6. Все отверстия должны быть смазаны и закрыты пробками.

7. Любое отступление от проекта и конструктивные измене-

ния завод-изготовитель может производить только с письменного разрешения заказчика.

На каждый аккумулятор и сосуд под давлением завод-изготовитель должен представить следующую документацию:

1) заводскую накладную с указанием названия изделия, номера заказа, номера сосуда и его веса;

2) копии сертификатов на металл, из которого изготовлен аккумулятор, или копии анализов и испытаний металла;

3) копию акта гидравлического испытания;

4) копии актов лабораторных испытаний;

5) копии актов о приемке и сдаче Инспекции котлонадзора аккумулятора на заводе-изготовителе;

6) технический паспорт аккумулятора.

При приемке аккумуляторов на станции необходимо проверить нет ли на поверхности аккумуляторов выбоин, трещин, раковин или каких-либо других дефектов. О наличии таких дефектов, если они не записаны в паспорт аккумуляторов, должно быть до начала монтажа сообщено заводу-изготовителю и Инспекции Котлонадзора.

Монтаж аккумуляторов может быть начат только после письменного подтверждения указанных организаций о возможности включения аккумуляторов при наличии обнаруженных дефектов.

При приемке баллонов необходимо также проверить резьбу под шпильками головок. Резьба во всех отверстиях должна быть одинаковой глубины, полного профиля и не иметь поврежденных ниток.

При осмотре аккумуляторов необходимо особенно тщательно проверить горловины баллонов в месте перехода с одного диаметра на другой, где довольно часто встречаются пленки и складки, образовавшиеся при обжатии горловины. Если такие складки обнаружены не при приемке баллонов перед монтажом, а позже, то трудно бывает установить их причину, в связи с чем осложняется решение вопроса о возможности дальнейшего использования баллонов.

В отношении конструкции аккумуляторов, предназначенных для работы на коксовом газе, необходимо сделать следующие замечания:

1. Для продувки аккумуляторов на установке, согласно обычно принятым конструкциям, были установлены трубки, опускающиеся до низа сосуда. При выводе трубки через аккумуляторную головку на последней устанавливался специальный вентиль высокого давления.

Как показал опыт, такая конструкция оказалась непригодной для продувки отложений, образовавшихся из коксового газа, так как эти отложения носят характер смол, образующих в нижней части баллонов и трубок вязкую массу, не удаляемую при продувке. Кроме того, наблюдаются случаи довольно быстрого разъедания той части трубок, которая погружена в массу отложе-

ний, вследствие чего прекращается возможность продувки баллонов.

Согласно наблюдениям в течение многих лет отложения из аккумуляторных баллонов при работе на коксовом газе могут быть удалены только путем пропарки и последующей выкачки этих отложений насосом или выпуском отложений после пропарки у двухгорловых баллонов через нижние горловины, а у одногорловых баллонов — через специальные продувочные краны, устанавливаемые в нижней их части.

Опыт показывает, что при работе на коксовом газе от продувки через верхнюю головку при помощи опущенной в баллон трубки следует отказаться.

Для работы на коксовом газе, по нашему мнению, в двухгорловых баллонах необходимо устройство штуцера в верхней головке для присоединения паропровода; в одногорловых баллонах необходимо предусмотреть в нижней части специальное отверстие диаметром не менее $1\frac{1}{2}$ —2 дм., предназначенное для выпуска через него отложений после пропарки.

При приемке на заводе-изготовителе и периодическом испытании Инспекцией котлонадзора аккумуляторных баллонов и других сосудов, работающих после IV ступени компрессора, обычно производится гидравлическое испытание их на давление 525 ати. Не следует производить в эксплуатационных условиях гидравлические испытания аккумуляторных баллонов на 525 ати без специального требования Инспекции котлонадзора, так как такие испытания вызывают значительные напряжения в металле аккумуляторов и шпилек и при частом их повторении могут произойти деформации, что приведет в негодность баллоны.

Все промежуточные и наладочные испытания необходимо производить на рабочем давлении и только после устранения всех неплотностей при рабочем давлении производить, если это обязательно нужно, испытание на полное контрольное давление.

Укажем еще на одно, практикой установленное, положение: при работе на коксовом газе не следует ставить вентили для отсоединения каждого аккумуляторного баллона, так как такие вентили, вследствие несовершенства их конструкции и наличия примесей в газе, быстро перестают работать.

Отсоединение аккумуляторных баллонов при работе на коксовом газе достаточно производить по группам, состоящим из четырех баллонов, с установкой вентилей на секционированных участках газопроводов высокого давления. Выключение продувочных магистралей необходимо производить по такой же схеме.

На каждом аккумуляторе в верхней головке обязательно должен быть установлен предохранительный клапан, выполненный в виде калиброванной пластинки, разрывающейся при достижении в аккумуляторах давления выше 355 ати.

Расчет таких пластинок производится по общеизвестному способу расчета предохранительных пластин, перекрывающих от-

верстия определенного диаметра при наличии заданного разрывающего давления.

Рекомендуется производить контрольную проверку отдельных пластинок из изготовленной партии при помощи гидравлического пресса.

Следует обращать внимание на то, чтобы материал таких пластинок строго соответствовал принятым при расчете данным.

Для удаления из аккумуляторов отложений путем пропарки в помещении аккумуляторов необходимо иметь паропровод, рассчитанный на давление пара 2 ати и дренажную систему для удаления отложений.

В тех случаях, когда аккумуляторные баллоны не имеют в нижней части отверстий для выпуска отложений, необходимо иметь небольшой насос (1—2 дм.), приспособленный для выкачки отложений через горловину аккумулятора.

К наиболее ответственным сосудам, находящимся в системе газонаполнительной станции, необходимо отнести фильтры и осушительные баллоны, устанавливаемые между четвертой ступенью сжатия компрессора и аккумуляторной установкой.

В первый период работы описываемой установки такие сосуды на станции применялись как осушители для газа и в разные периоды заполнялись силикагелем, хлористым кальцием или активированным углем.

В последнее время в этих сосудах были установлены ударные очистители.

На рис. 18 приведен общий вид такого сосуда.

Эти сосуды изготовлялись путем выточки из целого куска металла.

Так как условия работы их одинаковы с условиями работы аккумуляторов, то все указанные выше технические условия по изготовлению и приемке аккумуляторных баллонов должны быть применены и ко всем сосудам, располагаемым после четвертой ступени сжатия — фильтрам, водоотделителям и маслоотделителям.

Важной деталью, обеспечивающей надежную работу сосудов, работающих после четвертой ступени сжатия, являются прокладки, применяемые для уплотнения между головкой и сосудом

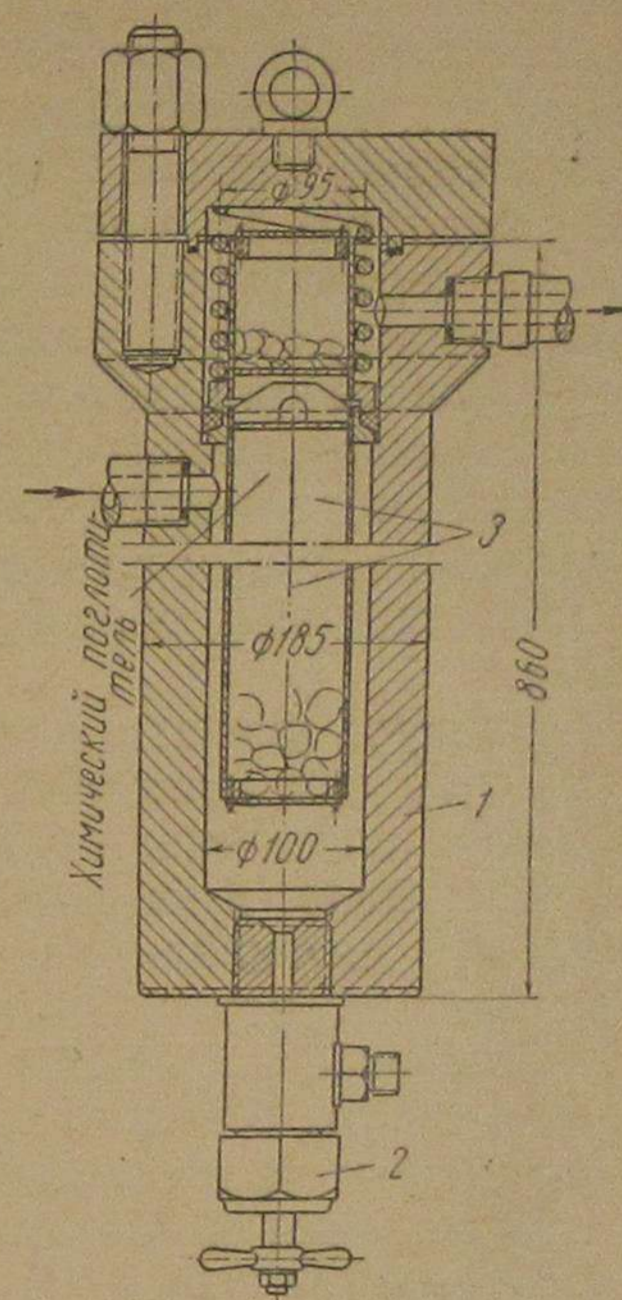


Рис. 18. Баллон высокого давления:

1 — корпус; 2 — вентиль для сброса конденсата; 3 — химический поглотитель. Стрелками показан вход и выход газа.

и между фланцами на присоединенных к сосудам трубопроводах.

На станции прокладки между головками и корпусом аккумулятора изготовляли из алюминиевых листов толщиной 5—6 мм. Такие же прокладки применяли и на всех фланцевых соединениях высокого давления.

Многолетний опыт работы показал, что эти прокладки надежны в работе.

За семь лет работы сосудов под давлением на станции в процессе эксплуатации был следующий случай. После 5 лет работы Инспекцией котлонадзора был произведен осмотр аккумуляторных баллонов, во время которого с внутренней стороны горловины на переходе от большей цилиндрической части к меньшей были обнаружены дефекты в виде трещин.

В оценке происхождения этих дефектов возникли разногласия: по одному предположению эти дефекты представляли собой складки, образовавшиеся при обжати горловины во время изготовления сосудов; по другим предположениям эти дефекты являлись трещинами, образовавшимися в процессе эксплуатации установки.

Следует указать, что никаких записей о наличии указанных дефектов аккумуляторных баллонов при изготовлении в технической документации обнаружено не было. Указанное положение и послужило в значительной степени основанием считать эти дефекты не складками, образовавшимися при изготовлении, а трещинами, возникшими во время эксплуатации, несмотря на утверждение металлографической лаборатории о том, что указанные дефекты есть результаты изготовления баллонов и опасности для работы не представляют.

Инспекция котлонадзора признала необходимым до повторного осмотра через год разрешить работу аккумуляторных баллонов на давлении 300 ат.

Необходимая емкость аккумуляторной установки

Как уже было указано, для покрытия разницы в часы пик между производительностью компрессоров станции и необходимой выдачей газа автомобилям на заправочных станциях устанавливаются аккумуляторы высокого давления. В таких аккумуляторах накапливается сжатый газ в часы, когда производительность компрессоров превышает отпуск газа автомобилям, и из них выдается газ, когда производительность компрессоров не обеспечивает необходимого количества газа для заправки автомашин.

Правильный выбор емкости аккумуляторов позволяет в значительной степени выравнять график работы компрессорной установки станции, обеспечить бесперебойное снабжение автомашин газом даже при весьма значительной неравномерности их подхода на заправку, а также позволяет увеличить количество прикрепленных к станции автомашин.

Опыт работы станции дает возможность внести некоторые уточнения в выбор необходимой емкости аккумуляторной установки для станции, работающей на коксовом газе.

На станции были установлены 8 аккумуляторов емкостью по воде 0,8 м³ каждый. Таким образом общая емкость аккумуляторов по воде составляла 6,4 м³, и запас газа в них при полном давлении (350 ат) составлял, примерно, 2000 нм³.

При определении полезного объема газа в аккумуляторах необходимо учитывать следующее:

1. Давление газа в баллонах автомашин после заправки должно быть 200 ат. Так как газ в баллонах несколько остывает в процессе их заправки, то для обеспечения этого давления необходимо заправку машин вести до 210—215 ат.

2. Для ускорения процесса заправки необходимо иметь некоторый перепад давления между аккумуляторами и баллонами автомашин. Исходя из этого, низшее расчетное давление в аккумуляторах должно быть порядка 220—225 ат.

Количество заправляемых за счет рабочей емкости аккумуляторов машин приближенно можно определить по следующей формуле:

$$n = \frac{(P_n - P_k) V_1}{(P_3 - P_6) V_2},$$

где P_n — номинальное полное давление газа в аккумуляторах;
 P_k — низшее расчетное давление в аккумуляторной батарее;
 V_1 — объем аккумулятора;
 P_6 — остаточное давление газа в баллонах автомашин;
 P_3 — допускаемое давление газа в баллонах автомашин при полной заправке автомашин;
 V_2 — объем баллонов на автомашинах.

Для нашего случая может быть принято $P_n = 350$ ата, $V_1 = 6,4$ м³, $P_6 = 10$ ата, $P_3 = 210$ ата, $V_2 = 0,4$ м³.

При указанных условиях от аккумуляторной установки может быть заправлено:

$$\frac{(350 - 225) \cdot 6,4}{(210 - 10) \cdot 0,4} = 10 \text{ автомашин.}$$

Эти 10 автомашин могут быть заправлены от аккумуляторной батареи либо в часы пиковой нагрузки, превосходящей часовую производительность компрессора, либо в то время, когда компрессор не работает.

Рассмотрим указанное положение применительно к графику подхода автомашин на заправку, приведенному на рис. 10, имея в виду, что на станции установлен один компрессор, обеспечивающий заправку шести машин в час.

Из приведенного графика видно, что начиная с 8 час. утра до 16 час. 30 мин. часовое количество подходивших на станцию автомашин было больше шести.

В этот период заправка автомашин производилась как от компрессора, так и от аккумуляторов.

Примерно к 13 часам полезный запас газа в аккумуляторах истощался, и станция не могла справиться с заправкой всех подошедших автомашин.

Создавшееся положение приводило либо к уменьшению выдачи газа автомашинам, либо к пуску резервного компрессора, что фактически и производилось.

При ремонте одного из компрессоров неизбежно возникали задержки в заправке и у станции скапливались большие очереди автомашин, ожидавших заправки.

Если вести расчеты заправки автомашин, ориентируясь на график рис. 10, то при работе одного компрессора емкость аккумуляторной батареи должна быть увеличена на $4 \cdot 70 = 280 \text{ м}^3$ или в пересчете на емкость по воде — на $2,33 \text{ м}^3$.

При расчете на аккумуляторы емкостью $0,8 \text{ м}^3$ необходимо установить на станции еще три аккумулятора.

При этих условиях на станции должно быть 11 аккумуляторов.

Полезная емкость такой установки составит

$$(350 - 225) 0,8 \cdot 11 = 1100 \text{ нм}^3.$$

Наличие установки такой емкости позволит заправить только от аккумуляторной установки

$$1100 : 70 = 15,7 = 16 \text{ автомашин в час,}$$

что будет удовлетворять требованиям обеспечения автомашин газом при достаточно высоком коэффициенте неравномерности подхода их к станции.

На основании изложенного следует, что при определении емкости аккумуляторной установки и производительности компрессоров необходимо исходить из конкретного графика подхода автомашин на заправку.

При наличии определенного графика заправки автомашин типа, приведенного на рис. 9, необходимая емкость аккумуляторов может быть получена графически как разность между расходом газа, соответствующим площади под кривой заправки в часы максимума, и расчетной производительностью компрессоров.

При определении емкости аккумуляторов следует учитывать коэффициент, дающий поправку на отклонение процесса сжатия реальных газов от идеальных. Для случая сжатия коксового газа величина такого коэффициента должна быть принята равной 0,92.

Арматура газонаполнительной станции

Работа описываемой установки позволяет выяснить некоторые вопросы особенностей эксплуатации арматуры высокого давления, устанавливаемой на станции.

При конструировании запорной арматуры — вентиля и задвижек, необходимо предусмотреть, чтобы штоки этой арма-

туры в области резьбы не подвергались воздействию коксового газа, так как нарезка штоков весьма быстро портится.

При конструировании арматуры необходимо учитывать разрушающее действие примесей коксового газа на резину.

Исходя из указанного, в арматуре, предназначенной для работы в атмосфере коксового газа в посадочных поверхностях клапанов, уплотнениях переключающихся механизмов, прокладках между фланцами и в других уплотняющих приспособлениях, подвергающихся воздействию коксового газа, нельзя применять детали, изготовленные из обычных сортов резины.

Опыт эксплуатации показывает также, что части арматуры, изготовленные из цветных металлов, под воздействием коксового газа в некоторых случаях подвергаются достаточно интенсивному коррозионному износу, поэтому применение цветных металлов в аппаратуре, предназначенной для распределения или транспортировки коксового газа, рекомендовать не следует.

Согласно опыту описываемой установки, в системах высокого давления для коксового газа наиболее пригодной является арматура из нержавеющей стали. На установке вся арматура высокого давления была заменена арматурой, в которой элементы, подвергающиеся воздействию коксового газа, были изготовлены из нержавеющей стали.

На станции имеется следующая арматура высокого давления, изготовленная силами металлургического завода, применение которой проверено в условиях длительной работы: предохранительные клапаны высокого давления, магистральные запорные вентили, вентили в помещении раздаточной, клапаны для присоединения к машинам при заправке, обратные клапаны на магистралях высокого давления.

Ввиду большого значения и ответственности аппаратуры высокого давления в работе станции приводим некоторые данные по конструктивному выполнению такой аппаратуры, сделанной в мастерских металлургического завода.

На рис. 19 приведен общий вид магистрального вентиля высокого давления, а на рис. 20 общий вид предохранительного клапана, установленного на заправочной колонке.

Следует отметить, что в ряде случаев при плохой очистке газа наблюдались случаи забивания отложениями камеры пружины, вследствие чего прекращалась работа предохранительных клапанов.

В этом отношении приведенная на рис. 20 конструкция клапана не может быть признана полностью удовлетворяющей требованиям эксплуатации.

Клапан такого типа должен иметь изолированную камеру пружины, чтобы в нее не мог попадать газ при выпуске в период срабатывания предохранительного клапана.

Забивание отложениями пружины при срабатывании предохранительного клапана объясняется тем, что в период срабаты-

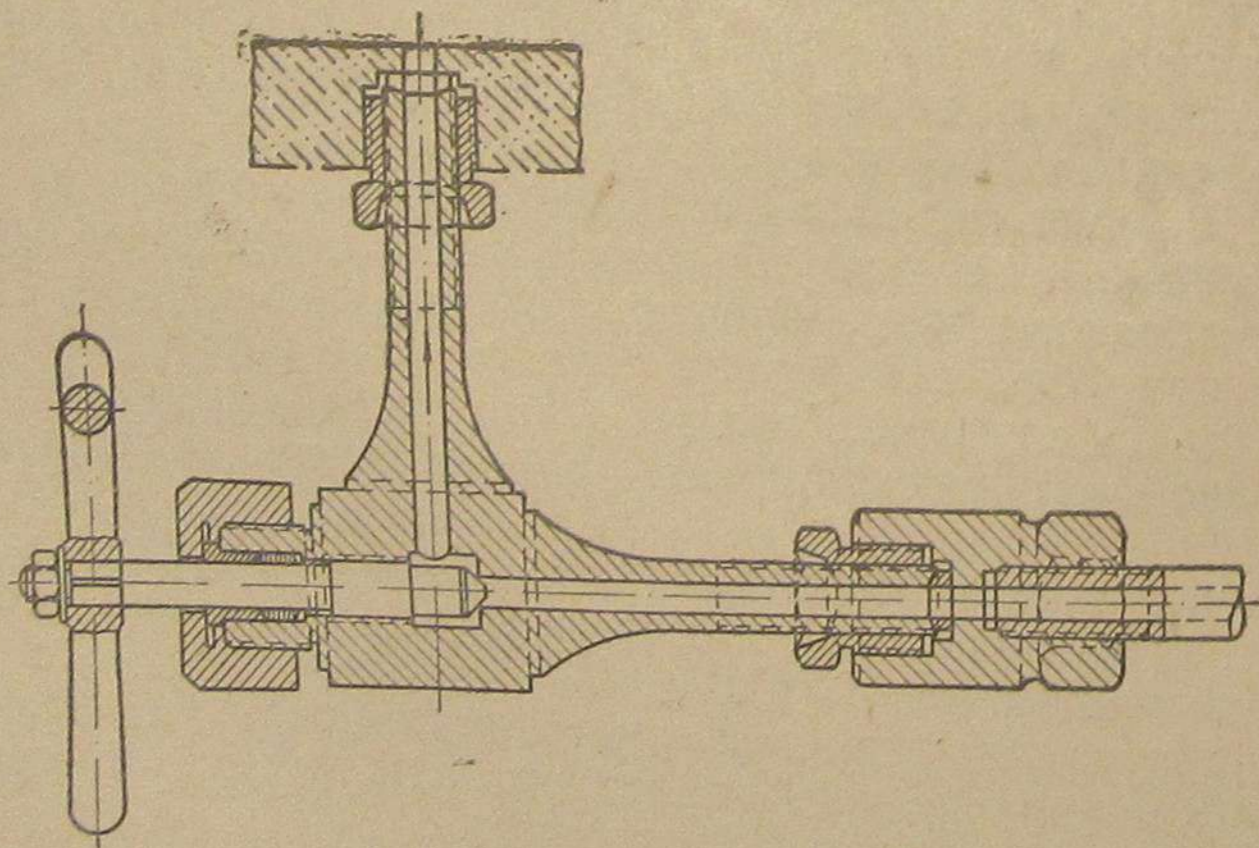


Рис. 19. Вентиль высокого давления.

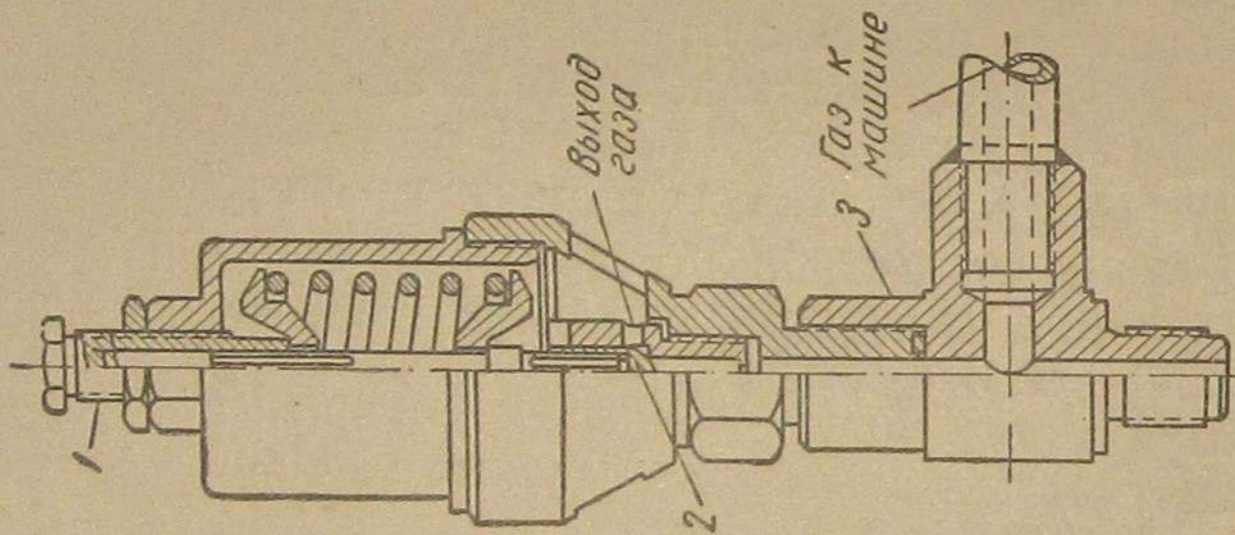


Рис. 20. Предохранительный клапан:

1 — винт регулировки давления газа; 2 — клапан; 3 — тройник раздаточной колонки.

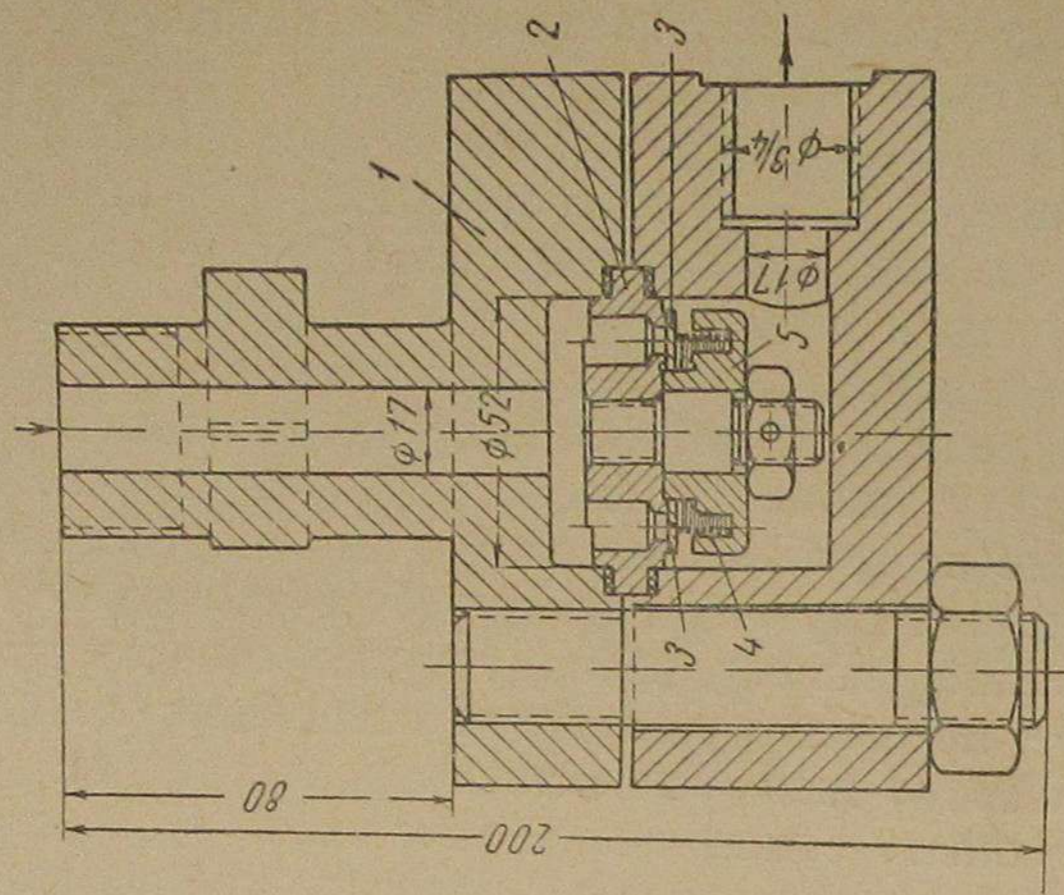


Рис. 21. Обратный клапан высокого давления:

1 — корпус; 2 — седло клапана; 3 — клапан; 4 — пружина; 5 — держатель пружины. Стрелками показан вход и выход газа.

вания клапана происходит дросселирование газа, в результате чего из газа выпадают находящиеся в нем включения.

На рис. 21 приведен общий вид обратного клапана высокого давления, устанавливаемого между компрессорами аккумуляторной установки.

Назначение клапана — быстрое отсоединение компрессора от попадания в него газа из аккумуляторов при случайных остановках и в случае неплотности линейного запорного вентиля при организованных остановках.

Из установленной первоначально на станции аппаратуры высокого давления наименее надежными для работы в атмосфере коксового газа оказались переключающие механизмы, предназначенные для выдачи газа от аккумуляторов к автомашинам.

Эти механизмы, представляющие собой трехходовые краны, имели уплотнения из резины, вследствие разьедания которой довольно быстро образовывались неплотности в системе клапана, через которые газ попадал в помещение станции.

Последнее обстоятельство создавало невозможные условия работы на станции и поэтому указанные механизмы после длительных попыток наладить их работу были демонтированы и заменены вентилями высокого давления, изготовленными из нержавеющей стали.

Из осложнений, которые встречались при эксплуатации аппаратуры высокого давления, главнейшими были забивание и разьедание штоков вентиля отложениями из газа, что в ряде случаев приводило к невозможности открывания или закрывания вентилей или к поломке штоков.

Были случаи разрушений в виде раковин или отколовшихся частиц у посадочных поверхностей клапанов высокого давления. Соответствующими наблюдениями было установлено, что повреждения эти вызваны усиленным местным нажимом конуса вентиля на посадочную поверхность вследствие плохой подгонки поверхностей при сборке.

При изготовлении вентиля, согласно общим правилам, необходимо, чтобы посадочная поверхность была более мягкой, чем запирающий конус.

Газовое оборудование и топливоподающая аппаратура газобаллонных автомобилей

Схема газового оборудования газобаллонных автомобилей, выпускаемых нашей промышленностью, приведена на рис. 22. Основные элементы этой схемы следующие:

1. Баллоны для сжатого газа, рассчитанные на давление 200 атм емкостью по 0,05 м³ каждый.

На автомашинах ЗИС-156 установлено 8 таких баллонов; общая емкость баллонов на этой автомашине составляет 0,4 м³.

При полном заправочном давлении 200 атм в баллонах находится около 80 нм³ газа, или в переводе на бензин, примерно, 30 л.

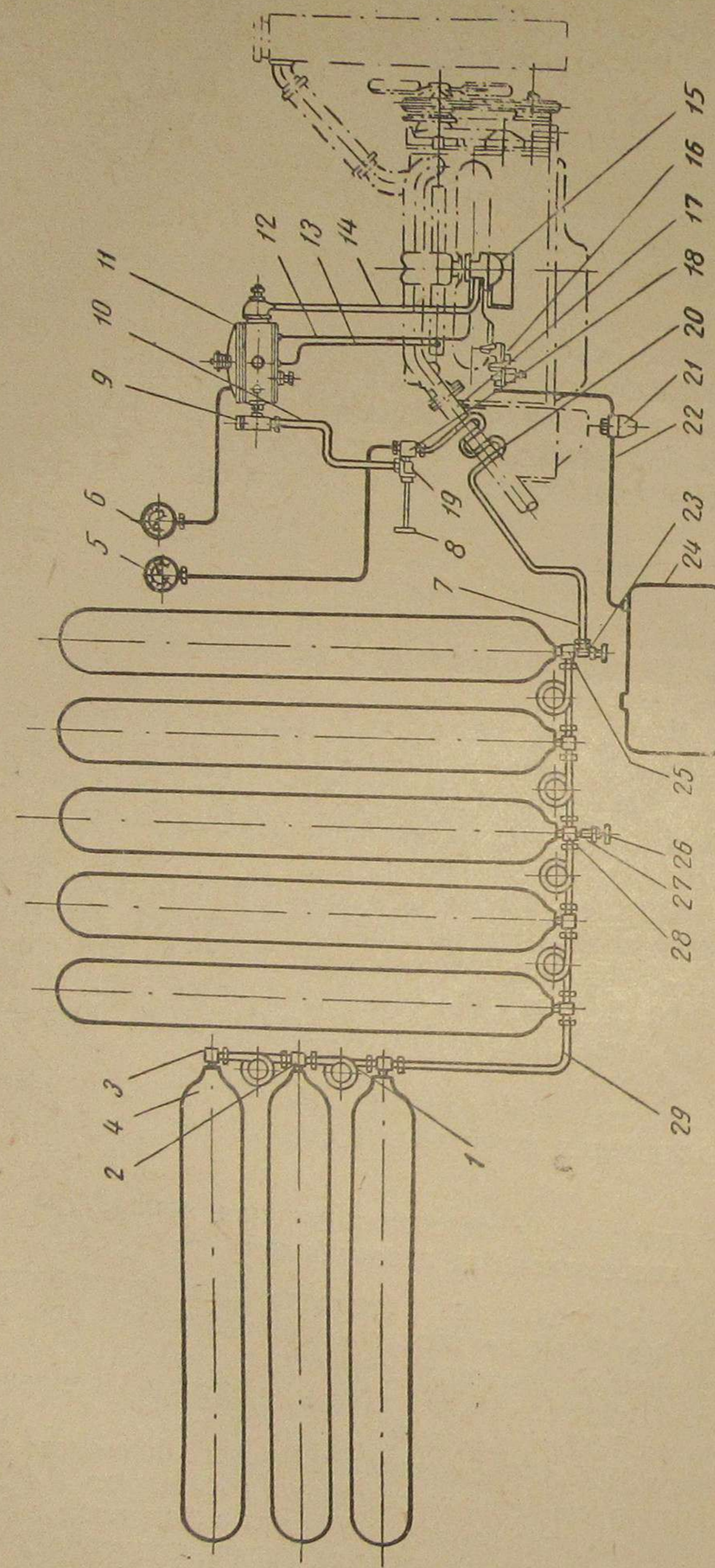


Рис. 22. Схема газового оборудования автомобиля ЗИС-156:

1 — трубка с компенсационным витком; 2 — тройник баллона; 3 — угольник баллона; 4 — баллон; 5 — манометр на давление 300 кг/см²; 6 — манометр на давление 8 кг/см²; 7 — трубка от баллонного вентиля к подогревателю газа; 8 — маховичок магистрального вентиля; 9 — фильтр; 10 — трубка от магистрального вентиля к фильтру; 11 — газовый редуктор; 12 — трубка для подогрева; 13 — трубка от впускного трубопровода к разгрузочному устройству; 14 — трубка основной подачи газа к карбюратору-смесителю; 15 — карбюратор-смеситель; 16 — бензиновый насос; 17 — труба глушителя; 18 — переходник магистрального вентиля; 19 — бензиновый бак; 20 — предохранительный вентиль; 21 — фильтр-отстойник; 22 — бензопровод; 23 — баллонный вентиль; 24 — наполнительная гайка наполнительного вентиля; 25 — угольник баллона; 26 — предохранительный вентиль; 27 — предохранительная гайка наполнительного вентиля; 28 — крестовина баллона; 29 — трубка высокого давления.

На автомашинах ГАЗ-52б установлено 5 баллонов при общей емкости 50 нм³ газа.

2. Система газопроводов, расположенных под кузовом и частично под капотом автомашины.

3. Арматура газовой сети, состоящая из вентиля, угольников и тройников.

4. Газовый редуктор.

5. Смеситель или карбюратор-смеситель.

6. Манометр высокого давления, показывающий давление газа в баллонах, и манометр низкого давления, показывающий давление газа в камере первой ступени редуктора.

7. Змеевик для подогрева газа.

В схеме газоснабжения автомашин большинство элементов, за исключением редукторов и смесителей, достаточно просты и общеизвестны, поэтому нет необходимости детально рассматривать все эти элементы.

Рассмотрим более подробно лишь конструктивные особенности редукторов и смесителей, которые обычно в литературных источниках объединяются под общим названием — топливоподающая аппаратура.

Топливоподающая аппаратура газобаллонных автомашин

К топливоподающей аппаратуре газобаллонных автомашин относятся предназначенные для подачи газа от баллонов, установленных на автомашине, к автомобильному двигателю газовые редукторы, карбюраторы или карбюраторы-смесители.

Через указанную аппаратуру к автомобильному двигателю поступает газовая смесь, в количественном и качественном отношении соответствующая нагрузке двигателя и скоростному режиму (числу оборотов). При помощи топливоподающей аппаратуры производится и регулирование мощности автомобильного двигателя. Таким образом топливоподающая аппаратура предназначена для регулирования как мощности, так и числа оборотов двигателя.

Так как автомобильный двигатель работает преимущественно при переменных режимах, то влияние топливоподающей аппаратуры, как органа регулирования режима, на основные показатели двигателя — мощность, экономичность и переходы с одного режима на другой — является решающим.

Назначение основных элементов топливоподающей аппаратуры следующее:

Газовый редуктор предназначен для подачи газа, находящегося в баллонах, при переменном давлении от 200 до 10 атм к смесителю при достаточно постоянном давлении в несколько миллиметров водяного столба независимо от изменения нагрузки двигателя и давления газа в баллонах.

Кроме того, редуктор должен служить одновременно органом, вполне надежно отсекающим газ при остановках двигателя.

Таким образом газовые редукторы представляют собой весьма ответственные элементы газобаллонных автомашин.

Назначение смесителей — производить смешение газа с воздухом и подводить полученную смесь к двигателю в соответствии с нагрузкой и числом оборотов в соотношении, при котором обеспечивается наиболее эффективное сгорание газовой смеси в двигателе.

Конструкции газовых редукторов

Современные газовые редукторы в конструктивном отношении выполнены в виде двух связанных между собой ступеней дросселирования, заключенных в общий корпус.

Применение в редукторах двух ступеней дросселирования объясняется тем, что в одной ступени дросселирования невозможно создать на выходе из редуктора постоянство давления, независимое от величины давления газа в баллонах.

На основании опыта работы также установлено, что при одноступенчатом дросселировании невозможно установить экономически наиболее выгодную подачу газа к двигателю и обеспечить надежное перекрытие газа в редукторе при остановке двигателя.

В связи с указанными недостатками производство одноступенчатых редукторов типа НАМИ СГ-9, устанавливавшихся на автомашинах ЗИС-30, было прекращено; в настоящее время все выпускаемые типы редукторов изготавливаются двухступенчатыми.

Обязательными деталями в каждом газовом редукторе должны быть: фильтр, устанавливаемый на входе газа, предохранительный клапан, устанавливаемый после первой ступени дросселирования, и экономайзер, назначение которого обеспечить экономический расход топлива при малых нагрузках двигателя.

Обычно на газобаллонных автомашинах устанавливались редукторы следующих типов: на автомашинах ЗИС-5 редукторы НАМИ СГ-9 и АЛАН-2 на автомашинах ЗИС-156 и ГАЗ-516—редукторы МКЗ.

Подробное описание конструкций редукторов приводится в специальной литературе [3, 4, 8, 9], поэтому приведем лишь краткое описание конструкций редукторов АЛАН-2 и МКЗ, необходимое для выяснения некоторых особенностей их работы на коксовом газе.

Газовые редукторы и смесители типа АЛАН

Топливоподающая аппаратура АЛАН разработана автомобильной лабораторией Академии наук СССР, почему она и получила свое название (по заглавным буквам названия лаборатории).

В конструкцию аппаратуры этого типа автомобильная лаборатория АН СССР, благодаря непрерывной работе по ее усовершенствованию, внесла существенные изменения, в результате чего, кроме первого типа этой аппаратуры АЛАН-2, была создана аппаратура типа АЛАН-2М и АЛАН-ГАЗ.

Последний тип аппаратуры создан в результате совместного творческого содружества работников автомобильной лаборатории Академии наук и Горьковского автозавода имени В. М. Молотова.

Следует отметить, что внесение ряда изменений в аппаратуру АЛАН-2 и ее улучшение в значительной степени явились следствием опыта ее эксплуатации на описываемой установке.

В порядке последовательности развития аппаратуры АЛАН даем описание следующих ее типов: АЛАН-2, АЛАН-2М и АЛАН-ГАЗ.

На рис. 23 приведена схема топливоподающей аппаратуры типа АЛАН-2, и на рис. 24 — общий вид редуктора этого типа.

Особенностью аппаратуры АЛАН-2 являются: экономайзер оригинальной конструкции, способ разгрузки клапана первой ступени, стальная лента для регулировки работы, клапаны второй ступени и вакуумразгрузитель прямого действия.

Наличие указанных элементов позволяет в значительной степени увеличить топливную производительность редуктора, что является особенно важным для работы автомашин на сжатом коксовом газе.

Следует отметить, что применение экономайзера в системе редуктора является характерной особенностью аппаратуры АЛАН и в этом отношении она выгодно отличается от других типов аналогичной аппаратуры.

Схема работы редуктора АЛАН-2 следующая.

Газ, находящийся в баллонах, под давлением в зависимости от запаса газа в пределах от 200 до 5 *ати*, через фильтр поступает к дроссельному клапану первой ступени 2. Пройдя клапан первой ступени, газ может иметь в камере первой ступени давление от 0,6 до 1,2 *ати*.

В систему дроссельного клапана первой ступени входит сам клапан 2, его пружина 5, рычаг клапана 4, резиновая мембрана 3 и пружина регулировки давления 6.

После дросселирования газ из камеры первой ступени при давлении 0,6—1,2 *ати* поступает к дроссельному клапану второй ступени.

Клапан второй ступени 7 с целью улучшения и облегчения его работы разгружен от давления газа при помощи мембраны 8. Такая разгрузка делает работу клапана относительно независимой от изменения давления газа в баллонах.

Работа второй ступени редуктора происходит следующим образом.

Мембрана 11, находящаяся во второй ступени, под воздействием разрежения, создающегося при начале вращения коленчатого вала, начинает прогибаться, стержень мембраны нажимает на центр стальной ленты 10, прогибая ее внутрь и открывая при этом клапан второй ступени.

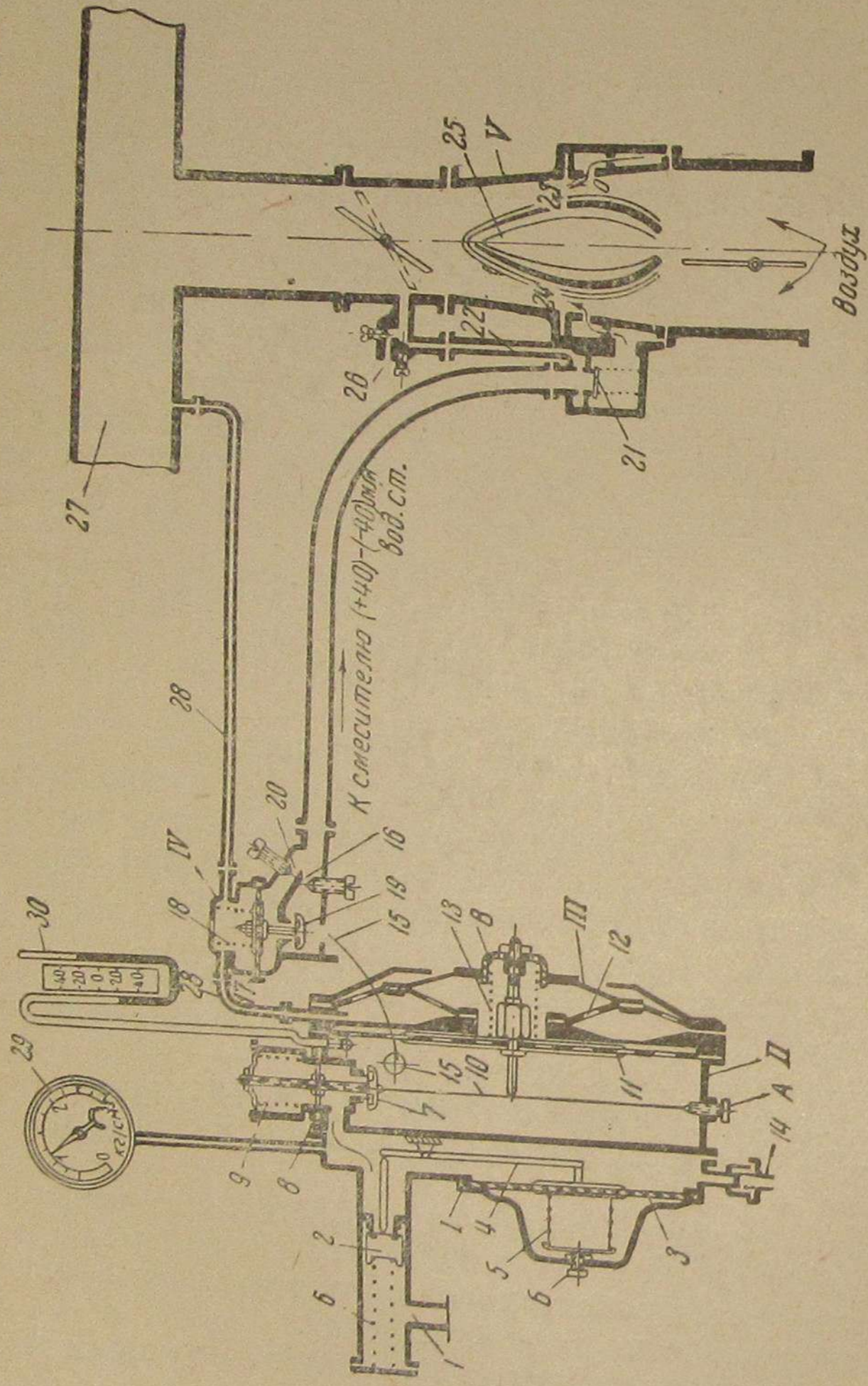


Рис. 23. Схема аппаратуры АЛАН-2:

1 — первая ступень редуцирования; II — вторая ступень редуцирования; III — вакуумразгрузитель; IV — дозирующее устройство с экономайзером; V — смеситель. 1 — вход газа из баллонов; 2 — клапан первой ступени; 3 — мембрана первой ступени; 4 — рычажное устройство с экономайзером; 5 — пружина мембраны первой ступени; 6 — пружина клапана на первой ступени; 7 — клапан второй ступени; 8 — уравновешивающая мембрана клапана второй ступени; 9 — пружина клапана второй ступени; 10 — гибкая лента; 11 — мембрана второй ступени; 12 — мембрана вакуумразгрузителя; 13 — пружина вакуумразгрузителя; 14 — предохранительный клапан; 15 — выход газа из экономайзера; 16 — дозирующее сечение основного газа; 17 — мембрана экономайзера; 18 — выход газа холостого хода; 19 — выходные газы; 20 — дозирующее сечение экономайзера; 21 — обратный клапан; 22 — канал газа холостого хода; 23 — выпускной коллектор двигателя; 24 — камера смешения газа с воздухом; 25 — грушевидный обтекатель; 26 — вход воздуха холостого хода; 27 — выпускной коллектор; 28 — трубка к выпускному коллектору; 29 — манометр первой ступени; 30 — пьезометр, показывающий давление газа на выходе из второй ступени. А — установочный винт вакуумразгрузителя. Б — установочный винт первой ступени.

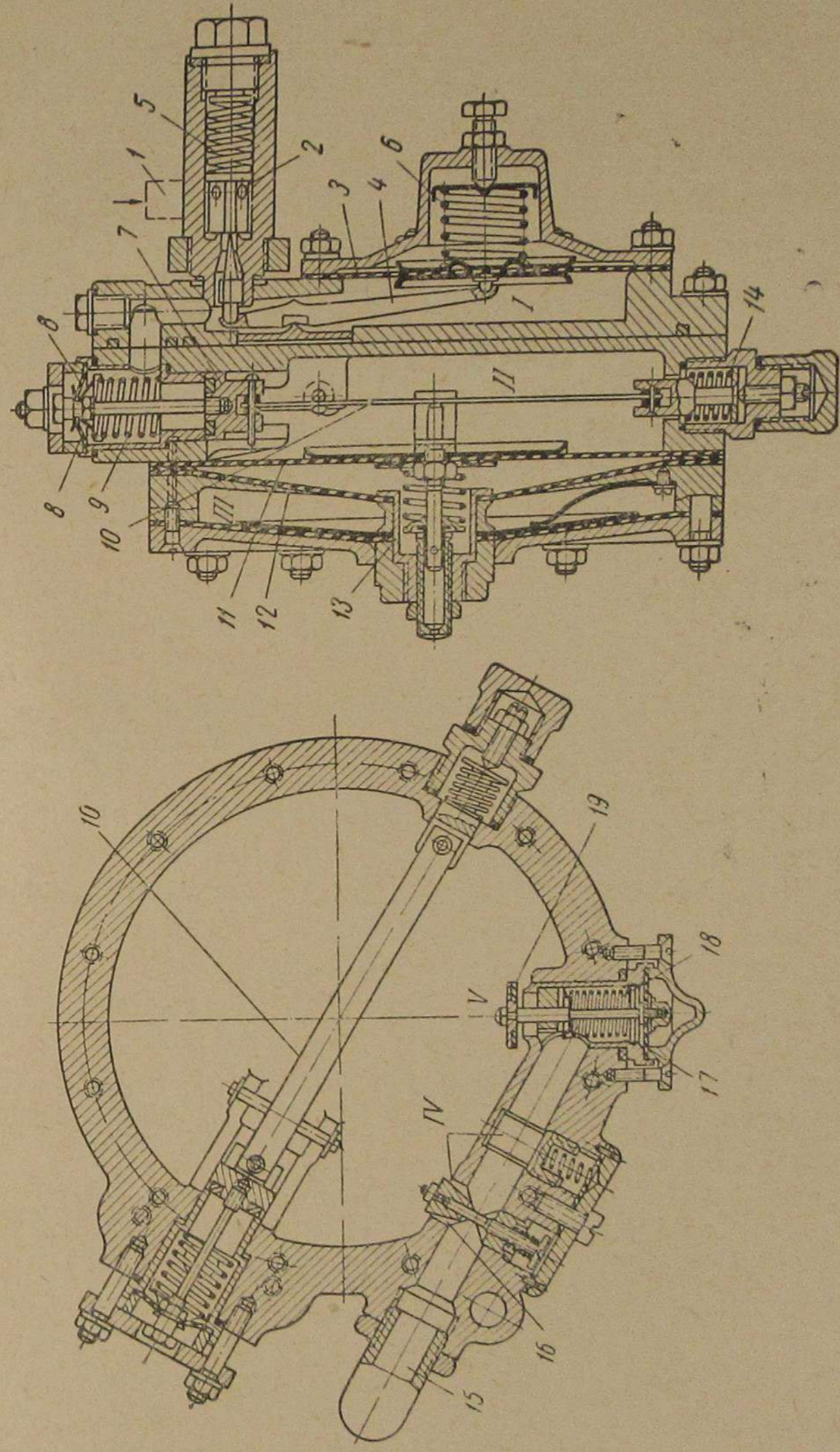


Рис. 24. Общий вид редуктора АЛАН-2:

1 — первая ступень редуцирования; II — вторая ступень редуцирования; III — камера вакуумразгрузителя; IV — дозирующее устройство; V — экономайзер. 1 — фильтр; 2 — дроссельный клапан первой ступени; 3 — резиновая мембрана клапана первой ступени; 4 — рычаг клапана первой ступени; 5 — пружина клапана; 6 — пружина регулировки давления газа после дросселирования в первой ступени; 7 — клапан второй ступени; 8 — мембрана клапана второй ступени; 9 — пружина клапана второй ступени; 10 — стальная лента клапана второй ступени; 11 — мембрана клапана второй ступени; 12 — мембрана вакуумразгрузителя; 13 — выход газа из редуктора к смесителю; 14 — пружина для регулировки натяжения стальной ленты; 15 — выход газа из редуктора к смесителю; 16 — дозирующее отверстие; 17 — мембрана экономайзера; 18 — пружина экономайзера; 19 — клапан экономайзера.

В результате указанного взаимодействия газ проходит из первой ступени редуктора во вторую, и давление газа при этом во второй ступени устанавливается порядка 40 мм вод. ст.

После второй ступени дросселирования газ поступает в дозатор, имеющий экономайзер.

Действие экономайзера происходит следующим образом: имеющийся в экономайзере клапан 19 связан с мембраной вакуумразгрузителя 12, которая находится под действием двух сил: давления пружины и разрежения во впускном патрубке двигателя.

При малых нагрузках клапан 19 экономайзера закрыт, так как разрежение во впускном патрубке двигателя велико. В этом случае газ поступает к смесителю через основное дозирующее отверстие 16.

При увеличении нагрузки двигателя и приближения ее к полной, действующая сила пружины клапана экономайзера, вследствие уменьшения разрежения в камере экономайзера, становится большей и преодолевает действующую силу мембраны. Вследствие этого клапан экономайзера открывается, и газ начинает поступать к смесителю через экономайзер.

Указанное положение приводит к обогащению смеси, поступающей к двигателю, что и требуется для увеличения нагрузки двигателя.

Как мы уже указывали ранее, применение экономайзера в редукторах дает ряд преимуществ, главнейшим из которых является уменьшение расхода газа двигателем.

На рис. 25 приведен общий вид аппаратуры АЛАН-2М, представляющей дальнейшее развитие аппаратуры АЛАН-2.

В аппаратуре АЛАН-2М внесены следующие основные изменения по сравнению с аппаратурой АЛАН-2:

- а) газовый фильтр удален с корпуса редуктора;
- б) изменена конструкция системы регулировки давления газа в первой ступени;
- в) изменена конструкция мембраны вакуумразгрузителя;
- г) изменена конструкция экономайзера и система дозирующего устройства основного газа.

На рис. 26 приведены кривые [9] расхода газа при работе с экономайзером и без экономайзера, полученные при испытании аппаратуры типа АЛАН-2М на автомашине ГАЗ-51б.

На рис. 27 приведены основные характеристики газового редуктора АЛАН-2М.

В редукторе АЛАН-2М при предельно возможных изменениях давления газа в баллонах автомашин от 200 до 5 атм обеспечивается необходимое постоянство давления газа и количества газа, подаваемого в смеситель. Например, при изменении давления газа с 200 до 5 ат и расходе газа 30 кг/час разрежение на выходе из редуктора изменяется с 32 до 22 мм вод. ст.

Выходящий из редуктора газ поступает в карбюратор-смеситель или в смеситель.

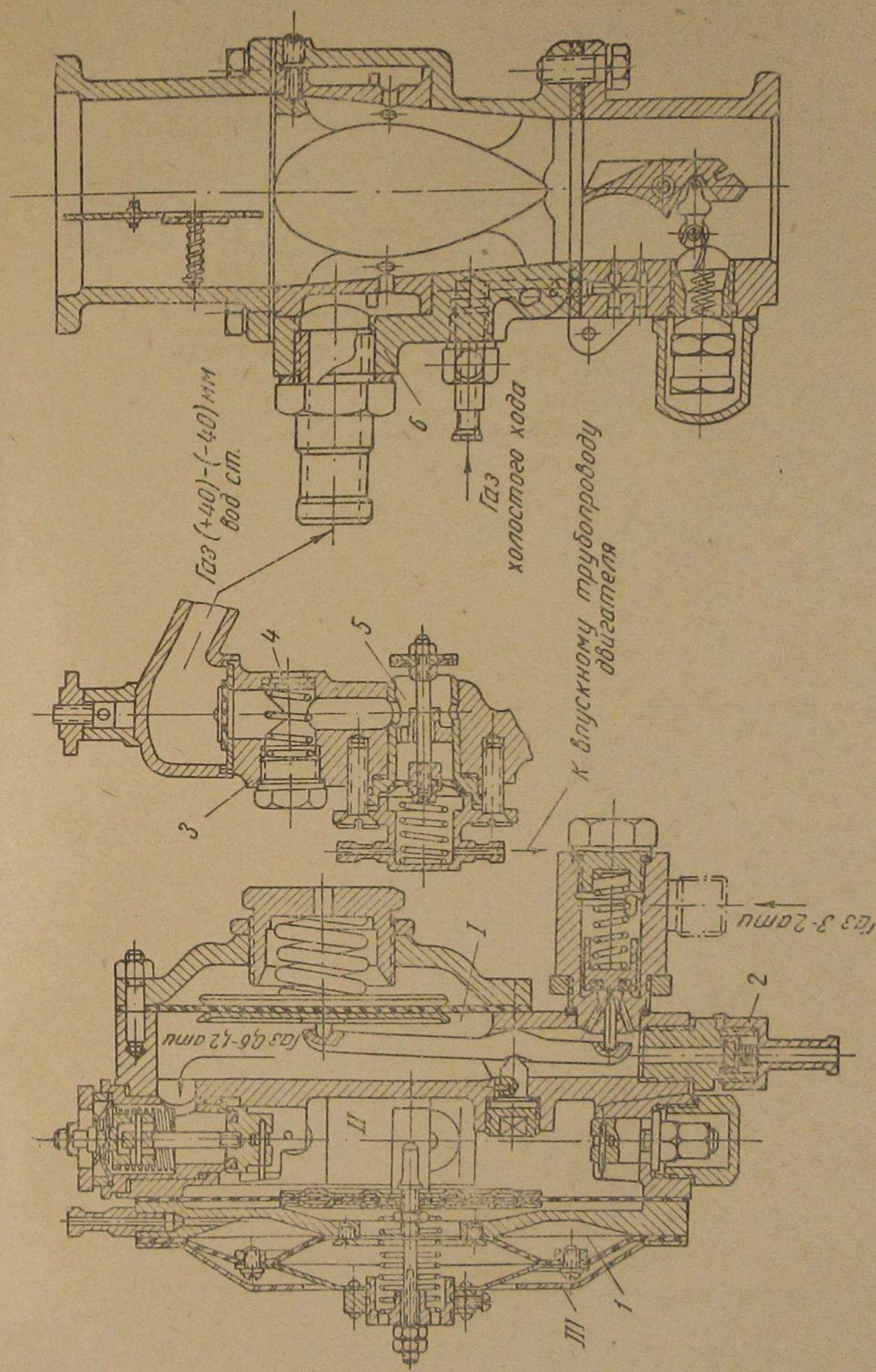


Рис. 25. Общий вид аппаратуры АЛАН-2М:

1 — первая ступень редуцирования; II — вторая ступень редуцирования; III — камера вакуумразгрузителя. 7 — вакуумразгрузитель; 2 — предохранительный клапан; 3 — дозирующее устройство; 4 — экономайзер; 5 — смеситель; 6 — основная дозирующая шайба;

Следует указать, что в существующих конструкциях газобаллонных автомашин смеситель представляет общее целое с бензи-

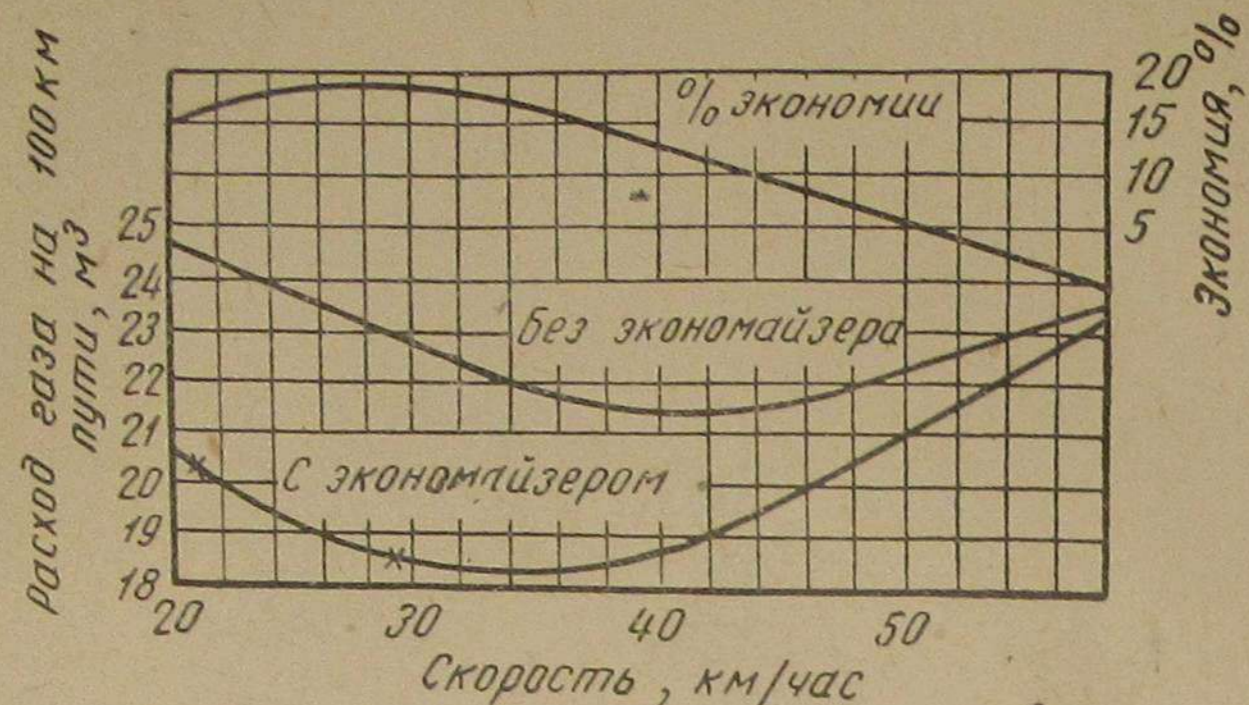


Рис. 26. Кривая расхода газа при работе редуктора АЛАН-2М.

новым карбюратором. В схеме, приведенной на рис. 23, на автомашине должен устанавливаться только газовый смеситель.

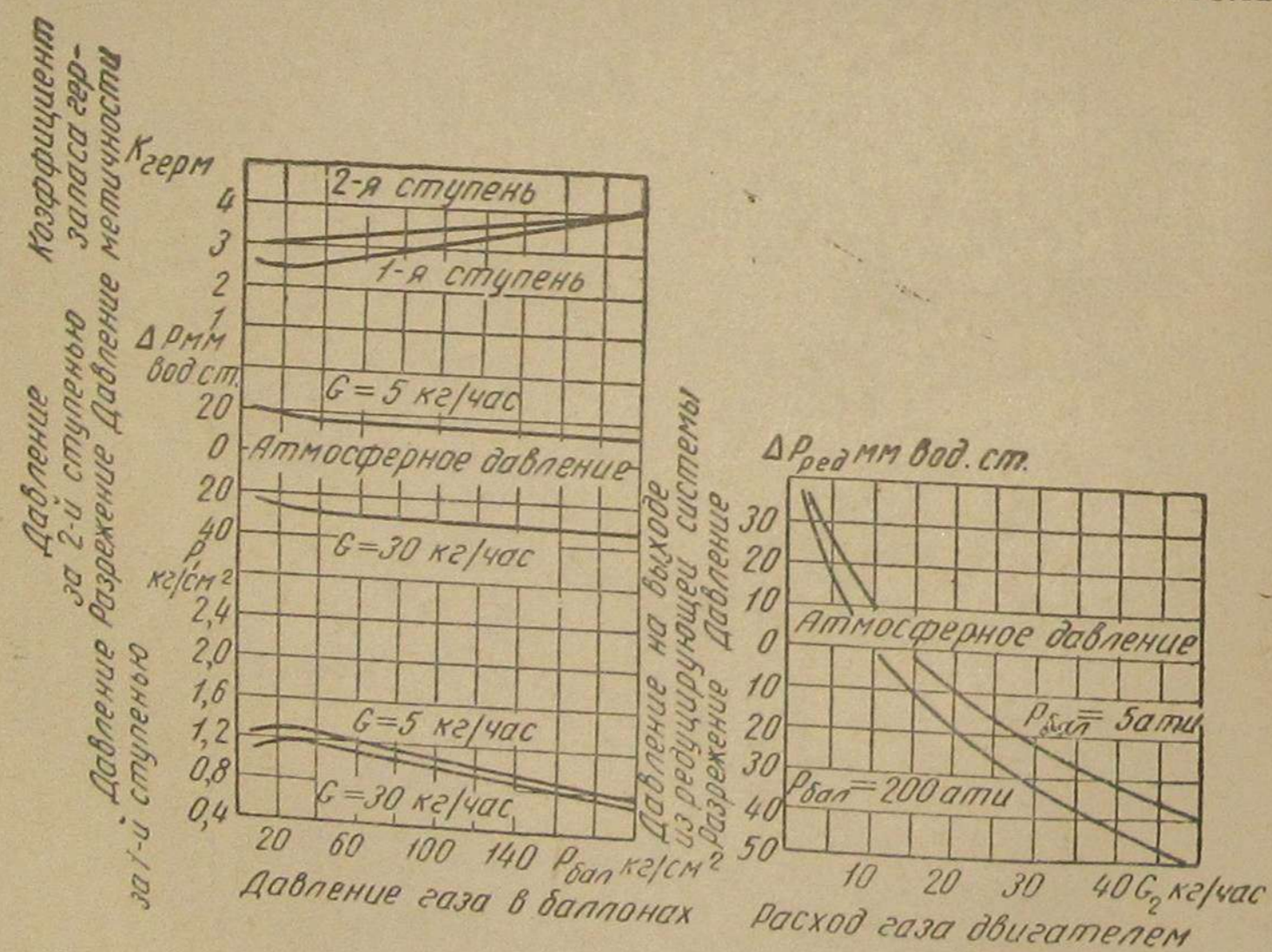


Рис. 27. Основные характеристики газового редуктора АЛАН-2М.

В случае перехода автомашины на работу с бензином в таких конструкциях необходимо произвести замену смесителя карбюратором.

Конструкция смесителя типа АЛАН-2М предусматривает следующую схему (см. рис. 23) получения газовой смеси.

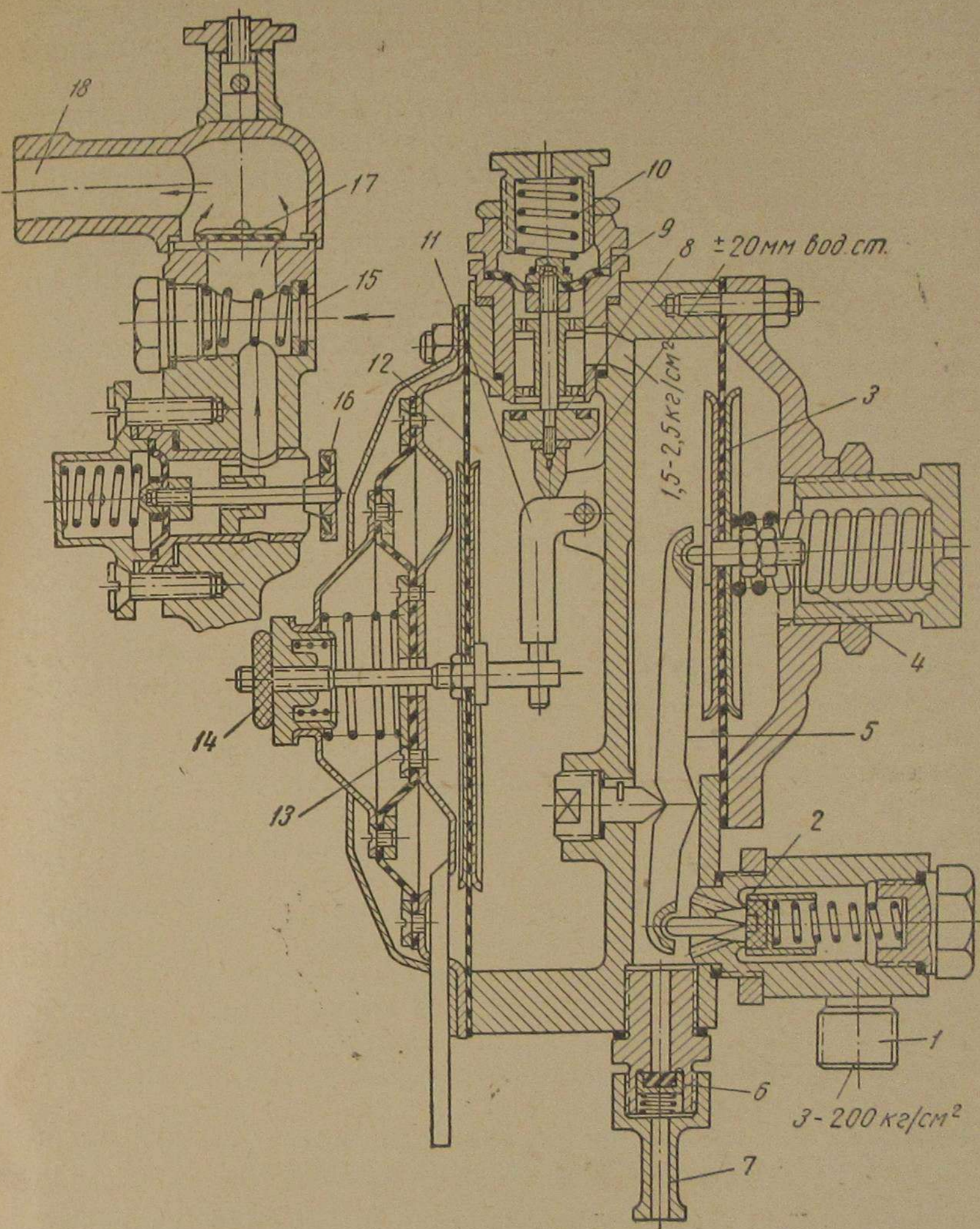


Рис. 28. Редуктор АЛАН-ГАЗ.

1 — вход газа; 2 — клапан первой ступени; 3 — мембрана клапана первой ступени; 4 — пружина клапана первой ступени; 5 — рычаг клапана первой ступени; 6 — предохранительный клапан; 7 — штуцер предохранительного клапана; 8 — клапан второй ступени; 9 — мембрана клапана второй ступени; 10 — пружина клапана второй ступени; 11 — рычаг клапана второй ступени; 12, 13 — мембраны вакуумразгрузителя; 14 — винт регулировки клапана второй ступени; 15 — основной выход газа из второй ступени; 16 — клапан экономайзера; 17 — обратный клапан второй ступени; 18 — выход газа к смесителю.

При входе в смеситель газ открывает легкий обратный клапан и направляется в специальную газовую камеру, состоящую из двух разделенных самостоятельных частей, благодаря чему происходит более равномерное распределение газа, поступающего в диффузор.

В центре диффузора имеется коническая обтекаемая вставка, которая при подводе газа в диффузор через отверстия, распределенные по кольцу, способствует хорошему и равномерному перемешиванию газа с воздухом.

При смешении газа с воздухом в топливоподающей аппаратуре АЛАН-2М получается смесь, достаточно точно соответствующая действующей в данный момент нагрузке двигателя.

Для подачи газа при холостом ходе двигателя в смесителе имеется специальный ввод малого диаметра, расположенный ниже основного подвода газа.

За последнее время разработан новый тип редуктора АЛАН, а именно АЛАН-ГАЗ, общий вид которого приведен на рис. 28.

В новом типе редуктора стальная лента во второй ступени заменена рычажной передачей, изменена конструкция вакуумразгрузителя, рычажной системы клапана первой ступени и внесены ряд более мелких изменений.

Замена ленты во второй ступени рычажной передачей улучшила работу редуктора, так как лента часто рвалась и приходилось останавливать аппаратуру для ее ремонта.

Значительные изменения внесены в конструкцию вакуумразгрузителя. В отличие от предыдущих конструкций аппаратуры АЛАН, вакуумразгрузитель в редукторе АЛАН-ГАЗ предназначен только для обеспечения герметичности клапана второй ступени при неработающем двигателе.

В целях создания большего запаса герметичности в перекрытии клапана второй ступени диаметр мембраны вакуумразгрузителя увеличен до 140 мм. Это дало возможность поставить более мощную пружину, закрывающую клапан второй ступени.

Для увеличения хода клапана второй ступени, что в сущности определяет пропускную способность редуктора, мембрана клапана выполнена специальной формы.

Редуктор АЛАН-ГАЗ более прост и имеет большую мощность, чем ранее выпущенные образцы аппаратуры этого типа.

Топливоподающая аппаратура автомашин ЗИС-156 и ГАЗ-51б

На газобаллонных автомашинах ЗИС-156 и ГАЗ-51б установлена типовая топливоподающая аппаратура, выпускаемая Московским карбюраторным заводом, обычно называемая аппаратурой МКЗ.

Характерной особенностью этого типа аппаратуры является ее универсальность, заключающаяся в том, что образование газовой смеси производится в карбюраторе-смесителе, предназначенном для работы как на газе, так и на бензине.

Перевод двигателя с бензина на газ в этом типе аппаратуры не требует замены смесителя и сводится к открытию магистрального газового вентиля, присоединению шланга к карбюратору-смесителю и соединению трубки, связывающей всасывающий коллектор двигателя с разгрузочным устройством редуктора.

Универсальность аппаратуры МКЗ является как ее преимуществом, так и недостатком.

Преимущество ее заключается в возможности простого и быстрого перехода с одного вида горючего на другой; недостатком, как у всякой универсальной аппаратуры, является невозможность получить такие экономические показатели, которые можно получить при аппаратуре, строго специализированной.

Подробное описание топливоподающей аппаратуры МКЗ достаточно полно дано в специализированной «Инструкции по эксплуатации» [8], поэтому ниже дано только сокращенное описание аппаратуры типа МКЗ с целью осветить некоторые особенности ее работы на коксовом газе.

Газовый редуктор типа МКЗ

На рис. 29 приведен общий вид редуктора Московского карбюраторного завода — МКЗ.

Работа редуктора происходит следующим образом¹.

Устройство и работа редуктора

При открытом магистральном вентиле газ из баллонов через фильтр 13 поступает в полость А первой ступени редуктора. При неработающем двигателе сила, возникающая от давления газа на мембрану 17, уравнивает силу пружины 15 и усилие от давления газа на стальной шарообразный клапан 14 и герметично закрывает его. Клапан 19 второй ступени, имеющий резиновую вставку, находится в закрытом положении и герметично прижат к седлу 18 пружинами 8 и 5, усилие от которых передается через стержень 7 и рычаг 4 (от пружины 8) и через три упора 11, диски 9, мембрану 3 и рычаг 4 (от пружины 5).

В момент пуска двигателя кольцеобразная разгрузочная мембрана 12, у которой прилегающая снизу полость Б соединена штуцером 25 и резиновой трубкой с выпускным трубопроводом двигателя, под действием разрежения 80—90 мм вод. ст. прогибается вниз, сжимает коническую пружину 5 и разгружает клапан 19. Сила пружины 8 становится недостаточной для удержания клапана 19 в закрытом положении, и он открывается под действием давления газа, находящегося в полости А. Давление в полости А устанавливается в пределах от 2 до 3 кг/см².

При малом расходе газа (холостой ход двигателя) давление в полости В равно 5—7 мм вод. ст. С увеличением расхода газа давление в полости В постепенно уменьшается до разрежения

¹ Описание работы редуктора дано по Инструкции [8].

20—30 мм вод. ст. Под действием увеличивающегося разрежения мембрана 3 прогибается вниз и посредством стержня 7 и рычага

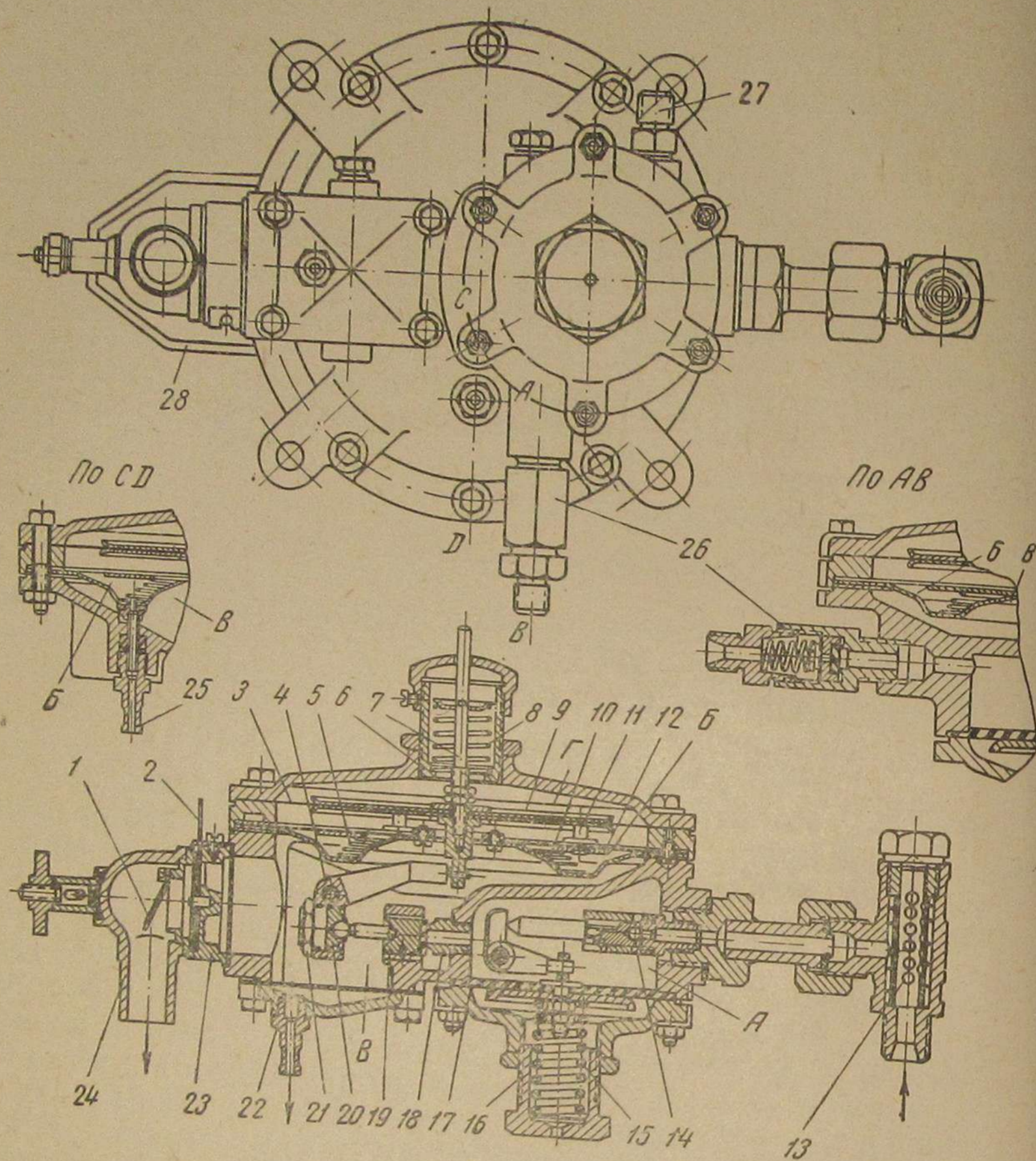


Рис. 29. Редуктор МКЗ без экономайзера:

А — камера первой ступени; Б — камера разгрузочного устройства; В — выходная камера редуктора; Г — камера атмосферного давления.
 1 — обратный клапан; 2 — золотник дозатора; 3 — мембрана второй ступени; 4 — рычаг второй ступени; 5 — пружина разгрузочной мембраны; 6 — регулировочный ниппель; 7 — стержень мембраны второй ступени; 8 — пружина второй ступени; 9 — диск мембраны второй ступени; 10 — крышка разгрузочной мембраны; 11 — упор; 12 — разгрузочная мембрана; 13 — фильтр; 14 — клапан первой ступени; 15 — пружина первой ступени; 16 — регулировочная гайка пружины первой ступени; 17 — мембрана первой ступени; 18 — седло клапана второй ступени; 19 — клапан второй ступени; 20 — регулировочный винт; 21 — контргайка регулировочного винта; 22 — выходной штуцер разгрузочной мембраны; 23 — корпус дозатора; 24 — выходной патрубок; 25 — штуцер для присоединения манометра низкого давления; 26 — предохранительный клапан; 27 — штуцер для присоединения манометра; 28 — скоба.

га 4 увеличивает открытие клапана 19. Мембрана 3 регулирует подачу газа соответственно разрежению в смесительной камере карбюратора-смесителя и, следовательно, соответственно нагруз-

ке двигателя. Из полости В газ поступает через патрубок 24 и резиновый шланг в карбюратор-смеситель.

Дозирующее устройство, которым устанавливается для каждого вида газа необходимое соотношение между газом и воздухом в горючей газовой смеси, состоит из неподвижного корпуса 23, имеющего три отверстия, и поворачивающегося золотника 2 с таким же количеством отверстий; поворотом золотника достигается изменение проходного сечения для газа.

На рис. 30 приведен общий вид редуктора МКЗ с экономайзером, намеченным к установке на станции.

Экономайзер редуктора МКЗ состоит из камеры D, клапана 25, мембраны 26, штуцера 29 и патрубка 32, связывающего нижнюю полость экономайзера с выходным штуцером редуктора.

При работе редуктора с экономайзером процесс подачи газа из редуктора в карбюратор-смеситель происходит следующим образом.

При полной нагрузке двигателя разрежение во всасывающем патрубке 19 и в нижней части экономайзера бывает незначительным, вследствие чего пружина экономайзера 24 удерживает клапан 25 в открытом положении. В этом случае газ из полости клапана второй ступени В поступает в выходной патрубок редуктора 31 помимо дозатора 2, через патрубок 32.

Поступление газа в выходной патрубок помимо дозирующего устройства приводит к общему увеличению его поступления в карбюратор-смеситель, что способствует обогащению газовой смеси до степени, необходимой для работы двигателя на полной мощности.

При работе с неполной нагрузкой во всасывающем патрубке двигателя и в нижней полости экономайзера создается значительное разрежение, в результате чего мембрана 26 прогибается, сжимает пружину 24, благодаря чему клапан экономайзера 25 закрывается, и поступление газа в выходной штуцер редуктора помимо дозатора прекращается.

В связи с этим общее количество газа, поступающего в карбюратор-смеситель, уменьшается, что приводит к обеднению смеси, что и необходимо при малых нагрузках.

Основная регулировка редуктора производится в зависимости от теплотворной способности газа, исходя из следующих условий:

1. Давление в полости А клапана первой ступени должно поддерживаться при полной нагрузке двигателя в пределах 2,5—3,0 атм. Установка необходимого давления происходит путем изменения положения регулировочной гайки 17 и пружины 16 первой ступени.

Завертывание гайки в тело редуктора приводит к увеличению давления в полости первой ступени, отвертывание — к уменьшению этого давления.

Положение регулировочной гайки после достижения необходимого давления закрепляется контргайкой.

2. В полости В клапана второй ступени при холостом ходе должно быть давление газа порядка 5—7 мм вод. ст., а при большой нагрузке должно устанавливаться разрежение порядка 20—30 мм вод. ст.

Давление в камере второй ступени регулируется изменением сжатия пружины 8.

Завертывание регулировочного ниппеля 6 приводит к увеличению, отвертывание — к уменьшению давления в полости клапана второй ступени.

После достижения необходимого давления положение регулировочного ниппеля 6 закрепляют путем затяжки имеющейся на нем контргайки.

Количество газа, поступающего в камеру второй ступени, регулируют путем изменения положения винта 23 клапана второй ступени.

Согласно Инструкции [8], регулировка клапана должна производиться при наличии давления газа или сжатого воздуха отвертыванием винта 23 до тех пор, пока клапан не начнет слегка пропускать газ, что можно определить по слуху. Достигнув такого положения клапана 22, когда уже слышно шипение газа, винт 23 завертывают на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ оборота и закрепляют контргайкой 28.

Величину необходимого хода клапана 22 проверяют по величине свободного передвижения наружного конца стержня 7.

При правильном регулировании клапана коксового газа ход стержня 7 при нажатии должен быть порядка 6—8 мм.

Грубая регулировка количества газа, выдаваемого редуктором в смеситель, производится поворотом диска регулировочного золотника дозатора.

При работе на коксовом газе наиболее часто устанавливают золотник дозатора в положении «трех четвертей открытия». На некоторых автомашинах золотник дозатора установлен на «полное открытие».

При регулировке редуктора необходимо пользоваться диаграммой, приведенной на рис. 31 [8], показывающей зависимость между расходом газа и давлением, устанавливаемым в камере клапана первой и второй ступеней.

Необходимо также учитывать при регулировке давления в первой ступени редуктора поправки на величину давления газа или воздуха, которое создается в подводящей к редуктору трубке в период регулировки.

Если при регулировке давление перед редуктором низкое, порядка 10—20 атм, то в камере первой ступени необходимо устанавливать при работе на коксовом газе давление порядка 2,5 атм.

В случае, если давление перед редуктором будет высокое, порядка 180—200 атм, то давление в полости клапана первой ступени устанавливается порядка 3 атм.

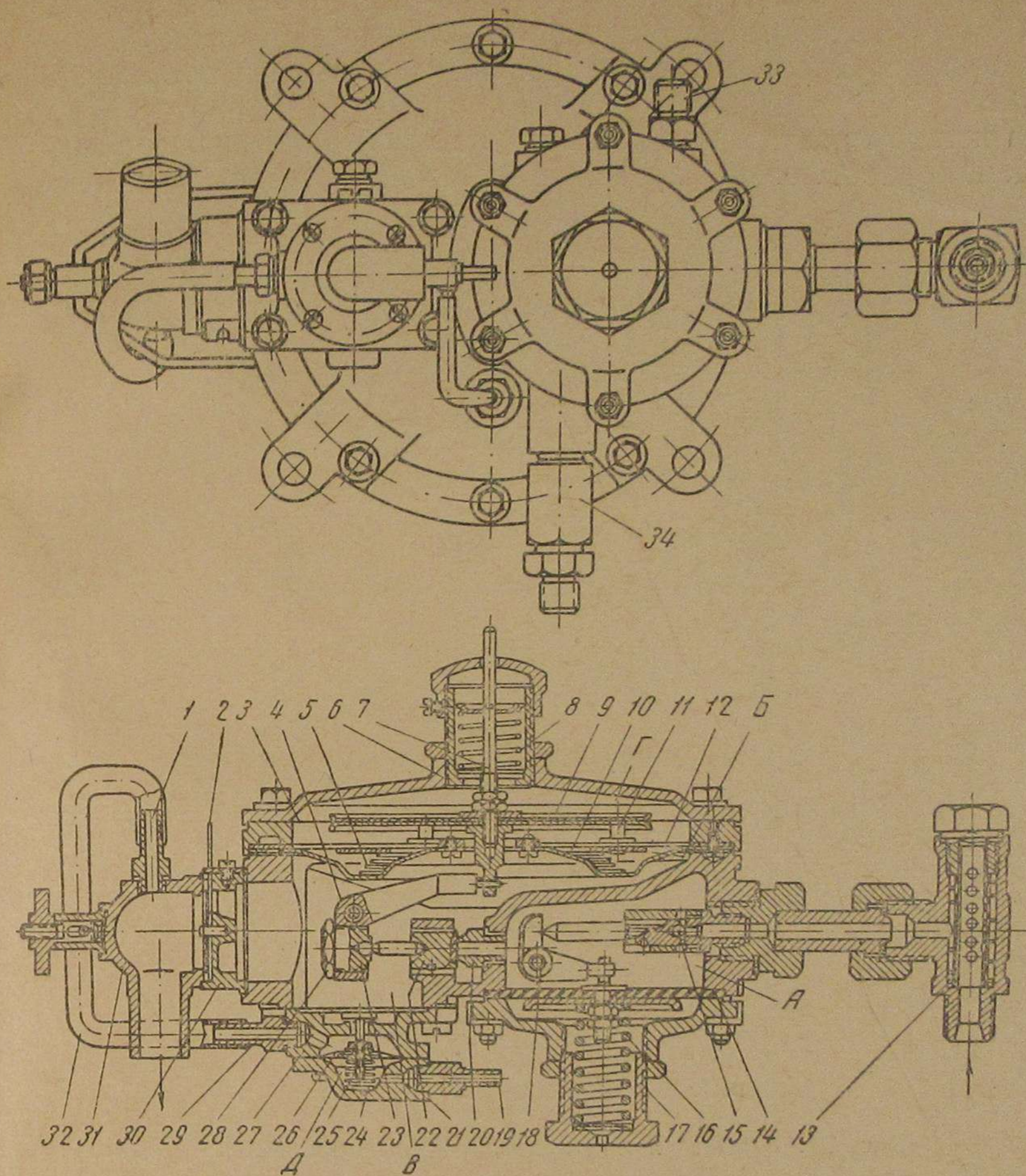


Рис. 30. Редуктор МКЗ с экономайзером:

А — камера первой ступени; Б — камера разгрузочного устройства; В — выходная камера редуктора; Г — камера атмосферного давления; Д — камера экономайзера, соединяемая с впускным трубопроводом двигателя.

1 — штуцер ввода газа из экономайзера в выходной патрубок; 2 — золотник дозатора; 3 — мембрана второй ступени; 4 — рычаг второй ступени; 5 — пружина разгрузочной мембраны; 6 — регулировочный ниппель второй ступени; 7 — стержень мембраны второй ступени; 8 — пружина второй ступени; 9 — диск мембраны второй ступени; 10 — крышка разгрузочной мембраны; 11 — упор; 12 — разгрузочная мембрана; 13 — фильтр; 14 — мембрана первой ступени; 15 — клапан первой ступени; 16 — пружина первой ступени; 17 — регулировочная гайка пружины первой ступени; 18 — рычаг первой ступени; 19 — тройник для соединения нижней полости экономайзера и разгрузочного устройства редуктора с выпускным трубопроводом двигателя; 20 — седло клапана второй ступени; 21 — крышка экономайзера; 22 — клапан второй ступени; 23 — регулировочный винт клапана второй ступени; 24 — пружина экономайзера; 25 — клапан экономайзера; 26 — мембрана экономайзера; 27 — корпус экономайзера; 28 — контргайка регулировочного винта; 29 — выходной штуцер экономайзера; 30 — корпус дозатора; 31 — выходной патрубок; 32 — соединительная трубка; 33 — штуцер для присоединения манометра низкого давления; 34 — предохранительный клапан.

Указанное сопоставление необходимо помнить при регулировке редукторов в мастерских, когда не во всех случаях возможно иметь для испытания высокое давление. Особенно часто это бывает при регулировке редукторов на сжатом компрессорном воздухе.

На каждом редукторе обязательно должен быть проверенный и надежно работающий предохранительный клапан. Открыва-

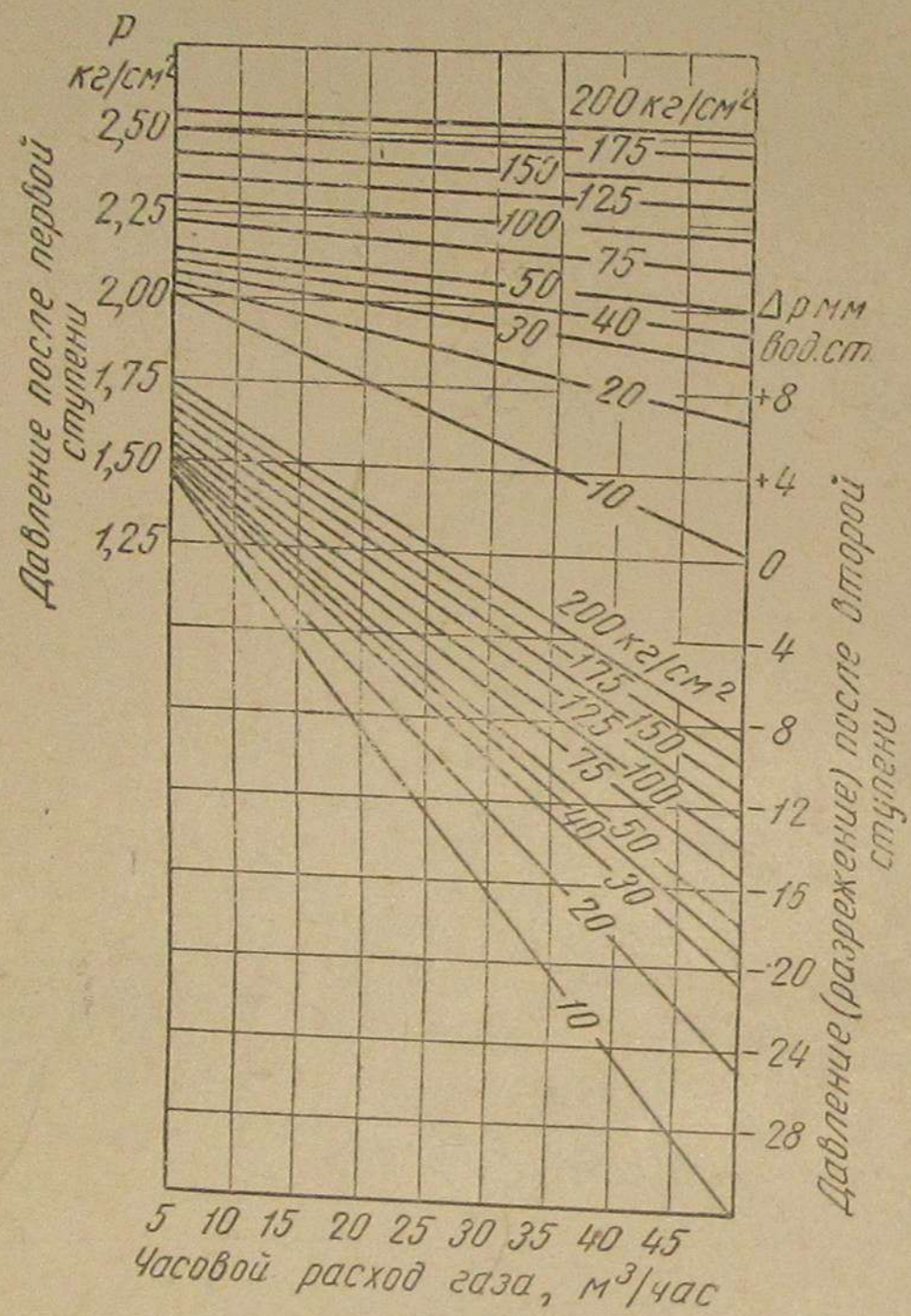


Рис. 31. Кривые характеристики редуктора МКЗ.

ние предохранительного клапана регулируется на давление 4,5 ати.

Следует еще раз отметить необходимость контроля за исправностью предохранительного клапана, так как бывают случаи разрыва корпусов редукторов, вызванные неплотностью клапана первой ступени при наличии неисправного предохранительного клапана.

Как мы уже указывали ранее, аппаратура МКЗ является универсальной, предназначенной для работы как на газе, так и на бензине. Универсальность аппаратуры обеспечивается наличием карбюратора-смесителя, совмещающего в себе элементы бензинового карбюратора и газового смесителя.

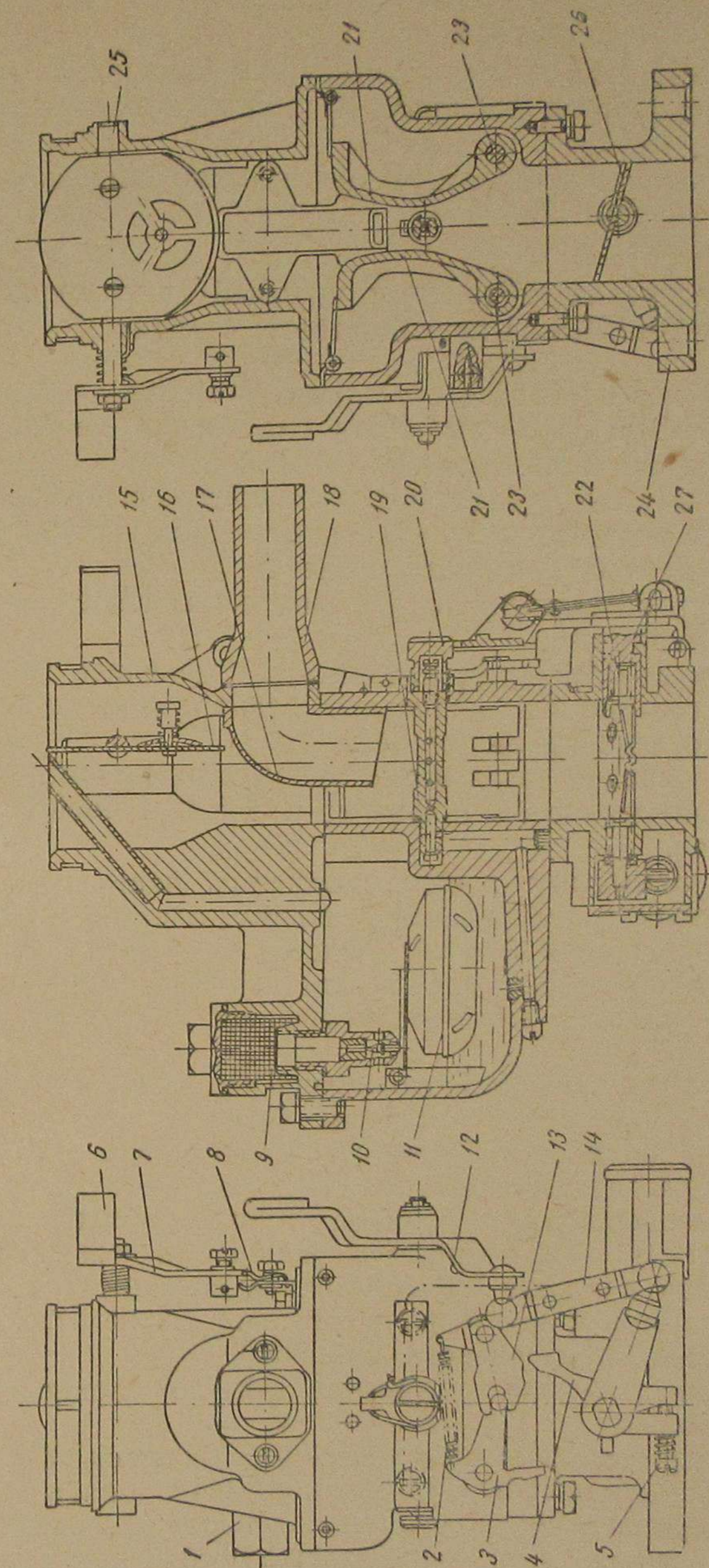


Рис. 32. Карбюратор-смеситель МКЗ-К80Д:

1 — входной штуцер для бензина; 2 — стержневая пружина; 3 — ведомый рычаг; 4 — рычаг дроссельной заслонки; 5 — регулировочный винт дроссельной заслонки; 6 — передаточный рычаг; 7 — рычаг привода воздушной заслонки; 8 — кронштейн оболочки траса; 9 — фильтр; 10 — игельчатый клапан; 11 — поллавок; 12 — рычаг; 13 — ведущий рычаг; 14 — тяга; 15 — корпус воздушной горловины; 16 — воздушная заслонка; 17 — газовая форсунка; 18 — входной газовый патрубок; 19 — форсунка бензиновая; 20 — пробка; 21 — крылья диффузора; 22 — валик дроссельной заслонки; 23 — ось крыла диффузора; 24 — корпус смесительной камеры; 25 — валик воздушной заслонки; 26 — дроссельная заслонка; 27 — муфта.

На рис. 32 приведен общий вид такого карбюратора-смесителя типа МКЗ-К80Д, устанавливаемого в настоящее время на автомашинах ЗИС-156 и ГАЗ-51б.

Карбюратор состоит из трех основных частей: корпуса воздушной горловины, корпуса поплавковой камеры и корпуса смесительной камеры.

Подробное описание карбюратора дано в инструкции по газобаллонным автомашинам [8].

Основные неисправности топливоподающей аппаратуры АЛАН-2 и МКЗ за период работы станции

При работе на коксовом газе на станции в топливоподающей аппаратуре АЛАН-2 и МКЗ возникали следующие неполадки.

1. Редукторы загрязнялись отложениями газа.
2. Вследствие активного воздействия примесей, содержащихся в коксовом газе, изнашивались отдельные детали аппаратуры, главным образом мембраны и седла клапанов.
3. Клапаны первой ступени вследствие образовавшихся неплотностей пропускали газ.
4. В процессе эксплуатации аппаратуры выявились некоторые конструктивные дефекты отдельных элементов аппаратуры и неисправности отдельных ее деталей.

Особенно интенсивное загрязнение аппаратуры наблюдалось в первые годы работы, что было связано с недостаточной очисткой коксового газа.

Значительные отложения в виде смолистых, часто имеющих сильный запах, веществ, наблюдались, главным образом, в камере клапана первой ступени. Это объясняется тем, что в этой области происходит первое расширение сжатого газа при дросселировании после выхода его через суженное отверстие клапана.

Сжатие струи газа при его прохождении через отверстие клапана приводит к уплотнению смолистых веществ, находящихся в коксовом газе; при последующем расширении газа в камере после клапана выпадают крупные частицы этих веществ.

На посадочную поверхность клапана второй ступени налипают смолистые вещества или твердые частицы загрязнений, вследствие этого клапан неплотно перекрывается, затрудняется движение рычага клапана и мембраны, возникают также неисправности в работе предохранительного клапана.

В камере второй ступени отложения обычно выпадают в незначительном количестве.

Износ отдельных деталей, имеющий общий характер по обоим видам аппаратуры, заключается, главным образом, в разъедании коксовым газом резиновых деталей, находящихся в редукторе, мембран первой и второй ступеней, а также посадочных поверхностей клапанов.

Разрушение резиновых мембран происходит в основном под действием бензола, всегда находящегося в том или ином количестве в коксовом газе.

Наиболее часто возможны повреждения мембран клапанов первой ступени, так как отложения прежде всего выпадают в области камеры клапана первой ступени.

В ряде случаев у аппаратуры АЛАН-2 наблюдалась коррозия боковой поверхности клапанов второй ступени, в результате чего клапан начинал «заедать» в направляющих поверхностях.

У редукторов типа МКЗ происходит, примерно, через 2000—3000 км пробега автомашин разрушение металлических сеток фильтра вследствие химического воздействия и механического истирания примесями, содержащимися в коксовом газе.

К общим для обоих типов редукторов неполадкам необходимо также отнести случаи разрыва мембран клапанов второй ступени под влиянием большого разряжения в камере второй ступени при работе двигателя на бензине с присоединенным газопроводом от редуктора к карбюратору-смесителю.

Случаи разрушения мембран характерны для аппаратуры универсального типа, что необходимо отнести к недостаткам аппаратуры этого типа.

Разрывы мембран особенно часто наблюдаются при плохой технической подготовке водителей.

Из недостатков аппаратуры МКЗ, выявленных в период работы автомашин на коксовом газе, можно указать следующие — главные:

1. Неплотности клапанов первой ступени, вызванные наличием стального клапана и стального клапанного гнезда.

При замене работниками автоуправления стального гнезда клапана латунным неплотности клапана в значительной степени уменьшились.

2. Наличие значительного количества деталей конструкции дозатора, по мнению работников автомастерских и водителей, затрудняет производство осмотра дозатора во время работы автомашины.

3. Конструкция обратного клапана для условий работы на коксовом газе оказалась неудачной, в результате чего после некоторого периода работы обратные клапаны были с редукторов удалены и машины в настоящее время работают без них.

4. Ослабление контргайки и самоотвертывание регулировочного винта, а также «заедание» рычага клапана второй ступени.

Указанные дефекты в большинстве случаев являются следствием плохого ремонта или плохого обращения водителя с редуктором.

При эксплуатации редукторов может иметь место и ряд других неисправностей, признаком которых в большинстве случаев является ненормальное давление газа в камере первой или вто-

рой ступени, а также пропуски газа через редуктор при остановленном двигателе.

В большинстве случаев эти неисправности являются следствием неплотности клапанов или мембран. На возможность таких неисправностей достаточно подробно указано в соответствующей «Инструкции» [8], которую обязан знать каждый, связанный с работой газобаллонных автомашин. Рассматривать эти неполадки в настоящей работе, как не связанные непосредственно с применением коксового газа, мы не считаем нужным.

Неисправности аппаратуры АЛАН-2

На станции установлена была аппаратура АЛАН-2 первого выпуска, изготовленная работниками металлургического завода.

Дать правильное исчерпывающее заключение о принципиальных недостатках этой аппаратуры на основании опыта описываемой установки трудно, так как качество изготовления аппаратуры было не всегда достаточно хорошим, что оказывало значительное влияние на результаты ее работы.

Из этого следует, что аппаратура АЛАН-2 с самого начала работала в несравненно более тяжелых условиях, чем хорошо изготовленная типовая аппаратура МКЗ, установленная к тому же на новых автомашинах специального назначения.

Таким образом указанные неполадки и дефекты аппаратуры АЛАН-2 в значительной степени должны быть отнесены к указанным условиям ее изготовления на заводе и условиям работы и в некоторой степени являются следствием конструктивных недостатков, к устранению которых были приняты меры при выпуске новых образцов этой аппаратуры.

Аппаратура АЛАН-2, изготовленная силами металлургического завода, имеет следующие основные недостатки:

- 1) недостаточную доступность клапана первой ступени, что затрудняет его чистку и притирку;
- 2) сложность и неудачное крепление фильтра;
- 3) разрывы стальной ленты клапана второй ступени;
- 4) провалы при переходе с малых оборотов на большие, что являлось, главным образом, следствием плохой регулировки редукторов в мастерских;
- 5) расположение предохранительного клапана в нижней части камеры первой ступени непосредственно против выхода газа, вследствие чего в нем оседают отложения, вызывая неисправности в его работе;
- 6) при регулировке редукторов происходят хлопки, что затрудняет его наладку.

Опыт работы на станции топливоподающей аппаратуры для газобаллонных автомашин показал, что для работы на коксовом газе с успехом может применяться как аппаратура МКЗ, так и аппаратура АЛАН.

В настоящее время, вследствие недостаточного еще опыта работы с этой аппаратурой и недостатком исследований, трудно ответить на вопрос, какой из указанных типов аппаратуры может считаться лучшим для работы на коксовом газе, так как оба типа аппаратуры, как уже указывалось ранее, обладают как рядом общих, так и характерных для каждого из них преимуществ и недостатков.

Следует отметить, что редуктор типа АЛАН-2, изготовленный силами металлургического завода, поставленный на новой автомашине ЗИС-156, дал отрицательный результат; при установке заводского редуктора МКЗ на автомашине ЗИС-5 получен положительный результат.

В процессе эксплуатации аппаратуры обоих типов и сравнения результатов их работы можно будет отобрать лучшие элементы из каждой аппаратуры и создать новую более совершенную.

При этом для сравнения результатов необходимо организовать работу аппаратуры в совершенно равных условиях, т. е. на одних и тех же по типу и состоянию автомашинах и при заправке автомашин на одной станции.

Особенности работы автомобильного двигателя на коксовом газе

Сравнивая свойства бензина и газа можно сделать вывод, что при переводе автомобильного двигателя на газ происходят те же тепловые процессы, какие происходят при работе на бензине. Таким образом бензиновые двигатели в принципе и практически могут быть применены и для работы на газе без внесения существенных изменений в их конструкцию.

Однако для улучшения экономических и технических показателей работы этих двигателей целесообразно внести в их конструкцию некоторые изменения, исходя из следующих соображений.

При переводе двигателя на газ без всяких переделок происходит уменьшение теплотворности горючей смеси, поступающей в цилиндры, что приводит к уменьшению мощности двигателя на 12—15%.

Уменьшение мощности двигателя вызывается дополнительно еще и тем обстоятельством, что входящая в двигатель горючая смесь газа с воздухом при обычных конструкциях двигателя в той или иной степени подогревается выхлопными газами, вследствие чего уменьшается вес заряда горючего, поступающего в цилиндры, и мощность, развиваемая двигателем.

Уменьшение веса горючей смеси, поступающей в цилиндры, и соответствующее уменьшение мощности происходит также потому, что, стремясь сохранить возможность работы двигателя на бензине, ввод газа для его смешения с воздухом производят в нижнюю часть карбюратора. В результате этого увеличивается

гидравлическое сопротивление на пути движения газа и, тем самым, уменьшается количество подаваемой в цилиндры горючей смеси.

Последнее обстоятельство в значительной степени усиливается при наличии подогрева горючей смеси отходящими газами.

В случае оставления той же системы регулировки, какая применяется при работе двигателя на бензине, подогрев горючей смеси, особенно при неполной нагрузке, приводит к уменьшению общего коэффициента полезного действия двигателя, в результате чего увеличивается расход горючего.

Специально проведенные испытания [3] показали, что общая потеря мощности при переводе двигателя ГАЗ-АА с бензина на светильный газ, который достаточно близок по своему составу к коксовому газу, без проведения специальных мероприятий составляет величину порядка 20—25%. При этом за счет уменьшения теплотворности газа мощность двигателя уменьшается на 12—15% за счет подогрева газа на 5—7% при больших оборотах и на 2—4% — при малых оборотах, вследствие увеличения сопротивления на пути газозадушной смеси на 3—6%.

Кроме того, потеря мощности порядка 2—4% происходит вследствие одновременного уменьшения коэффициента полезного действия (эффективного) вызванного, главным образом, уменьшением механического коэффициента полезного действия.

Считаем нужным отметить, что наблюдения над работающими на коксовом газе газобаллонными автомобилями ЗИС-156 и ГАЗ-516 показали, что потеря мощности в этих машинах в действительности бывает меньше, чем это было при указанных выше испытаниях [3] двигателя ГАЗ-АА.

Следует указать, что значительную роль в этом отношении имеет опытность водителя, общее состояние автомобиля и качество коксового газа, на котором в данный момент работает автомобиль.

Из приведенных данных видно, что в машинах, не предназначенных для специальной работы на газе, а таковыми являются все универсальные автомобили, в том числе и типовые автомобили ЗИС-156 и ГАЗ-516, в общем случае происходит значительная потеря мощности при переводе на газобаллонное топливо, что особенно заметно в случае работы на среднекалорийных газах, к которым относится коксовый газ.

Основными мероприятиями, способствующими уменьшению потери мощности и уменьшению расхода горючего, при переводе автомобилей на сжатый газ являются:

1) Установка на автомобиле специального газового смесителя вместо универсального карбюратора. Это будет способствовать увеличению и улучшению количества подаваемой в цилиндры смеси газа с воздухом.

Применение специального смесителя увеличивает мощность двигателя, уменьшает расход горючего, примерно, на 6—8% и

увеличивает «гибкость» работы двигателя при изменениях нагрузки.

2) Увеличение степени предварительного сжатия смеси в цилиндрах.

Проведенными испытаниями и практикой работы установлено, что для автомашин, работающих на коксовом газе, степень сжатия может быть увеличена на 2—3 единицы и практически доведена до 8—9 единиц.

Более значительное сжатие, хотя и возможно по свойствам газа и теоретически выгодно, однако, практически по целому ряду причин не оправдывается.

Увеличение степени сжатия обычно достигается путем замены головок цилиндров специальными, имеющими меньший объем, камерами сгорания.

Двигатели с такими головками широко применяются в газогенераторных автомобилях.

Следует отметить, что в описываемой установке опыт работы газобаллонной автомашины ЗИС-5 на коксовом газе с головкой от газогенераторной автомашины дал положительный результат.

3) Весьма значительное улучшение в отношении повышения мощности двигателя может быть достигнуто путем устранения подогрева смеси газа с воздухом, поступающей в цилиндры.

Выполнение этого мероприятия сказывается в первую очередь на улучшении работы двигателя при малых оборотах и больших нагрузках.

При существующем размещении входного и выхлопного патрубков и коллекторов, а также при наличии специального змеевика для подогрева газа в двигателях ЗИС-156 и ГАЗ-516 происходит значительный подогрев смеси, подаваемой в цилиндры, что, безусловно, понижает мощность двигателя.

Подогрев смеси в газобаллонных автомобилях должен быть устранен в самое ближайшее время. Это может быть осуществлено, в частности, путем изоляции впускного коллектора и подводящего патрубка на участке от смесителя до впускного коллектора и устранения при работе на коксовом газе змеевика перед редуктором.

4) Мероприятием, способствующим увеличению мощности двигателя, может быть также увеличение сечения впускного трубопровода и проходных отверстий клапанов.

Это мероприятие, согласно произведенным расчетам и испытаниям [3], позволит улучшить наполнение цилиндров и увеличить мощность двигателя на 5—7%. Проведение этого мероприятия потребует внесения значительных конструктивных изменений в существующие типы двигателей.

5) Увеличение мощности и улучшение характеристики работы двигателя возможно также путем придания специальной формы камере сгорания и рядом других специальных мероприятий.

Следует остановиться на регулировке двигателей, работающих на газообразном топливе.

В настоящее время существуют следующие способы регулировки мощности двигателей: количественный, качественный и способ смешанного регулирования.

При количественном способе изменение мощности двигателя производится путем уменьшения количества поступающей в двигатель смеси. При этом происходит изменение коэффициента наполнения двигателя.

При качественном способе изменение мощности двигателя производится путем изменения состава смеси, поступающей в цилиндры. Количество поступающего воздуха при этом способе регулирования остается неизменным, меняется лишь количество подаваемого горючего.

Такой способ регулировки находит применение в дизельных двигателях.

Смешанное регулирование заключается в соединении первого и второго способов регулирования.

Академиком Е. А. Чудаковым в 1926 г. был разработан комбинированный способ регулирования, названный экономайзерным. При этом способе регулирования изменение наполнения производится также при количественной регулировке, обеднение же смеси производится путем закрытия экономайзера.

Этот способ получил широкое применение при регулировке современных бензиновых двигателей.

Для типовых газобаллонных автомашин ЗИС-156 и ГАЗ-516 применяется обычное количественное регулирование, что, конечно, приводит к значительному перерасходу горючего.

Следует указать, что для таких топлив, как коксовый газ, содержащих значительное количество водорода, границы экономичности (эффективности) применения качественного регулирования значительно шире, чем для бензина и сжиженного газа и охватывают область от 100 до 50% нагрузки.

Это значит, что качественное регулирование будет эффективным в достаточно большом диапазоне работы двигателя. Из этого следует, что в способы регулирования автомашин, работающих на газе, возможно и необходимо внести изменения, которые позволят в значительной степени сократить в них расход топлива.

Следует также указать, что у всех четырехтактных двигателей обычной конструкции весьма значительно увеличивается расход топлива при работе с неполной нагрузкой. Можно считать, что в таких двигателях при обычном во время работы автомашин уменьшении нагрузки расход топлива увеличивается на 30—50%.

Из этого следует, насколько важно для газовых двигателей, работающих на сжатом газе, правильно решить вопрос о способе регулировки подачи горючего при изменении нагрузки.

Создание редуктора, в достаточной степени успешно решающего вопрос экономичной работы при неполных оборотах, в первом приближении выполнена, как известно, путем применения экономайзера, о чем было уже указано при описании топливopодрующей аппаратуры.

На основании изложенного выше материала можно сделать следующие выводы о результатах, которые были получены при переводе на газ обычных четырехтактных двигателей:

1. При переводе на газ (коксовый) обычного бензинового двигателя без специального его изменения мощность двигателя уменьшается приблизительно на 20—25%. Расход топлива для таких двигателей при работе на коксовом газе на 15—20% больше, чем при работе на бензине.

2. В том случае, если в двигателе произвести ряд изменений: а) увеличить степень сжатия на 2—2,5 единицы, что можно сделать путем установки специальной головки блока; б) разделить выхлопной и впускной трубопроводы; в) увеличить сечение впускного трубопровода; г) установить на двигателе специальный газовый смеситель, то мощность двигателя при работе на коксовом газе становится достаточно близкой к мощности двигателя при работе на бензине.

Расход топлива в случае выполнения указанных мероприятий будет таким же или даже меньше, чем при работе на бензине.

В заключение настоящего раздела считаем необходимым остановиться на имеющихся, по нашему мнению, некоторых основных конструктивных дефектах газобаллонных автомашин ЗИС-156 и ГАЗ-516.

1. Вследствие неудачной конструкции ниппелей у газовой проводки часто происходят утечки газа в ниппельных соединениях, вызывающих потери газа и угорание водителей.

Следует рекомендовать заменить конструкцию ниппельных соединений машин ЗИС-156 и ГАЗ-516 на конструкцию, ранее примененную в машинах ЗИС-30.

При работе описываемой установки, ввиду невозможности добиться плотности ниппельных соединений машин ЗИС-156 и ГАЗ-516, на всех газобаллонных автомашинах ниппельные соединения были переделаны по типу автомашин ЗИС-30.

Это мероприятие привело к радикальному улучшению плотности указанных соединений.

2. Вследствие неудачной конструкции крепления трубок с переходами в месте крепления их также появляются неплотности и происходят утечки газа.

Необходимо разработать более надежную конструкцию этого соединения.

3. Мембраны клапанов газовой проводки быстро портятся, что весьма усложняет эксплуатацию автомашин.

Повидимому это происходит или вследствие непригодности данной конструкции клапанов для работы на коксовом газе,

имеющем загрязнения, или материал, из которого изготовлены мембраны, выбран неудачно для условий работы вентиляей.

4. Так как баллоны не разделены на секции, то в случае появления во время работы неплотности на каком-либо участке газовых магистралей, приходится выпускать газ из всех баллонов и переводить автомашины на бензин.

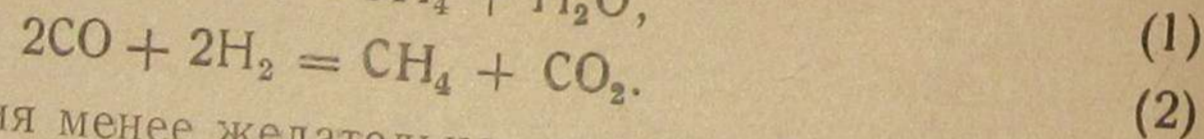
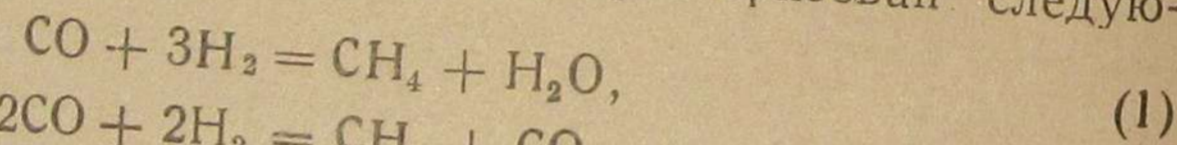
5. Три задних баллона у автомашин ЗИС-156 соединены с передними баллонами трубкой, имеющей колесо неудачной формы. В связи с этим трубка часто засоряется и в задние три баллона при заправке не поступает газ.

6. У автомашин ГАЗ-51б недопустимо низко посажен кузов по отношению к баллонам, в результате этого при работе машины с грузом и езде по неровной дороге кузов садится на баллоны. У всех автомашин ГАЗ-51б, работающих на заводе, пришлось приподнять кузов.

Повышение теплотворности коксового газа

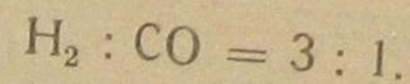
Одной из причин, ограничивающих более широкое применение коксового газа для работы автомашин, является его относительно низкая теплотворность. В целях увеличения радиуса действия автомашин, работающих на коксовом газе, необходимо повышение его теплотворности. Такая возможность повышения теплотворности коксового газа имеется и при известных условиях может быть осуществлена путем метанизации, т. е. перевода содержащейся в газе окиси углерода и водорода в метан.

Процесс метанизации может быть охарактеризован следующими реакциями:



Вторая реакция менее желательна, так как в результате ее образуется углекислый газ, который необходимо удалить с целью повышения теплотворности коксового газа.

Из уравнения реакции (1) видно, что наиболее пригодным для метанизации является газ, в котором будет иметь место соотношение:



В процессе указанной реакции, примерно, 10% энергии будет теряться и в зависимости от начального и конечного состава газа соответственно уменьшается его объем на 40—50%. Теплотворность полученного газа в этом случае может быть порядка 6500 ккал/м³.

Если в газе содержится избыточное количество водорода по отношению к окиси углерода, то объем газа уменьшится, примерно, на 30—40%, а теплотворность газа будет порядка 5500—6000 ккал/м³.

Если стремиться к реакции с соотношением $\text{H}_2 : \text{CO} = 4 : 1$, то для этого необходимо дополнительно провести каталитическую

реакцию части окиси углерода с водяным паром и затем продукт этой реакции смешать с основным газом.

При изучении процесса метанизации установлено, что при этом процессе органические сернистые соединения переходят в сероводород.

Содержащийся в газе цианистый водород полностью исчезает, вероятно, с образованием аммиака и метана.

Таким образом в результате процесса метанизации происходит не только переход углерода и водорода в метан, но и превращение коксового газа в идеальный моторный газ, не содержащий каких-либо вредных примесей, использование которого, надо полагать, не будет вызывать никаких неполадок в работе станции и автомашин.

Процесс метанизации происходит при наличии специальных катализаторов, из которых в настоящее время наиболее часто применяется никелевая или кобальтовая масса.

Следует указать, что указанные катализаторы чрезвычайно чувствительны к сере, поэтому газ перед поступлением на катализатор должен быть предварительно очищен от серы.

В настоящее время разработано несколько видов катализаторов, не чувствительных к сере, однако практических данных о их работе пока нет.

В табл. 1 приведены данные о составе коксового газа до и после переработки указанным методом [3].

Объем газа в этом случае уменьшается на 42,6%. Низшая теплотворность газа, содержащего, примерно, 10% окиси углерода и 51% водорода, согласно литературным данным [3], после метанизации составляет 6464 ккал/м³, а объем газа уменьшается на 46%.

На рис. 33 приведена схема установки для метанизации коксового газа.

Процесс метанизации протекает следующим образом:

Коксовый газ поступает в теплообменник 1, из которого в подогретом состоянии он входит в тонкий очиститель от серы 2. Затем поток газа разделяется: часть газа, определенным образом рассчитанная, идет в конвертор 3, в котором происходит реакция с водяным паром, подаваемым в печь из генератора водяного пара 6.

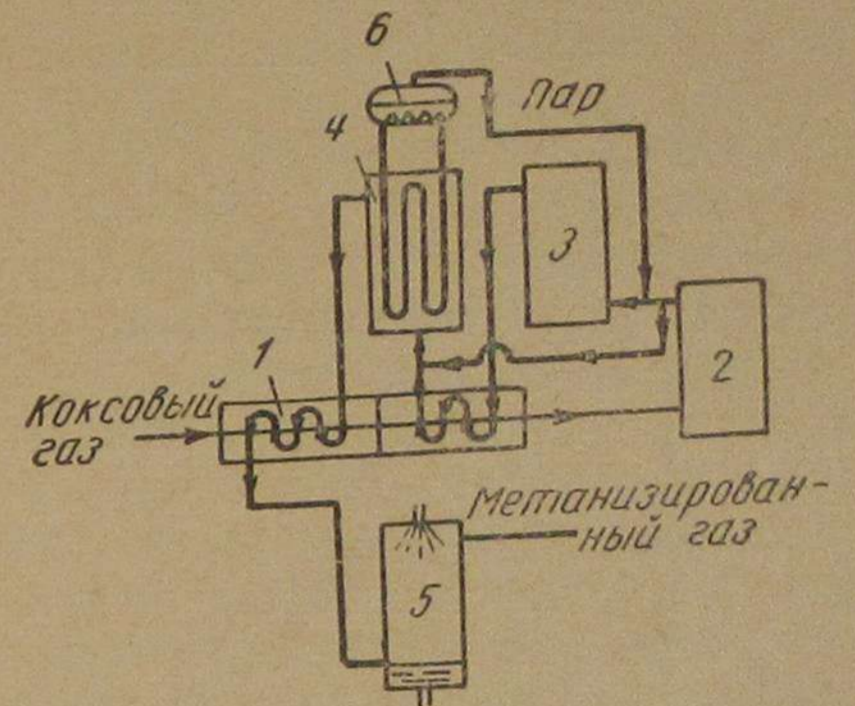


Рис. 33. Схема установки для метанизации коксового газа:

1 — подогреватель (теплообменник); 2 — очиститель; 3 — конверсионная печь; 4 — печь для метанизации; 5 — охладитель; 6 — генератор водяного пара.

Таблица 1

Состав коксового газа до метанизации и после нее
(в процентах к объему)

Состав газа	До метанизации	После метанизации
CO ₂	2,6	—
C _n H _m	2,9	—
O ₂	0,2	—
CO	7,6	—
H ₂	54,8	24,0
CH ₄	26,5	67,0
N ₂	5,4	9,0
Низшая теплотворность	4450 ккал/м ³	6350 ккал/м ³

Из конвертора 3 газ и избыток водяного пара проходят в конечную часть теплообменника 1, подогревают поступающий свежий газ и направляются в печь 4 для метанизации, туда также подается основная часть газа из очистителя 2.

После метанизации в печи 4 горячий метанизированный газ охлаждается, отдавая часть тепла в начальной части теплообменника 1, через который он проходит.

Затем газ охлаждается в конечном охладителе 5, в котором происходит орошение газа холодной водой.

Стоимость 1000 кал тепла в газе после метанизации увеличивается на 10—12%.

Остановившись на экономичности и целесообразности метанизации, возможно высказать следующие соображения:

1. Коксовый газ, получаемый на заводах, имеет обычно состав, в котором соотношение $H_2 : CO = 6$.

Таким образом содержание водорода в обычном коксовом газе по отношению к окиси углерода, примерно, в два раза больше, чем это необходимо для оптимального ведения процесса метанизации.

При этих условиях только часть водорода, примерно половина, будет использована в процессе метанизации.

В результате этого эффективность процесса будет не столь высокой, как это указывается в литературных источниках.

2. Значительные затруднения в осуществлении процесса метанизации для большинства заводов будут связаны с наличием в газе сероводорода, так как применяемые катализаторы не могут работать при наличии серы в газе.

Таким образом для большинства заводов применение процесса метанизации коксового газа потребует более тонкой очистки газа или применения специальных, более дефицитных катализаторов. Как то, так и другое внесет большие осложнения в сооружение и эксплуатацию таких установок.

3. Без особой необходимости нет основания усложнять и удорожать установку, предназначенную только для снабжения газом автотранспорта металлургических заводов, так как в обычных условиях радиус действия автомашин, работающих на коксовом газе, вполне достаточен для нужд самого металлургического завода.

4. Применение процесса метанизации может оказаться вполне целесообразным, если установка для автотранспорта может быть совмещена с другой установкой, для которой повышение теплотворности газа имеет решающее значение.

К таким установкам в условиях металлургических заводов необходимо отнести установки для огневой зачистки металла, которые начинают приобретать все большее и большее распространение на наших металлургических заводах.

Для таких установок, особенно непрерывно действующих, повышение теплотворности применяемого в них газа имеет решающее значение. Кроме того, получение для таких установок обогащенного коксового газа дало бы возможность освободиться на металлургических заводах от выработки ацетилена, применяемого в настоящее время для огневой зачистки и резки металла.

Замена ацетилена обогащенным коксовым газом особенно желательна, так как транспортировка ацетилена в сжатом состоянии представляет весьма большие затруднения, а по условиям работы в настоящее время на наших металлургических заводах необходимо значительное развитие сетей для газа и кислорода для резки металла.

ГЛАВА VIII

ЭКОНОМИКА ПЕРЕВОДА АВТОТРАНСПОРТА НА СЖАТЫЙ КОКСОВЫЙ ГАЗ

Опыт работы описываемой установки дает возможность сделать некоторые выводы об экономике перевода автотранспорта металлургического завода на коксовый газ.

При оценке экономики любой топливопотребляющей установки, в том числе и автотранспорта, в условиях нашего социалистического хозяйства в первую очередь необходимо учитывать, на каком топливе работает данная установка: на местном или привозном — и во всех случаях стремиться к работе любой установки на местном топливе, идя при этом даже на некоторое удорожание стоимости энергии, вырабатываемой данной установкой.

Коксовый газ, как топливо для автомашин, в условиях металлургических заводов во всех случаях является топливом местным, а бензин — топливом привозным, поэтому даже при некотором удорожании стоимости автоперевозок на газе по сравнению с бензином необходимо ориентировать автотранспорт металлургических заводов на работу на коксовом газе, а не на бензине.

При определении стоимости коксового газа как топлива для автомашин следует учитывать, что коксовый газ является отходом процесса коксования и определение его стоимости в известной степени может считаться условным, в то время, как стоимость бензина определяется прямыми затратами на его получение, переработку и транспортировку.

В ряде случаев на металлургических заводах имеются избытки коксового газа, которые сжигаются под котлами или расходуются малоответственными потребителями, которые могут с успехом использовать более бедный газ.

Весьма важное значение при решении этого вопроса имеет также то обстоятельство, что расходы коксового газа на нужды автотранспорта в условиях металлургического завода составляют незначительную величину по отношению к общему расходу коксового газа на заводе, и этот расход обычно бывает значительно меньше фактических потерь газа.

Так, например, в описываемом случае расход коксового газа на газобаллонные автомашины, обеспечивающий, примерно, 75%

всех перевозок автотранспорта на заводе, составлял по отношению к общему расходу газа 0,15%, а потери газа в лучшем случае были равны 2,5%.

Таким образом уменьшение потерь газа с 2,5 до 2,3% обеспечивало в данном случае замену 75% привозного бензина местным топливом.

Примерно такое же положение должно быть на других металлургических заводах.

Учитывая, что расход коксового газа для нужд автотранспорта составляет незначительную величину, необходимо считать, что на любом заводе возможно выделение для этой цели коксового газа.

Следующим положением, с которым необходимо считаться при определении экономической целесообразности перевода авто-

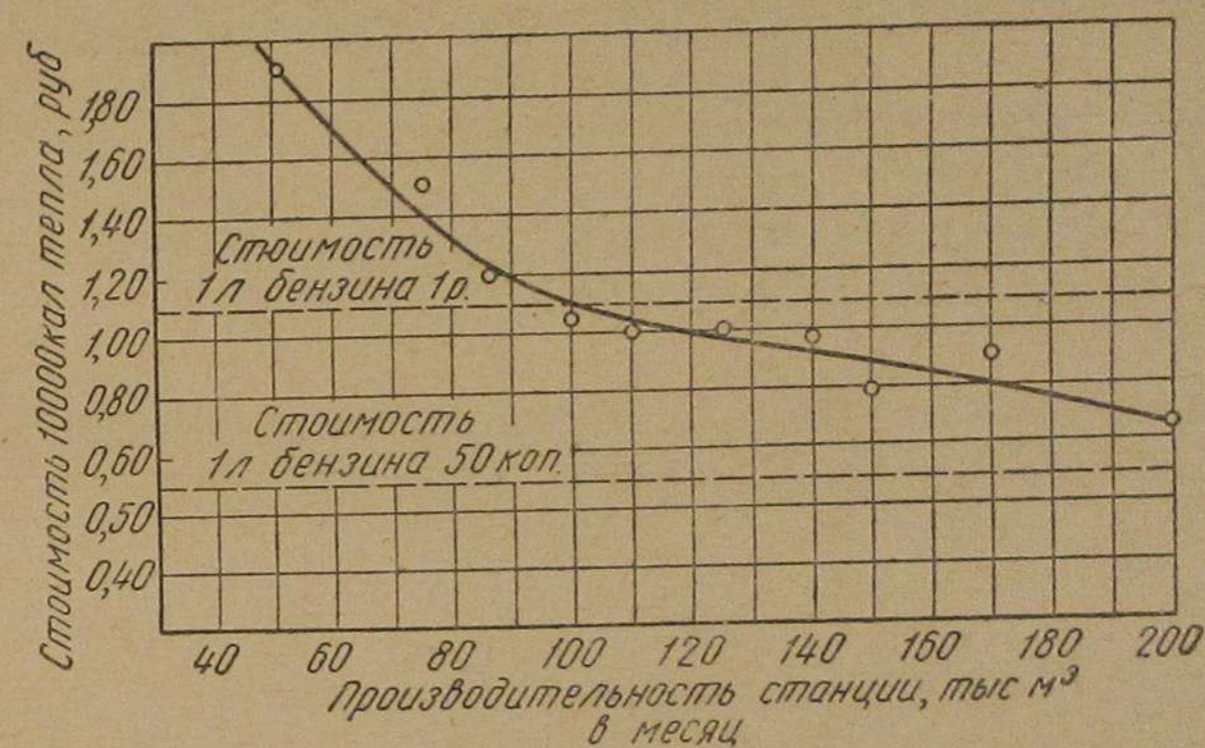


Рис. 34. Зависимость стоимости 10000 ккал тепла в сжатом газе от производительности станции.

машин на коксовый газ, является количество прикрепленных к данной станции автомашин, так как стоимость коксового газа, отпускаемого автомашинам, при всех прочих равных условиях зависит от количества выданного газа.

На рис. 34 приведена построенная на основании практических данных кривая, характеризующая стоимость 10000 ккал тепла в сжатом газе в зависимости от производительности газонаполнительной станции.

Рассматривая приведенную на рис. 36 кривую, можно сделать следующие выводы:

1. Стоимость¹ 10000 ккал тепла, отпускаемого со станции (условно принимаем ее равной стоимости одного литра бензина) резко снижается при увеличении количества отпускаемого станцией газа.

¹ Расчет произведен по данным работы станции до последнего снижения цен.

2. Достаточно благоприятной в экономическом отношении является область работы в случае отпуска со станции свыше 150 000 нм^3 газа в месяц.

3. При стоимости 1 л бензина 1 рубль сжатый газ становится дешевле бензина, начиная с производительности станции больше 100 000 нм^3 газа в месяц.

4. При стоимости 1 л бензина 50 коп. сжатый газ дороже бензина при производительности станции, меньшей 200 тыс. нм^3 в месяц.

5. Характер кривой показывает, что стоимость тепла из газа и стоимость бензина (при цене последнего 50 коп. литр) должны выравниваться при отпуске со станции, примерно, 250 000 нм^3 газа в месяц.

Считаем необходимым обратить внимание, что до последнего резкого снижения стоимости бензина соотношение стоимости тепла в сжатом газе и бензина было явно в пользу сжатого газа.

В целях представления о затратах, на основании которых складывается стоимость отпускаемого сжатого коксового газа, в табл. 2 приведена плановая калькуляция стоимости 1 нм^3 сжатого газа, отпускаемого со станции.

Таблица 2

Плановая калькуляция стоимости 1 нм^3 сжатого газа		
Затраты	Стоимость коп.	Удельный вес затрат, %
Электроэнергия	4,7	13,0
Газ	9,6	26,5
Вода	1,0	2,8
Заработная плата	6,8	19,0
Ремонты	7,2	20,0
Амортизация	2,2	6,2
Общехозяйственные расходы	4,6	12,5
Всего	36,0	100,0

Весьма значительную часть стоимости отпускаемого газа (до 31,5%) составляет заработная плата и общехозяйственные расходы; в последние включается заработная плата старшего технического персонала цеха, в состав которого входит данная станция.

При увеличении отпуска газа со станции и упорядочения некоторых организационных вопросов расходы по указанным статьям могут быть резко сокращены, что приведет к значительному удешевлению стоимости газа.

Следует указать, что фактическая стоимость отпущенного в 1952 г. газа в зависимости от загрузки станции колебалась в пределах от 40 до 31 коп. за 1 нм^3 .

При отпуске газа в количестве 170 000—200 000 нм^3 в месяц, обычном для работы станции, стоимость газа колебалась в пределах 33—31 коп. за 1 нм^3 и в большинстве случаев была ниже плановой и достигала в некоторые месяцы 24 коп. за 1 нм^3 .

При оценке стоимости перевозки тоннокилометра грузов на газе и на бензине следует учитывать, что на удорожание перевозок на газе влияет увеличение заработной платы шоферов газобаллонных автомашин на 15% по сравнению с оплатой шоферов, работающих на обычных автомашинах, и уменьшение полезной грузоподъемности газобаллонных автомашин в связи с установкой на них баллонов для сжатого газа.

При отпуске со станции газа в количестве порядка 200 000 нм^3 в месяц стоимость топливной составляющей перевозок тоннокилометра грузов на коксовом газе составляла 24 коп.

Для сравнения укажем, что при стоимости 1 л бензина 50 коп. стоимость топливной составляющей перевозок тоннокилометра на бензине составляла 18—11 коп.

Более дешевой перевозки на бензине, в нашем случае, способствовало также то обстоятельство, что бензиновые машины работали на рейсах с большой протяженностью, в то время как газобаллонные автомашины работали внутри завода, на коротких участках.

Следующим положением, с которым в некоторых случаях приходится считаться при решении вопроса об экономической целесообразности перевода автомашин на сжатый коксовый газ, является величина возможного радиуса действия газобаллонных автомашин. Для машин, работающих на коксовом газе, возможный радиус действия по отношению к одной заправочной станции составляет, примерно, 40—50 км.

При решении вопроса об экономичности перевода автотранспорта металлургического завода указанная ограниченность радиуса действия газобаллонных автомашин, работающих на коксовом газе, не может иметь решающего значения, так как указанный радиус действия автомашин вполне достаточен не только для обслуживания всей площади данного завода, но и для обычных поездок вне заводской площадки, связанных со снабжением завода.

Имеющийся запас газа в машине вполне достаточен для пробега 80—90 км, даже при работе на коротких участках, и обычно обеспечивает более чем суточную работу автомашины без заправки. По нашим наблюдениям суточный пробег автомашины, работающей на площадке завода, обычно составляет не более 60 км.

Для увеличения радиуса действия газобаллонных автомашин весьма большое значение может иметь насыщенность данного района коксохимическими и металлургическими заводами, наличие в данном районе магистралей дальнего газоснабжения и источников других горючих газов.

Индустриализация нашей страны, развитие в ней металлургической промышленности, источников естественного газа и дальнего газоснабжения позволяют со всей уверенностью считать, что в самое ближайшее время вопросы снабжения газобаллонных машин газом будут разрешены полностью и радиус действия автомашин перестанет иметь значение в экономике установок.

При решении вопроса об экономичности перевода автомашины на коксовый газ известную роль может играть качество коксового газа.

Необходимо учесть, что при снижении теплотворности коксового газа ниже 4000 ккал/м^3 уменьшается радиус действия автомашин. При плохой очистке коксового газа в последнем остается значительное количество вредных примесей, удаление которых вызывает большие затруднения и связано с дополнительными затратами.

Для оценки экономичности данной установки следует указать, что стоимость сооружения станции окупилась, примерно, в течение четырех лет.

Приведем данные о расходе топлива газобаллонными автомашинами, работающими на коксовом газе, полученные на основании опыта работы описываемой установки.

Длительными наблюдениями, проведенными в условиях обычной эксплуатации, было установлено, что расход газа отдельными типами газобаллонных автомашин в условиях работы на площадке завода (короткие дистанции — частые запуски) составлял:

Автомшины ЗИС-5 с редукторами АЛАН-2	1,0—12 нм ³ /час
Автомшины ЗИС-156 с редукторами МКЗ	0,9—1,1 нм ³ /час
Автомшины ГАЗ-516 с редукторами МКЗ	0,65—0,9 нм ³ /час

При работе автомашин на дистанциях порядка 50—100 км расход газа составлял:

Автомшины ЗИС-5	0,88 нм ³ /час
Автомшины ЗИС-156	0,85 нм ³ /час

Теплотворность газа при указанных расходах была, примерно, 4100 ккал/м^3 .

В зимнее время расход газа обычно увеличивался на $0,1—0,2 \text{ нм}^3/\text{км}$.

Средний расход газа, определенный по всем машинам, независимо от типа, состояния машин и величины пробега, составлял $0,89—0,87 \text{ нм}^3/\text{час}$.

ГЛАВА IX

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ И АВТОМАШИН НА КОКСОВОМ ГАЗЕ

Каждый работающий на производстве и, особенно, на установках, связанных с газом, должен знать, что основой безопасной и надежной работы является прежде всего понимание производственного процесса, знание оборудования, на котором приходится работать, а также строгое выполнение всех инструкций по эксплуатации данной установки.

При работе с коксовым газом необходимо строгое соблюдение всех правил безопасности, так как коксовый газ обладает рядом свойств, которые в некоторых случаях могут создать условия, вызывающие травматизм обслуживающего персонала и весьма серьезные повреждения оборудования.

Общие правила безопасности для установок, работающих с газом и, в частности, для газонаполнительных станций и газобаллонных машин, изложены в соответствующих инструкциях и правилах¹, знание которых в той или иной части, в зависимости от проводимой работы, обязательны для всех, работающих с газом.

Газонаполнительные станции и газобаллонные машины, работающие на коксовом газе, в некоторой части вопросов техники безопасности имеют свои особенности, не охваченные в достаточной степени общими правилами, поэтому в настоящем разделе разберем несколько подробнее ряд вопросов, непосредственно связанных с такими установками.

При работе газонаполнительных станций и автомашин на коксовом газе необходимо учитывать:

1) отравляющие и взрывоопасные свойства коксового газа и его отложений, возможность их воспламенения;

1 1. Правила безопасности в газовом хозяйстве металлургических заводов. Металлургиздат, 1948 г.

2. Временные правила проектирования, строительства, монтажа и эксплуатации газонаполнительных станций сжатого газа. Государственная газовая техническая инспекция. Москва, 1947.

3. Временные правила проектирования, строительства, монтажа и эксплуатации установок сероводорода. Государственная газовая техническая инспекция. Москва, 1947 г.

2) наличие высокого давления в системе станции и машин;

3) коррозионное действие газа и его составляющих, так как оно может быть источником возникновения опасности для работающих.

Отравляющие действия газа и его отложений

Коксовый газ, как было указано ранее, состоит из смеси нескольких газов. Некоторые из этих газов обладают весьма значительными отравляющими и удушающими свойствами.

Свойства отдельных газов, входящих в состав коксового газа, определяют и его общую отравляющую и удушающую способность.

Из всех составляющих коксового газа вредно действующих на организм человека, окись углерода содержится в коксовом газе в наибольшем количестве.

Окись углерода является очень опасным отравляющим газом, так как ее очень трудно обнаружить без специальных приборов вследствие отсутствия у нее цвета и запаха.

Организм человека и животных очень чувствителен к присутствию окиси углерода в воздухе, так как она, соединяясь с некоторыми веществами, содержащимися в крови (гемоглобин), делает кровь неспособной питать организм кислородом.

Предельное допустимое содержание окиси углерода в воздухе, выше которого человек подвергается опасности отравления, составляет 0,03 мг/л.

При концентрации окиси углерода в воздухе 0,05 мг/л и выше происходит быстрое угорание людей, а концентрация 0,3 мг/л и выше является смертельной. Таким образом нормальная длительная работа разрешается только при условии содержания в воздухе не выше 0,03 мг/л окиси углерода.

При содержании в воздухе окиси углерода 0,03—0,05 мг/л разрешается только кратковременная работа с длительными перерывами.

При содержании окиси углерода выше 0,05 мг/л работа без специальных аппаратов запрещается.

Углекислота (CO_2). Вредные действия углекислоты заключаются в затруднении дыхания, вызываемом ее присутствием в коксовом газе, что приводит к удушью вследствие уменьшения кислорода в воздухе. Кроме того, при большем содержании в воздухе углекислота действует разрушающе на кожу, глаза и оболочки носа и горла.

Работающий персонал может переносить содержание в воздухе углекислоты без опасности для здоровья до 2%.

Водород, азот и метан, входящие в состав коксового газа, так же, как и углекислота, оказывают на организм человека удушающее действие, так как наличие их в воздухе уменьшает содержание в нем кислорода. Эти газы не обладают цветом и за-

пахом, что затрудняет возможность установить их присутствие в воздухе без специальных приборов.

В коксовом газе в небольших количествах содержатся также следующие опасные для здоровья человека газы:

Аммиак, который действует раздражающим образом на кожу глаз, оболочки носа и горла.

Предельное допустимое содержание аммиака в воздухе составляет 0,02 мг/л.

Следует указать, что присутствие аммиака в воздухе обнаруживается весьма быстро, так как он обладает резким весьма характерным запахом. Запах, который имеют отложения из коксового газа, в значительной степени объясняется присутствием в этих отложениях аммиака. Присутствие аммиака в коксовом газе дает возможность по его запаху легко обнаружить утечки газа.

Ацетилен встречается в коксовом газе в очень небольших количествах, обладает отравляющим свойством, бесцветен, имеет запах.

Ввиду чрезвычайно малого количества ацетилена в коксовом газе практически с его отравляющими свойствами считаться не приходится.

Бензол встречается в коксовом газе также в небольших количествах. Пары бензола при вдыхании их с воздухом вызывают опьянение и судороги.

Отравление парами бензола может быть смертельным. Предельное содержание паров бензола в воздухе не должно превышать 0,1 мг/л.

Бензол имеет запах. Совместное его присутствие с аммиаком придает своеобразный запах коксовому газу, по которому можно быстро обнаруживать присутствие коксового газа в воздухе.

Отравляющие действия отложений из коксового газа

При работе наполнительной станции и автомашин на коксовом газе в их системе всегда происходит накапливание в том или ином количестве разнообразных отложений.

В большинстве случаев эти отложения имеют сильный запах, действуют раздражающе на кожу, глаза, оболочки рта и носа. Из этих отложений в воздух могут выделяться, вследствие испарения, газообразные отравляющие и раздражающие вещества.

Возможность появления таких веществ увеличивается в летнее время или в теплых помещениях. Наиболее возможно вредное действие этих отложений на человеческий организм при работе внутри газопроводов, скрубберов или при разборке цилиндров машин.

Отравление от таких отложений возможно при различного рода чистках и ремонтах, например, при чистке газовых аккумуля-

ляторов станции, баллонов автомашин, ремонтах компрессоров, скрубберов, нафталиноочистки, сероочистки.

Отравляющими и раздражающими действиями обладают также жидкости, которые выделяются из коксового газа, например, жидкость из водоотводчиков, холодильников, механических очистителей. При работе следует предупреждать возможность попадания таких жидкостей на кожу и особенно в глаза; в необходимом случае надлежит немедленно обратиться в ближайший медицинский пункт за помощью.

Взрывоопасные свойства коксового газа

Коксовый газ при перемешивании с воздухом может образовывать взрывоопасную смесь.

Смесь газа с воздухом становится взрывоопасной только при определенном соотношении в смеси газа и воздуха. Если газа в смеси меньше определенного предела, то смесь не взрывается, так как она слишком бедна горючим газом для загорания.

Если газа больше определенной величины, то смесь слишком богата горючим газом и поэтому становится также невзрывоопасной.

Для коксового газа в правилах по технике безопасности указывается низший предел взрываемости по содержанию газа в воздухе — 6% и высший предел — 30%.

Указанные пределы нельзя считать точными, так как на взрываемость смеси, кроме соотношения газа и воздуха, оказывает влияние состояние газовой смеси: влажность, давление и температура. При повышении давления пределы взрываемости расширяются, при понижении становятся более сжатыми. Такое же влияние оказывает и температура. Увеличение влажности затрудняет взрываемость смеси.

Из этого следует, что в условиях газонаполнительной станции, сжимающей коксовый газ до весьма значительных давлений, причем одновременно происходит неизбежное для процесса сжатия повышение температуры газа, границы взрываемости расширяются, т. е. смесь газа с воздухом может взрываться при содержании газа в воздухе менее 6% (более бедная смесь) и при содержании газа в воздухе более 30% (более богатая смесь).

Указанное положение относится также и к газобаллонным автомашинам.

Состав коксового газа в значительной степени оказывает влияние на пределы взрываемости смеси. При увеличении в газе водорода и окиси углерода пределы взрываемости расширяются.

На границы взрываемости и температуру воспламенения смеси коксового газа с воздухом в значительной степени может оказывать присутствие некоторых твердых веществ или газов.

Так, например, окись азота (NO), если она содержится в газе в количестве тысячных долей процента, что может быть в коксовом газе, понижает температуру воспламенения, т. е. облегчает условия возникновения взрыва на сотню градусов.

На изменение границ взрываемости может оказать влияние материал стенок сосудов, в которых сжимается или хранится газ, а также величина поверхности стенок этих сосудов.

Установлено, что увеличение диаметра сосудов (цилиндров), в которых хранится или сжимается газ, способствует более легкой взрываемости смеси, уменьшение диаметров сосудов затрудняет возникновение взрывов.

При наличии в помещении или сосудах взрывчатой смеси коксового газа и воздуха работать чрезвычайно опасно, так как взрыв может произойти без всякого, казалось бы, для этого основания, например, даже при отсутствии видимого пламени или искры.

Например, причиной возникновения взрыва может быть сернистое (пирофорное) железо, образующееся в газопроводах под воздействием серы, находящейся в газе.

Причинами самовоспламенения газа могут быть:

1. Появление искры при ударе твердых частиц, вынесенных газом из трубопроводов.

2. Наличие в месте прорыва газа сернистого железа.

3. Образование статического электричества вследствие трения струи газа.

Вызвать взрыв могут также некоторые азотистые смолы, образующиеся при сжатии коксового газа.

За 7 лет работы установки было два случая самовоспламенения газа при его прорыве через уплотняющие сальники на вентилях между четвертой ступенью компрессора и аккумуляторной батареей.

Комиссия, расследовавшая последний случай, пришла к выводу, что причиной самовоспламенения газа было возникновение искры при ударах частичек загрязнений, захваченных газом из трубопроводов.

Так как анализ отложений, взятых из трубопроводов перед вентилем, показал наличие в них до 35% серы, не исключена возможность, что причиной самовоспламенения газа было наличие в данном месте сернистого железа.

Причиной воспламенения смеси может быть, кроме обычных случаев (электропроводка, удар инструментов и т. д.), также искра, возникшая при трении струи газа о стенки сосудов или трубопроводов, или искра, образовавшаяся вследствие трения ремней, движущихся частей машин. Исходя из указанного, при наличии ременной передачи на станции необходимо производить съем с ремней электрического заряда при помощи специальных заземленных щеток.

Источником образования искры могут быть блуждающие токи, которые очень часто обнаруживаются на газопроводах металлургических заводов. Причины появления таких токов могут быть весьма многочисленны: случайное прикосновение проводов к газопроводам, заземление электросварочных аппаратов, токи от заземления электрифицированных железных дорог и др.

Особую опасность блуждающие токи могут создать при разъединении фланцев газопроводов, съемке цилиндров машин, разборке кожухов вентиляторов, так как в этих местах в момент рассоединения металлических поверхностей может проскакивать искра, воспламеняющая газ. Возникновение таких случаев наиболее возможно при ремонтах.

Рекомендуется при производстве работ на установках коксового газа фланцы перед их рассоединением заземлять или соединять куском медного провода.

Образование взрывчатой смеси в установках, работающих с коксовым газом, может произойти также от выделений из отложений, которые всегда имеются при работе таких установок.

Отложения нафталина, например, даже после хорошей продувки газопроводов и длительном их пребывании открытыми (были случаи в течение нескольких месяцев), способны образовывать с воздухом взрывчатые смеси, особенно в летнее время при нагреве нафталина солнечными лучами или лучами от работающих тепловых установок — печей, котлов.

Наиболее надежным мероприятием против возможности образования взрывов и загораний в установках, работающих на коксовом газе, является подача во время ремонтов в газопроводы и машины пара.

Необходимо знать, что некоторые виды отложений из коксового газа способны при соприкосновении с воздухом самовоспламеняться особенно в летнее время.

При чистке газопроводов или аппаратуры все удаляемые из них отложения обязательно должны относиться от установок в безопасное место, заливаться водой, засыпаться песком или землей.

Требования, предъявляемые к электрической части станции

На газонаполнительных станциях, имеющих развитую систему газопроводов и большое количество разнообразных сосудов, находящихся под давлением, малейшая неплотность в газопроводной сети может привести к быстрому заполнению помещения газом и его воспламенению или взрыву, если в этот момент вблизи будет какой-либо источник возможного зажигания газа.

Заполнение помещения газом может быть настолько быстрым, что не представится возможным снять напряжение с электриче-

ской части станции, поэтому вся электрическая часть должна иметь специальное выполнение.

Исходя из указанного, газонаполнительные станции должны быть при проектировании отнесены к разделу В-1а правил устройства электротехнических установок¹.

Так как указанные «Правила» должны быть в каждом цехе, то в настоящем разделе на вопросе безопасности выполнения электрической части газонаполнительной станции подробно останавливаться не будем, а укажем только некоторые основные положения.

Двигатели компрессоров могут быть установлены в помещении, отделенном от компрессорного помещения разделительной стенкой, или непосредственно у компрессоров.

В первом случае двигатели и электроаппаратура станции могут быть выполнены в любом исполнении. В этом случае соединение двигателей с компрессорами производится при помощи промежуточного вала, пропущенного через специальные уплотнения.

Такой тип размещения двигателей применен на описываемой станции.

Во втором случае, при размещении двигателей с компрессорами в одном помещении, двигатели и электроаппаратура должны иметь взрывобезопасное исполнение, при котором оболочка двигателей и аппаратуры выдерживают полное давление взрыва и не передают этот взрыв в окружающую взрывоопасную среду.

Двигатели и электроаппаратура во втором случае могут быть также и невзрывоопасными, но имеющими специальное выполнение, при котором внутрь кожуха двигателей и аппаратов подведен под давлением чистый воздух или инертный газ.

Освещение станции должно быть наружным, через окна, специальными лампами прожекторного типа. На расстоянии 20 м от станции должна размещаться система интенсивного наружного освещения.

Электроосветительная сеть не должна быть связана с силовой сетью и при снятии напряжения с внутренней разводки станции освещение через окна должно оставаться включенным.

В безопасном от газа месте, например с наружной стороны камер ввода, должно быть дублированное кнопочное выключение силовой проводки станции.

Рубильники и выключатели, невзрывоопасного типа или не имеющие специального выполнения, недопустимы в помещениях, которые могут быть под газом.

Указанное требование к электрической части станции относится также полностью и к электрической части контрольно-измерительной аппаратуры.

¹ «Правила устройства электротехнических установок» Госэнергоиздат 1949 г., стр. 237—265, а также «Временные правила Государственной газовой инспекции», стр. 30.

На станции должен быть хороший и надежный контур заземления, проверку которого необходимо производить не реже одного раза в месяц.

Все здания и сооружения станции должны быть оборудованы грозовой защитой, первую проверку которой необходимо производить в начале весны, на Урале, например, не позднее 15 марта, а затем каждый месяц в течение грозового периода.

Требования, предъявляемые к оборудованию, работающему при высоком давлении

Газонаполнительные станции и газобаллонные автомашины работают при высоком давлении, достигающем на станциях до 350 ат и на машинах до 200 ат. Наличие столь высокого давления заставляет предъявлять особые требования ко всем частям таких установок.

Такие установки подлежат регистрации и надзору Государственной Инспекции котлонадзора. Все расчеты трубопроводов, сосудов, машин и аппаратуры на таких установках должны производиться по нормам Инспекции котлонадзора.

Таким образом на станции по нормам Инспекции котлонадзора, не рассчитываются и не подлежат его контролю только установки, расположенные до компрессоров, например, нафталиноочистка, сероочистка, ресиверы низкого давления. На автомашинах к таким деталям относится только газовая система за редуктором. Вся газовая аппаратура автомашин, включая редукторы, должна рассчитываться и контролироваться по нормам Инспекции котлонадзора.

Все сосуды, находящиеся под давлением, должны проходить специальные испытания и проверку Инспекции котлонадзора, и на каждый сосуд, работающий под давлением, должна быть заведена специальная регистрационная книга, в которой должны быть чертежи данного сосуда, расчеты на прочность, в нее должны заноситься результаты осмотра инспектором котлонадзора.

На работу каждого сосуда под давлением должно быть получено специальное разрешение Инспекции котлонадзора с указанием, на какой срок дано такое разрешение. По истечении данного на работу срока каждый сосуд должен вновь подвергаться осмотру Инспекции котлонадзора для подтверждения возможности дальнейшей работы.

Начальник газонаполнительной станции и начальник автотранспорта, в ведении которого находятся газобаллонные автомашины, обязаны следить за тем, чтобы все работающие под давлением установки своевременно представлялись Инспекции котлонадзора для осмотра и перерегистрации. Работать с этими установками без разрешения Инспекции запрещается.

Обслуживающий и руководящий персонал станции и гаража газобаллонных автомашин, несмотря на наличие разрешения на работу оборудования в течение определенного срока, должен

вести непрерывное наблюдение за состоянием оборудования, находящегося под давлением, и при появлении трещин, раковин, свищей и пропусков газа должен немедленно сообщать об этом администрации цеха, Инспекции котлонадзора и газоспасательной службе.

Правила проектирования и надзора за установками, работающими под давлением, достаточно полно изложены в специальных правилах Инспекции котлонадзора¹.

Учитывая, что в «Справочнике по котлонадзору» достаточно полно освещены вопросы, встречающиеся при строительстве и эксплуатации установок, работающих под давлением, остановимся кратко только на отдельных вопросах, с которыми наиболее часто приходится встречаться в работе наполнительных станций и газобаллонных автомашин.

При эксплуатации станций и газобаллонных автомашин следует помнить, что все части установок, находящиеся под высоким давлением, обычно работают при больших напряжениях металла, поэтому создание каких-либо случайных дополнительных напряжений, на которые эти части не были рассчитаны, может привести к авариям.

Из этого следует, что никакие ремонты, даже самые мелкие, способствующие созданию дополнительных усилий в конструкциях, находящихся под давлением, не разрешается производить до того момента, пока давление не будет ниже одной избыточной атмосферы.

Поэтому при наличии давления запрещается подтягивать болты и гайки у трубопроводов, чеканить стыки, сверлить отверстия, поднимать вагой или домкратом сосуды.

Запрещается подвеска грузов, решеток и оттяжек на трубах высокого давления, прочистка на ходу механическим способом трубопроводов, отвинчивание продувочных штуцеров, кранов, разборка вентиляей, задвижек и т. д.

В случае крайней необходимости подтяжка соединительных гаек и болтов на трубопроводах может быть разрешена только в присутствии начальника станции или мастера, после предварительного инструктажа и получения специального наряда на эту работу.

На газобаллонных автомашинах подтяжку ниппельных соединений и крепление баллонов, как правило, разрешается производить при давлении в баллонах не выше 5 ат.

Работающим на станции и автомашинах необходимо помнить, что газопроводы, сосуды и аппаратура, находящиеся под воздействием коксового газа, при некоторых условиях могут подвергаться химическому разрушению.

Установлено практикой, что при наличии неплотности в газопроводах, арматуре или сосудах, находящихся под давлением,

¹ Справочник по котлонадзору, Госэнергоиздат, 1949 г.

в месте неплотности возникает процесс разрушения металла, причем наиболее быстро такое разрушение происходит в том случае, если через место утечки выходит жидкость даже в очень небольших количествах.

Таким образом можно считать, что жидкость, выделяющаяся из коксового газа, при совместном воздействии с воздухом весьма интенсивно разрушает металл.

Выбивание жидкости из газопроводов коксового газа через фланцы приводит к быстрому разрушению резьбы на болтах и фланцах. При попадании жидкости на соединительные гайки прежде всего происходит разрушение резьбы гаек.

В связи с этим необходимо очень тщательно следить за тем, чтобы на установке не было сырости, особенно на газопроводах. Газопровод в поврежденных местах нужно немедленно отремонтировать путем заварки или замены, так как замазка и чеканка в таком случае не помогают, а наоборот, ускоряют разрушение.

Разрушающее действие на металл при совместном действии с кислородом оказывают также некоторые виды отложений из коксового газа. Такие случаи наблюдаются в освобожденных от газа газопроводах или сосудах, если из них тщательно не удалены отложения.

В литературе [3] имеется указание на то, что при наличии в коксовом газе цианистых соединений и влаги, примерно, через год работы в баллонах образуются очень мелкие трещины, в результате которых происходят разрывы баллонов. Согласно указанным данным разорвавшиеся баллоны были подвергнуты перед пуском гидравлическим испытаниям на полуторное рабочее давление. Имеются в литературе также указания, что это образование трещин и разрушение баллонов наступали после 1500 заправок.

В нашей практике, учитывая приведенные литературные данные, мы неоднократно подвергали работавшие баллоны металлографическим исследованиям и для баллонов, проработавших четыре года, трещин указанного характера, вызванных действиями цианистых соединений, обнаружено не было.

При испытаниях баллонов и аккумуляторов неоднократно обнаруживались трещины в горловинах на месте перехода широкой части в узкую, но эти трещины были пленой, образовавшейся при изготовлении баллонов.

Такие дефекты, согласно заключениям металлографической лаборатории, в нашем случае не представляли опасности для работы.

Учитывая наличие указаний на имевшие место разрывы баллонов, мы считаем все же необходимым подвергать баллоны выборочным путем металлографическим испытаниям после прохождения ими 1500 заправок.

Приводим некоторые дополнительные положения, которые на основании опыта работы описываемой установки необходимо

выполнять при проектировании газонаполнительных станций для коксового газа.

1. Электропитание системы освещения станции необходимо выполнять таким образом, чтобы при снятии напряжения с силовой части станции освещение было включено.

2. Наружное освещение станции должно иметь электропитание, независимое от электропитания силовой части станции и стационарного освещения.

3. На четырех сторонах стационарного ограждения должна быть световая и звуковая сигнализация, предупреждающая, в случае прорыва газа, о недопустимости подъезда к станции автомашин и необходимости удаления шоферов из машин, стоящих у станции.

4. На станции должна быть аварийная пожарная и газоспасательная сигнализация с возможностью подачи сигнала как из внутренней, так и с наружной части станции. Один из сигналов должен обязательно устанавливаться с наружной стороны у главного выхода со станции.

5. При размещении станции в нескольких помещениях все отдельные помещения, имеющие сосуды под давлением, должны иметь отдельные кнопки для аварийной сигнализации.

Приводим некоторые правила безопасности для шоферов газобаллонных автомашин, работающих на коксовом газе:

1. Каждый шофер, работающий на газобаллонной автомашине, должен знать свойства коксового газа.

2. При приемке машины от другого шофера, помещении ее в гараж или при выезде из гаража необходимо проверить плотность соединений трубопроводов и арматуры. При этом необходимо осмотреть и проверить отдельные узлы и детали, в которых, согласно наблюдениям, наиболее часто возникают повреждения:

а) соединительную трубку от запорного вентиля на крайнем блоке до вентиля на стенке кабины (участок 23—19 по рис. 22). Этот участок газопровода подвержен наиболее частым поломкам, вследствие относительной независимости движения кабины и рамы, на которой лежат баллоны;

б) целостность ниппельных соединений у газопроводов между баллонами в месте входа трубок под затяжную гайку;

в) главный запорный вентиль (позиция 26 по схеме рис. 22), так как у машин ЗИС-156 и ГАЗ-516 довольно часто наблюдаются поломки мембраны этих вентилях. Повреждение мембраны вентиля обычно обнаруживается по пропуску газа через резьбу шпинделя.

3. Необходимо проверить исправность клапана первой ступени, открывая газ на редуктор.

Давление газа на манометре редуктора при исправном клапане первой ступени не должно быть выше 3 атм, на которое регулируется редуктор в мастерских.

В том случае, если давление газа в полости первой ступени продолжает расти (что видно по показаниям манометра низкого давления), то при достижении давления 4,5 *ати* должен открываться предохранительный клапан.

Если предохранительный клапан не начнет срабатывать при указанном давлении, то газ на машину необходимо немедленно закрыть, так как может произойти разрыв корпуса редуктора.

4. Необходимо проверить плотность перекрытия клапана второй ступени в редукторе.

Неплотность клапана второй ступени при остановленном двигателе приводит к опасным утечкам газа под капот машины, откуда он может проникнуть в кабину водителя.

Неплотность клапана второй ступени обнаруживается на слух; в этом случае слышен шум проходящего через клапан газа.

Признаком неплотности клапана второй ступени может служить также затруднение в пуске двигателя и ухудшение его работы на холостом ходу.

5. Необходимо проверить при открытом на машину газе нет ли пропуска газа через отверстие в регулировочной гайке клапана первой ступени.

Пропуск газа в указанном случае может быть вследствие разъедания коксовым газом резиновой мембраны клапана первой ступени.

6. При приемке груза и его закреплении шофер обязан следить за тем, чтобы не произошло повреждения соединительных газопроводов и вентиляей.

7. Запрещается работать на машине при давлении газа в баллонах ниже 5 *ати*.

Если по каким-либо причинам произошла полная сработка газа или выпуск газа из баллонов вследствие какого-либо повреждения, то перед наполнением баллонов необходимо продуть баллоны газом 2—3 раза при давлении 5—6 *ати*.

8. Запрещается проверка плотности газовой системы автомашины (поиски утечек) при помощи огня.

При наличии каких-либо утечек газа в системе автомашины запрещается ставить автомашину в гараж.

9. Все мелкие ремонты и регулировки газовой аппаратуры и трубопроводов разрешается производить только после того, как остановлен двигатель.

10. При работающем двигателе разрешается производить только регулировку холостого хода.

11. При наличии значительной утечки газа работа машины на газе запрещается.

12. Выпуск газа из баллонов автомашин запрещается производить вблизи стоянки автомашин или газонаполнительной станции, а также вблизи цехов металлургического завода,

имеющих печи, работающие с открытым пламенем (печи марте-новские, прокатные, кузнечные). Для выпуска газа из машин в районе станции и гаражей должны быть предусмотрены специальные площадки.

13. При загорании газа в газобаллонной автомашине необходимо прежде всего закрыть главный запорный и баллонные вентили на машине.

Если загорание газа произошло при работе автомашины, то нужно, не останавливая двигателя, закрыть магистральный вентиль и выработать газ из газовой системы машины.

Тушение на машине горящего газа после закрытия вентиляей можно производить обычным способом — огнетушителем, песком, землей, брезентом.

Приведем выработанные на основании опыта работы некоторые положения для случаев возникновения опасности в работе на наполнительной станции.

При прорыве газа в помещении станции необходимо:

1. Снять напряжение на силовой части станции, выключить главный масляный выключатель.

2. Дать аварийные сигналы в газоспасательную станцию и пожарную охрану.

3. Прекратить заправку машин.

4. Проверить наличие всех работавших на станции людей и выяснить их место пребывания и состояние.

5. Дать сигнал на ограждение станции, запрещающий подъезд к станции автомашин и требующий удаления шоферов от машин, ожидающих заправки.

6. Шофера стоящих у станции машин должны немедленно выключить зажигание и отойти от станции на 50 м.

7. Запрещается шоферам после аварийного сигнала отводить машины от станции.

8. Перекрыть ближайшую к месту прорыва газа задвижку, прекращающую выход газа из места повреждения.

9. Если прорыв газа произошел ночью, включить аварийное освещение и аккумуляторные фонари.

10. Проверить работу вентиляционных установок; если они не были включены — включить.

11. Сообщить начальнику станции и диспетчеру завода об аварии на станции.

12. В целях улучшения проветривания помещения открыть все двери и окна на станции.

13. Если прорыв газа носит местный характер и может быть устранен без длительной остановки всей станции, то совместно с работником газоспасательной станции установить возможность работы станции или ее части.

14. Получить указания от начальника станции или лица, его замещающего, о порядке проведения дальнейших работ на станции.

15. После получения разрешения на дальнейшее проведение работы произвести соответствующую запись в книге и снять аварийный сигнал запрещения подъезда автомашин для заправки.

16. На станции должна быть вытяжная и приточная вентиляция, имеющая электропитание, независимое от электропитания силовой части станции.

Электропитание вентиляции может быть общим с электропитанием наружного или внутреннего освещения.

ГЛАВА X

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Опыт работы описанной установки позволяет считать, что при существующих способах очистки газа, оборудовании газонаполнительной станции и конструкции газобаллонных автомашин работа последних на коксовом газе вполне надежна и экономически целесообразна.

Опыт работы также показывает, что при проектировании и развитии таких установок главное внимание должно быть обращено на очистку газа, так как основой надежной работы таких установок является чистота газа.

При решении вопроса об общей компоновке газонаполнительной станции необходимо стремиться к совмещению станции с другими аналогичными установками.

В условиях металлургических заводов можно рекомендовать совмещение работы газонаполнительной станции:

- а) с установками для снабжения газом тепловозов заводского транспорта;
- б) со станцией, подающей газ на бытовые нужды;
- в) со станцией дальнего промышленного газоснабжения;
- г) с установками глубокого охлаждения газа;
- д) с установками для очистки коксового газа для отдельных технологических процессов, например, со специальными газоочистками для прокатных и мартеновских цехов;
- е) с установками, предназначенными для огневой зачистки металла.

Целесообразно сооружение общих газоочисток для автотранспорта с другими аналогичными установками, даже при размещении таких установок на некотором расстоянии друг от друга и передаче между ними очищенного газа с низким давлением.

При наличии на данном металлургическом заводе каких-либо установок по обогащению коксового газа, например, метанизации, или газопроводов «богатого» газа от заводов синтеза аммиака, автотранспорт должен получать газ от таких установок.

При всех условиях необходимо стремиться к размещению станций, сжимающих коксовый газ для автотранспорта, на возможно далеком расстоянии от коксохимических заводов, так

как при таком размещении обеспечивается подача к станции более чистого газа.

Для станций производительностью более 5000 нм^3 газа в сутки общую компоновку необходимо выполнять с выделением в самостоятельное помещение предварительной очистки газа. Желательно также в отдельном помещении устанавливать и аккумуляторы.

Газораздаточные колонки необходимо устанавливать на расстоянии, примерно, 10—15 м от зданий компрессорной и других помещений станции.

Управление заправочными колонками, в зависимости от их размещения, может производиться из помещения, пристроенного к зданию компрессорной или аккумуляторной установки.

Для станций меньшей производительности отдельные элементы станции возможно совмещать с общим помещением станции.

Наиболее желательно территориальное размещение станции при въезде на завод в случае расположения гаража вне завода и в непосредственной близости от гаража при расположении его внутри завода.

Схема очистки газа

На основе опыта работы газонаполнительной станции на ближайший период времени может быть намечена следующая схема очистки газа на станциях, предназначенных для снабжения коксовым газом автотранспорта.

Очистка газа до компрессора

1. Нафталиноочистка — промывка газа в скрубберах соляровым маслом (возможна нафталиноочистка и по более совершенной схеме).

2. Электрофильтр для улавливания частиц масла, унесенных из нафталинового скруббера, и остатков смол.

Очистка газа в системе компрессора

1. После первой ступени сжатия:

а) холодильник,

б) маслоотделитель,

в) механический фильтр; в качестве такого фильтра может быть рекомендован ударный очиститель, приведенный на рис. 6.

2. После второй ступени сжатия:

а) холодильник,

б) маслоотделитель,

в) механический фильтр,

г) фильтр с болотной рудой для очистки от серы и цианистых соединений.

3. После третьей ступени сжатия:

а) холодильник,

б) маслоотделитель,

в) механический фильтр.

4. После четвертой ступени сжатия:

а) холодильник,

б) маслоотделитель,

в) механический фильтр,

г) осушка газа.

Для осушки газа могут быть использованы клапан противодавления, химический поглотитель или холодильная установка.

Наименее экономичным является клапан противодавления, так как осушка при этом связана с значительным перерасходом электроэнергии на сжатие газа.

Повидимому более экономичным способом осушки газа является комбинация холодильной установки с последующей осушкой химическим поглотителем.

При проектировании станции, работающей на коксовом газе, необходимо предусмотреть установку компрессоров производительностью 400—500 $\text{нм}^3/\text{час}$ с обязательным резервированием 100% при одном или двух компрессорах и 50% при большем количестве компрессоров.

Конструкция отдельных элементов компрессоров, предназначенных для сжатия коксового газа — клапанов, сальников, поршней и пр., должна быть рассчитана на работу с газом, содержащим загрязнения.

Все газопроводы, начиная с первой ступени сжатия, до раздаточных колонок на заправке должны выполняться двойными с расчетом каждой магистрали на полную пропускную способность.

Газопроводы после первой ступени сжатия должны быть не сварными, а на фланцах, с таким расчетом чтобы их можно было легко разбирать и собирать при очистке от отложений, без применения резки.

Два последних требования вызваны тем обстоятельством, что, примерно, один раз в год может возникнуть необходимость очистки газопроводов от отложений.

Трубы газопровода высокого давления необходимо размещать на станции так, чтобы на период чистки их можно было легко снимать и не затруднялся демонтаж газопроводов высокого давления при ремонтах.

Ресиверы для возврата отбросного газа от заправочных колонок и предохранительных клапанов необходимо устанавливать вне здания.

Для предупреждения замерзания конденсата необходимо покрывать такие ресиверы изоляцией. Нет основания стремиться к сохранению тепла в газе, так как всякое добавочное охлаждение газа улучшает его очистку и увеличивает производительность компрессоров.

Конструкция всей арматуры станции должна быть максимально простой, в арматуре не должно быть каких-либо уп-

лотнений, которые могут подвергаться разъеданию коксовым газом.

В конструктивном отношении запорная арматура должна выполняться так, чтобы седла клапанов и посадочные поверхности были легко доступны для осмотров и притирки.

Запорные вентили и задвижки необходимо выполнять так, чтобы резьба штоков не подвергалась воздействию коксового газа.

Топливоподающая аппаратура автомашин

Достаточно длительный опыт эксплуатации газобаллонных автомашин в Советском Союзе и, в частности, на описываемой установке дает возможность наметить ряд вполне определенных положений, которые должны учитываться при конструировании топливоподающей аппаратуры и, в частности, редукторов.

Приводим некоторые из этих положений.

1. При работе автомашин на коксовом газе решающее значение имеет производительность редукторов, т. е. то количество газа, которое должен пропустить редуктор при полной нагрузке двигателя.

При работе на коксовом газе с теплотворностью 4000 ккал/м^3 расход газа типовыми автомашинами не превышает $65 \text{ нм}^3/\text{час}$ (ЗИС-120).

Для обеспечения надежной работы двигателя максимальный расчетный отпуск газа при указанной теплотворности его должен быть не менее $70 \text{ нм}^3/\text{час}$.

В случае регулировки редуктора на воздухе необходимо вносить поправку на разницу объемного веса газа и воздуха. Эта поправка определяется из соотношения:

$$k = \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}}$$

Для обычного коксового газа $K = 1,6$.

Таким образом пропускная способность редуктора по воздуху при полностью открытом клапане второй ступени должна быть не менее

$$70 : 1,6 = 43,8 \text{ нм}^3/\text{час}.$$

Для обеспечения высокой пропускной способности редуктора необходим достаточно большой ход клапана второй ступени.

2. Редуктор должен обеспечить плотное перекрытие газа (герметичность) при остановленном двигателе.

Соблюдение указанного требования особенно необходимо при работе на коксовом газе, в составе которого имеются отравляющие вещества.

В действующей аппаратуре МКЗ и АЛАН требования герметичности выполнены не с достаточной степенью запаса. Необходимо дальнейшая работа по комплексному решению конструктор-

ций узлов, обеспечивающих герметичность клапанов второй ступени.

3. Редуктор должен обеспечить при изменении давления газа в баллонах от 200 до 10 *ати* при любых режимах двигателей достаточное постоянство давления газа в камерах клапанов и, особенно, в камере клапана второй ступени.

Нужно стремиться к тому, чтобы неравномерность давления газа при выходе из редуктора при любых колебаниях давления в баллонах и расходах газа была ликвидирована.

Практически необходимо считать, что при изменении давления в баллонах от 200 до 10 *ати* допустимо изменение давления в камере первой ступени не более, чем на 0,2—0,3 *ат* и в камере второй ступени на 10 *мм вод. ст.*

4. В установке обязательно должен быть экономайзер, так как при наличии его обеспечивается экономия топлива и тем самым увеличивается запас хода у автомашин, что имеет особо большое значение при работе на коксовом газе.

При конструировании экономайзера необходимо стремиться к созданию такой схемы регулировки, при которой обеспечивалось включение экономайзера после полного открытия дросселя, т. е. при больших скоростях и больших нагрузках двигателя.

5. На качество и надежность работы редуктора весьма сильное влияние оказывает и качество изготовления пружин, системы клапанов, вакуумразгрузителя и экономайзера и их характеристика.

Необходимо при конструировании и, особенно, изготовлении пружин, обеспечивать их качественное выполнение, гарантирующее продолжительную работу пружин без изменения их характеристики.

6. Для обеспечения требуемой мощности редуктора, экономического расхода топлива и улучшения динамической характеристики двигателя при работе на коксовом газе необходим особо тщательный подбор отверстий в дозирующей шайбе и дозирующего отверстия в экономайзере.

В выпускаемой аппаратуре подгонка указанных проходных отверстий рассчитана на газ, имеющий теплотворность выше 5000 ккал/м^3 .

Необходимо в заводских лабораториях установить величину дозирующих отверстий в экономайзере для работы на коксовом газе.

7. При конструировании топливоподающей аппаратуры и, в частности, редукторов, работающих на коксовом газе, необходимо обращать особое внимание на доступность отдельных деталей аппаратуры для осмотра, чистки и регулировки и стремиться к максимальной ее простоте.

8. Большое значение для редукторов, работающих на коксовом газе, имеет расположение предохранительного клапана на корпусе редуктора.

В частности, расположение предохранительного клапана в непосредственной близости к выходному отверстию клапана первой ступени и размещение его в нижней части камеры приводит к тому, что при выходе газа из клапана первой ступени смолистые частицы забивают предохранительный клапан, в результате чего он перестает работать.

9. При изготовлении редукторов, предназначенных для работы на коксовом газе, необходимо устранить возможность разрушения деталей из резины примесями, содержащимися в коксовом газе, особенно бензолом, так как наличие бензола в газе в некоторых случаях может быть желательным.

Необходимо считать, что существующие типы аппаратуры все еще слишком сложны, и эта сложность не оправдывается экономическими и техническими показателями ее работы.

Некоторые вопросы развития газобаллонных автомашин

Достаточно длительный и успешный опыт работы газобаллонных автомашин в СССР на различных газах и перспективы дальнейшего развития газовой промышленности, расширения применения газа в качестве автомобильного топлива и увеличения производства автомобилей выдвигает необходимость выпуска нашей промышленностью специализированных газобаллонных автомашин.

Выпуск таких автомашин позволит увеличить радиус действия машин и улучшить их экономические показатели.

В нашей стране выросли высококвалифицированные кадры водителей газобаллонных автомашин, создано вполне надежное оборудование для таких установок, растут и будут еще более расти сети газификации.

Необходимо расширить область применения газобаллонных автомашин, обеспечить серийный выпуск бетоновозов, самосвалов, цистерн, автобусов, большегрузных и других специализированных автомашин, предназначенных для работы на сжатых газах.

Следует указать, что необходимость этого мероприятия настолько велика, что на местах начали расширять область применения газобаллонных автомашин.

Весьма важным мероприятием является создание автомобильных двигателей, работающих по более совершенному, специализированному для работы на сжатом газе, циклу.

По опыту работы больших стационарных газовых двигателей надо полагать, что хороший эффект может дать двухтактный двигатель, работающий по смешанному циклу.

Наконец, нужно решить вопрос о выпуске нашей промышленностью баллонов, имеющих меньший вес и большую емкость. Все возможности для этого имеются.

Необходимо указать, что для работы на коксовом газе весьма желательно применение двухгорловых баллонов, так как при

наличии двух горловин у баллона в значительной степени облегчается его очистка.

Следует отметить, что первые газобаллонные автомашины ЗИС-30 были оборудованы двухгорловыми баллонами и, как показал опыт работы описываемой установки, двухгорловые баллоны в условиях работы на коксовом газе оказались значительно лучше одногорловых.

Дальнейшее усовершенствование газобаллонных автомашин и топливоподающей аппаратуры и создание мощных газовых компрессоров, приспособленных для сжатия коксового газа, позволят расширить применение коксового газа в автомобильном транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Кустов и Л. Я. Коляндр. Коксовый газ. Металлургиздат, 1947.
2. Н. Е. Кунаков. Газовое хозяйство металлургических заводов. Металлургиздат, 1951.
3. К. И. Генкин. Развитие конструкций автомобилей. Выпуск 2. Газобаллонные автомобили. Машгиз, 1949.
4. Г. И. Самоль. Газобаллонный автотранспорт. Наркомхоз. РСФСР, 1945.
5. В. Ф. Гогин и Л. И. Злотин. Глубокое охлаждение коксового газа. Госхимиздат, 1947.
6. Государственная газовая техническая инспекция. Временные правила проектирования, строительства и эксплуатации газонаполнительных станций сжатого газа. Москва, 1947.
7. Справочник по котлонадзору. Госэнергоиздат, 1950.
8. Автомобиль газобаллонный ЗИС-156. Инструкция по эксплуатации. Машгиз, 1951.
9. Академик Е. А. Чудаков и к. т. н. К. И. Генкин. Топливоподающая аппаратура для газобаллонных автомобилей АЛАН-2М. Автомобильная и тракторная промышленность, № 10, 1951.
10. Академик Е. А. Чудаков. Советский автомобиль. Изд. Академии Наук СССР, 1952.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Заменители жидкого топлива, применяемого в автотранспорте металлургических заводов	5
Твердые заменители	—
Жидкие заменители	6
Газообразные заменители	—
Глава II. Коксовый газ и его свойства	9
Особенности сгорания коксового газа	13
Глава III. Затруднения в первый период работы станции и машин на коксовом газе	15
Характеристика отложений из коксового газа	17
Смолы	18
Бензол	—
Нафталин	19
Соединения серы	—
Цианистые соединения	—
Влага	20
Смазочное масло	—
Глава IV. Очистка коксового газа на газонаполнительной станции	21
Очистка газа от нафталина	—
Очистка газа от серы	27
Очистка газа от соединений азота	28
Окислы азота (NO)	29
Очистка газа от водяных паров	—
Химическая осушка	30
Метод глубокого охлаждения	31
Метод дросселирования	—
Ударный очиститель	34
Глава V. Общеконструктивное выполнение установки	37
Расчет производительности газонаполнительной станции	41
Глава VI. Требования, предъявляемые к конструкции компрессоров	45
Глава VII. Эксплуатация аккумуляторов и сосудов под давлением на газонаполнительной станции	54
Аккумуляторные баллоны	55
Условия приемки и эксплуатации аккумуляторов	56
Необходимая емкость аккумуляторной установки	60
Арматура газонаполнительной станции	62
Газовое оборудование и топливоподающая аппаратура газобаллонных автомобилей	65
Топливоподающая аппаратура газобаллонных автомашин	67
Конструкции газовых редукторов	68
Газовые редукторы и смесители типа АЛАН	—
Топливоподающая аппаратура автомашин ЗИС-156 и ГАЗ-516	76

Газовый редуктор типа МКЗ	77
Основные неисправности топливopодaющей аппаратуры АЛАН-2 и МКЗ за период работы станции	84
Неисправности аппаратуры АЛАН-2	86
Особенности работы автомобильного двигателя на коксовом газе	87
Повышение теплотворности коксового газа	92
Глава VIII. Экономика перевода автотранспорта на сжатый коксовый газ	96
Глава IX. Техника безопасности при работе газонаполнительной станции и автомашин на коксовом газе	101
Отравляющие действия газа и его отложений	102
Отравляющие действия отложений из коксового газа	103
Взрывоопасные свойства коксового газа	104
Требования, предъявляемые к электрической части станции	106
Требования, предъявляемые к оборудованию, работающему при высоком давлении	108
Глава X. Некоторые выводы из опыта работы газонаполнительной станции	115
Схема очистки газа	116
Топливopодaющая аппаратура автомашин	118
Некоторые вопросы развития газобаллонных автомашин	120
Литература	122

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть	По вине
12	9 сн.	по воде	по воде, $нм^3$	авт.
51	6 св.	0,7 кг/сек	0,7 кг/час	»
61	6 сн.	рис. 10	рис. 9	ред.
62	13 св.	рис. 10	рис. 9	»
100	14 сн.	1,0—12	1,0—1,2	корр.

Н. Е. Кунаков

Редактор *К. В. Маликов*
 Редактор издательства *Ю. В. Лучко*
 Технический редактор *Н. И. Коваленко*

Подписано к набору 28/V 1953 г. Подписано к печати 31/VIII 1953 г.
 Бумага 60×92¹/₁₆ = 3,88 бум. л. = 7,75 печ. л. Уч.-изд. л. 7,75
 Зн. в 1 п. л. 40 000 НС 39318 Тираж 2000 Цена 3 р. 90 к. Заказ 1278

Типография Металлургиздата в г. Свердловске. Свердловск, Дом промышленности

015-
82-