

БЕСПЛАТНО

5928

ГУУЗ НАРКОМЛЕСА СССР

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ и СЕКТОР ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ
при ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ им. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

Доц. Н. П. ПАВЛОВСКИЙ, доц. С. Ф. ОРЛОВ

**АВТОМОБИЛЬНО-
ТРАКТОРНЫЕ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ
УСТАНОВКИ**

(КОНСПЕКТИВНЫЙ КУРС)

ЛЕНИНГРАД · 1938

ГУУЗ НАРКОМЛЕСА СССР

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ и СЕКТОР ЗАОЧНОГО
ОБУЧЕНИЯ при ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ им. С. М. КИРОВА

7 $\frac{57}{284}$

На правах рукописи

Доц. Н. П. ПАВЛОВСКИЙ, доц. С. Ф. ОРЛОВ

АВТОМОБИЛЬНО-
ТРАКТОРНЫЕ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ
УСТАНОВКИ

(КОНСПЕКТИВНЫЙ КУРС)

ЛЕНИНГРАД • 1939

Древесная газогенераторная установка <i>Пионер Д-9</i> для трактора <i>Сталинец-60</i>	102
Древесная газогенераторная установка <i>НАТИ Г-19</i> для трактора <i>СТЗ-НАТИ</i>	104
Древесная газогенераторная установка <i>НАТИ Г-25</i> для трактора <i>Сталинец-65</i>	106
Древесная газогенераторная установка <i>ЛС-1/3</i> для трактора <i>Сталинец-60</i>	108
Глава V. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА.	
Метод расчета	111
Материальный баланс	112
Тепловой баланс	118
Глава VI. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА.	
Определение размеров бункера	128
Определение размеров топливника	131
Расчет воздушных отверстий	136
Определение размеров зольника	138
Определение размеров газопровода	139
Глава VII. ПАДЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ, И МЕРОПРИЯТИЯ, КОМПЕНСИРУЮЩИЕ ЭТО ПАДЕНИЕ.	
Причины падения мощности двигателя	140
Мероприятия, компенсирующие падение мощности двигателя	149
Глава VIII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ С ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ	
Осмотр и заправка газогенераторных машин	161
Разжиг газогенератора	162
Пуск двигателя и перевод его на питание генераторным газом	165
Особенности обслуживания машин при работе	167
Гаражный уход	170
Неисправности газогенераторных машин и их устранение	172

ВВЕДЕНИЕ.

Автотракторный парк механизированных лесопунктов работает почти исключительно на жидком топливе-лигроине и бензине, доставляемом в большом количестве из отдаленных нефтедобывающих районов.

Перевод этого парка с жидкого топлива на дешевое твердое, каковым являются древесина и древесный уголь, освобождает лесную промышленность от необходимости в жидком топливе и дает ряд других выгод, из которых наиболее существенны следующие:

1) Снижение расхода жидкого топлива в общем энергетическом балансе страны за счет уменьшения потребности в нем по Наркомлесу.

2) Освобождение железных дорог от части перевозок жидкого топлива и использование подвижного состава для других целей.

3) Снижение эксплуатационных расходов механизированных лесопунктов из-за резкого уменьшения затраты средств на жидкое топливо, его транспортирование по железным дорогам и подвоз к автотракторным базам.

4) Возможность организации механизированных лесопунктов в районах с плохо развитой дорожной сетью, далеко отстоящих от магистральных путей транспорта.

5) Использование в качестве топлива древесных отходов, не идущих в дальнейшую переработку, всегда имеющихся в достаточном количестве на лесопунктах.

6) Построение производственного плана лесопункта вне зависимости от доставки жидкого топлива.

Для перевода автотракторного парка механизированных лесопунктов на питание твердым топливом на автомобилях и тракторах устанавливаются особые дополнительные устройства, которые дают возможность вырабатывать из древесины и древесного угля горючую смесь для двигателей, заменяющую бензиновую.

Подобного рода устройства, получившие известность под наименованием „автомобильно-тракторные газогенераторные установки“, позволяют почти полностью отказаться от жидкого топлива и могут быть без особых затруднений смонтированы на каждом тракторе или автомобиле.

Однако, автомобили и тракторы, оборудованные газогенераторными установками, можно внедрять в лесную промышленность только при одновременной большой работе

по подготовке квалифицированных кадров для лесопунктов и по конструированию новых, наиболее совершенных образцов этих установок, при усиленном внимании руководящих лесных органов и их работников к новой и еще недостаточно освоенной отрасли техники.

Разрешение всех указанных вопросов позволит преодолеть встречающееся в некоторых лесных организациях недоброжелательное отношение к новому типу транспортных машин, влекущее за собой в ряде случаев недопустимые условия их эксплуатации.

Выполнение в полной мере постановления СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 19 января 1935 г. „О недостатках в работе Народного комиссариата лесной промышленности в области лесозаготовок и лесосплава и о мерах к ее улучшению“ и, в частности, по переводу автотракторного парка лесопунктов на твердое топливо является безусловной обязанностью каждого работника лесной промышленности и обеспечивает все условия для эффективности этого перевода.

Постановление Совета Народных Комиссаров Союза ССР от 1 марта 1938 г. „О производстве газогенераторных автомобилей, тракторов и других видов транспортных машин“, в котором дана неудовлетворительная оценка состоянию производства и внедрения газогенераторных машин в народное хозяйство, обязывает Наркоммаш изготовить в 1938 г. 4500, в 1939 г. — 25 000 и в 1940 г. — 55 000 газогенераторных тракторов и автомобилей.

Это постановление содержит развернутую программу газогенераторостроения и кладет конец имевшему место консерватизму и безответственности в этом важнейшем вопросе.

ГЛАВА I.

ТОПЛИВО.

ВИДЫ ТОПЛИВА.

Виды топлива, которые могут быть использованы в автомобильно-тракторных газогенераторных установках, весьма разнообразны, но все они являются твердым топливом минерального или органического происхождения.

Из топлив минерального происхождения применяются каменные угли (бурый, собственно каменный и антрациты), торф и горючие сланцы, а из топлив органического происхождения — древесина и древесный уголь, солома, отбросы хлопкового производства, подсолнечная шелуха и др.

Самыми распространенными видами топлива и единственными для газогенераторных установок, эксплуатируемых в лесной промышленности, служат *древесина* в виде древесных чурок, щепы, брикетов из древесных отходов и *древесный уголь*.

ДРЕВЕСНОЕ ТОПЛИВО.

Состав. В состав любого вида твердого топлива входят полезные элементы — горючие, называемые *органической частью*, и элементы бесполезные — негорючие, называемые *балластом*.

Органическая часть топлива содержит углерод, водород, горючую серу, кислород и азот, а балластная часть — воду, золу и негорючую серу. Такие элементы, как углерод, водород, кислород и азот, входят в состав всякого топлива, а присутствие в нем воды, серы и золы зависит как от вида топлива, так и от ряда других причин.

Основная масса древесного топлива состоит из углерода, водорода, кислорода и азота, причем содержание первых трех элементов в различных породах древесины почти одинаково, а содержание азота имеет небольшие колебания.

Можно считать, что в среднем абсолютно сухая древесина содержит 49,5% углерода, 6,3% водорода и 44,2% кислорода вместе с азотом.

По Д. И. Менделееву, в среднем абсолютно сухая древесина содержит 50% углерода, 6% водорода, 43,4% кислорода с азотом и 0,6% золы.

Кроме указанных органических веществ, в состав древесины входят и минеральные — поташ, сода, известь, магнезия и др., образующие при сгорании золу. Содержание золы в древесине колеблется от 0,2 до 1,7% и зависит от породы и части дерева, его возраста, условий местопроизрастания. Наибольшее количество золы обычно содержится в коре и ветвях дерева.

Углерод, водород и кислород, находящиеся в составе древесины, образуют сложные органические вещества — целлюлозу, лигнин, дубильные вещества, смолы и другие, причем целлюлоза и лигнин являются главнейшими горючими веществами древесины.

Теплотворная способность. Качество топлива определяется количеством тепла, выделяющимся при его сгорании. Главный элемент топлива — углерод (С) выделяет при полном сгорании 1 кг топлива 8137 кал. (по Менделееву). Свободный водород (Н), находящийся в органическом соединении с углеродом или другими элементами, выделяет при сгорании 1 кг топлива 34180 кал. Связанный водород, находящийся в соединении с кислородом в виде воды (Н₂О), тепла при горении не выделяет. Количество связанного водорода в топливе в 8 раз меньше по весу количества кислорода и определяется отношением 0:8, где 0 — вес кислорода топлива в кг.

Так как для испарения воды, имеющейся в составе топлива, при горении его требуется определенное количество тепла, выделяемого другими элементами, то связанный водород понижает теплотворную способность топлива.

Азот (N) в горении не участвует, выделяясь из органических соединений в свободном состоянии.

Сера (S) при сгорании в SO₂ выделяет 2181 кал., но является отрицательной частью топлива, так как продукты сгорания ее разрушающе действуют на металлические поверхности топок. В состав древесины сера не входит.

Содержащиеся в топливе минеральные вещества переходят в золу, за счет образования которой несколько уменьшается общая теплотворная способность топлива.

Теплотворная способность топлива определяется с учетом его состава и того количества тепла, которое выделяют при сгорании его элементы, если рассматривать их горение, как горение в свободном состоянии. В этом случае все тепло, выделенное при сгорании 1 кг топлива, и есть его теплотворная способность. Полагая, что топливо содержит в себе углерода С%, водорода Н%, кислорода — О% и серы — S% и что при полном сгорании углерод вы-

деляет $\frac{С \cdot 8137}{100}$ кал., свободный водород $(Н - \frac{О}{8}) \cdot 34180$ кал.

и сера $S \frac{2181}{100}$ кал., можно определить теплотворную способность данного вида топлива.

Различаются высшая и низшая (рабочая) теплотворные способности топлива.

Высшая теплотворная способность определяется при условии полного сгорания топлива с образованием воды при сгорании входящего в его состав водорода, низшая же — при условии полного сгорания топлива и превращения в пар воды, содержащейся в топливе и образовавшейся при сгорании водорода.

То количество тепла, которое расходуется на превращение воды в пар, теряется *бесполезно* и поэтому низшая или рабочая теплотворная способность топлива всегда соответственно меньше высшей. При определении низшей теплотворной способности топлива количество тепла, расходуемого на превращение воды в пар, принимается равным 600 кал. на 1 кг воды, а количество воды, образующейся при сгорании 1 кг топлива, равным 9Н кг.

Для определения теплотворной способности топлива существует ряд формул.

Формула Дюлонга имеет такой вид:

$$H_{\text{высшая}} = \frac{8137С + 34180 \left(Н - \frac{О}{8}\right) + 2181S}{100} \text{ — общая;}$$

$$H_{\text{высшая}} = \frac{8137С + 34180 \left(Н - \frac{О}{8}\right)}{100} \text{ — для древесины;}$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8137С + 28905 \left(Н - \frac{О}{8}\right) + 2181S - 600W}{100} \text{ — общая;}$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8137С + 28905 \left(Н - \frac{О}{8}\right) - 600W}{100} \text{ — для древесины,}$$

где: С, Н, О и W — содержание углерода, водорода, кислорода и влаги в топливе.

Формула Общества германских инженеров имеет вид:

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8100С + 29000 \left(Н - \frac{О}{8}\right) + 2500S - 600W}{100} \text{ — общая;}$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8100С + 29000 \left(Н - \frac{О}{8}\right) - 600W}{100} \text{ — для дров.}$$

Приведенные формулы не дают точного определения теплотворной способности топлива, так как они выведены с учетом свободного состояния элементов, участвующих в горении. Поскольку элементы топлива находятся между собой в химическом соединении и часть тепла, выделяемого при сгорании, затрачивается на разрушение этого соединения, постольку вычисления по этим формулам имеют приближенное к действительному значение. В частности, определение теплотворной способности *древесины* по формулам Дюлонга и Об-ва германских инженеров страдает значительной неточностью.

В СССР определение теплотворной способности топлива производится по формулам Д. И. Менделеева:

$$H_{\text{выш.}} = 81 C + 30 OH - 26 (O - S) - \text{общая};$$

$$H_{\text{выш.}} = 81 C + 30 OH - 26 O - \text{для дров};$$

$$H_{\text{раб.}} = 81 C + 30 OH - 26 (O - S) - 6 (9H + W) - \text{общая};$$

$$H_{\text{раб.}} = 81 C + 246 H - 26 O - 6 W - \text{для дров}.$$

Формула Менделеева дает более точное определение величины теплотворной способности топлива, хотя в некоторых случаях неточность вычисления достигает 5—10%.

Кроме приведенных формул для определения теплотворной способности топлива существует и ряд других (Коновалова, Гуталея и др.), однако, все они также не дают точных результатов. Поэтому, в случае необходимости получить более точную величину теплотворной способности топлива следует определить ее сжиганием топлива в калориметрах.

На теплотворную способность древесины влияют такие факторы, как порода дерева, его возраст, условия местопроизрастания, влажность и смолистость. Однако, влияние большинства этих факторов еще не в полной мере изучено, и цифры, определяющие величину теплотворной способности древесины, как правило, получены при сжигании дров в калориметрической бомбе Бартелло.

В табл. 1 приводятся величины теплотворной способности, определенные различными исследователями.

Таблица 1

Породы дерева	Теплотворная способность абс. сухой древесины (высшая)				
	по Мюллеру-Степанову	по Киршу	по Астафьеву	по Фишеру	по Маржецкому (Уральский район)
Береза . .	4907	4919	4800	4802	4831
Дуб . . .	—	4857	4717	4734	—
Бук . . .	—	—	—	4799	—
Сосна . .	4907	5064	4884	4890	4922
Ель . . .	4857	—	4706	—	5088
Осина . .	4953	4779	4740	—	4792

Из таблицы видны расхождения в величинах теплотворной способности отдельных пород дерева, вызванные тем, что полученные данные определялись без учета всех факторов, влияющих на теплотворную способность древесины.

Теплотворную способность древесины можно определять с учетом ее объемного веса, который для различных пород имеет различные величины. Если теплотворную способность древесины умножить на ее объемный вес, то получается удельная теплотворная способность древесины, которая значительно лучше характеризует отдельные породы с точки зрения их теплового эффекта (табл. 2).

Таблица 2

Породы дерева	Теплотворная способность, отнесенная к ед. веса (абс. сух. древесины)	Объемный вес абс. сухой древесины	Удельная теплотворная способность
Дуб	4857	0,64	3108
Береза	4919	0,57	2804
Сосна	5064	0,42	2127
Ель	4857	0,38	1846
Осина	4779	0,37	1768

Влажность древесины оказывает большое влияние на величину теплотворной способности древесины. Теплотворная способность уменьшается с увеличением влажности. Определение низшей (рабочей) теплотворной способности древесины в зависимости от влажности можно производить по эмпирической формуле проф. А. А. Надеждина:

$$H_{\text{раб}} = 4370 - 50 W_{\text{от}}$$

($W_{\text{от}}$ — процент относительной влажности древесины).

На основе этой формулы проф. Надеждин построил график (рис. 1), по которому можно определить теплотворную способность древесины, если известен процент ее относительной влажности.

Температура горения древесины. Качественная сторона теплового эффекта древесины определяется наивысшим температурным пределом ее сгорания при условии, что горение происходит полное и без потерь, с теоретически необходимым количеством воздуха.

Теоретическая температура горения древесины вычисляется по формуле $t_0 = \frac{H_{\text{раб}} \cdot t \Sigma_{\text{мс}}}{\Sigma_{\text{мс}}}$,

где: $H_{\text{раб}}$ — низшая (рабочая) теплотворная способность, t — температура воздуха,

Σ_{mc} — сумма теплоемкостей продуктов горения.

Теоретическая температура горения древесины в топке равна $+1590^{\circ}\text{C}$. С учетом потерь тепла в топке, неизбежных при горении, температура горения древесины принимается равной $+1000^{\circ}\text{C}$.

Сухая перегонка древесины. Процесс химических изменений, происходящих в древесине от действия на нее высоких температур (от $+100^{\circ}\text{C}$) без доступа воздуха, называется сухой перегонкой древесины. Этот процесс характеризуется выделением из древесины ряда продуктов в парообразном, газообразном, жидком и твердом состоянии, образующихся при определенных температурных условиях.

При нагревании древесины от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+170^{\circ}\text{C}$ из нее в основном выделяется вода в парообразном состоянии. С повышением температуры от $+170^{\circ}\text{C}$ до $+270^{\circ}\text{C}$ начинается разложение древесины и образуются газы, содержащие в себе кислород (CO_2 и CO), а также выделяются пары уксусной кислоты. При температуре от $+270^{\circ}\text{C}$ до $+280^{\circ}\text{C}$ происходит экзотермический процесс интенсивного обугливания древесины и образование бурого угля при $+275^{\circ}\text{C}$.

При температуре от $+280^{\circ}\text{C}$ до $+380^{\circ}\text{C}$ из древесины выделяются уксусная кислота, метиловый спирт и легкие смолы и образуется черный уголь, хрупкий и легко воспламеняющийся. От $+380^{\circ}$ до $+500^{\circ}\text{C}$ образуется некоторое количество жидких продуктов и тяжелых смол. С повышением температуры от $+500^{\circ}\text{C}$ и выше выделяющиеся из древесины летучие продукты начинают разлагаться, происходит выделение водорода, причем концентрация углерода в черном угле продолжает возрастать и уголь приобретает повышенную механическую прочность, становится твердым и трудно воспламеняющимся.

Количество отдельных продуктов, образующихся в результате сухой перегонки древесины различных пород, неодинаково.

Процентное соотношение и перечень продуктов сухой перегонки древесины для различных пород приводятся в табл. 3 (по данным Клазона).

Таблица 3

Продукты сухой перегонки древесины	Процентное содержание в различных породах			
	Сосна	Ель	Береза	Бук
Древесный уголь . . .	37,83	37,81	31,80	34,97
Углекислота (CO_2) . .	10,13	10,30	9,96	10,90
Этилен (C_2H_4)	0,23	0,20	0,19	0,20
Окись углерода (CO) . .	3,74	3,78	3,32	4,22
Метан (CH_4)	0,59	0,62	0,54	0,47
Метиловый спирт	0,88	0,96	1,60	2,07
Метилацетат	0,01	0,02	0,02	0,03
Ацетон	0,18	0,20	0,19	0,20
Уксусная кислота	3,50	3,19	7,08	6,04
Смола	11,79	8,08	7,93	8,11
Вода	22,27	25,70	27,81	26,58
Потери	0,82	1,39	1,41	0,32

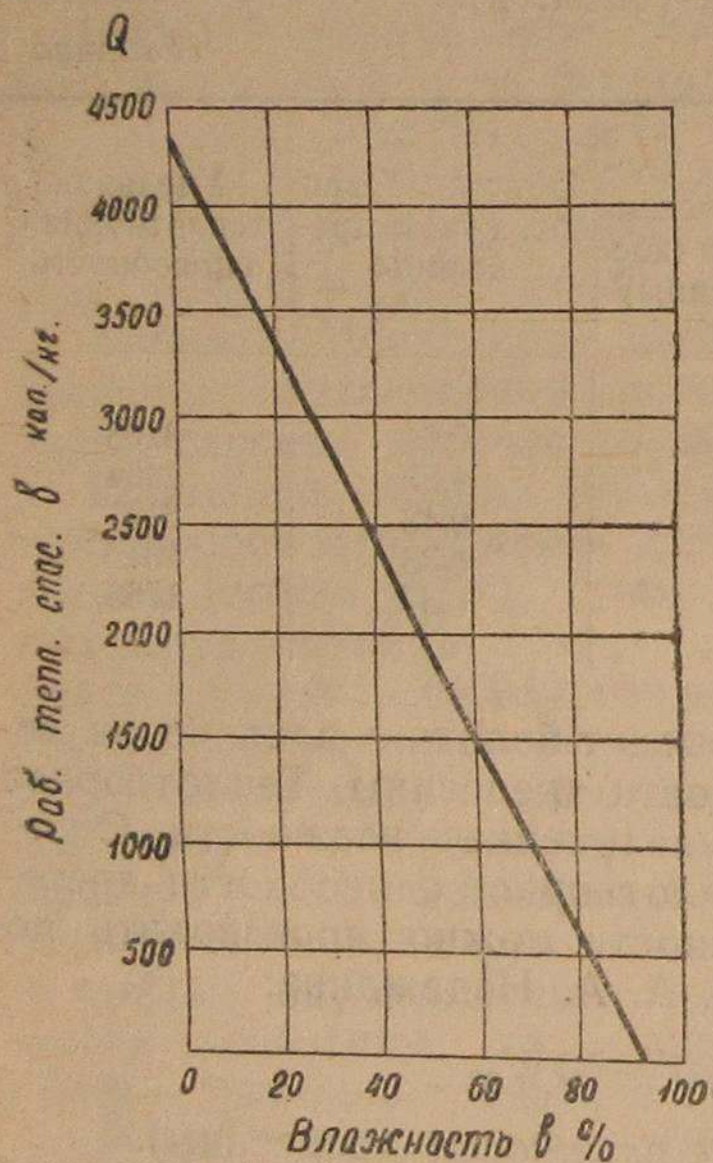


Рис. 1. Зависимость теплотворной способности древесины от относительной влажности (для древесины гужевой доставки).

Влажность древесины. Влажностью древесины называется количество находящейся в ней воды, выраженное в процентах от веса древесины. Вода, находящаяся в древесине, разделяется на капиллярную, заполняющую полости клеток, коллоидальную, содержащуюся в стенках клеток, и химически связанную, входящую в состав веществ живых клеток. Наибольшую массу воды в древесине составляет вода капиллярная и коллоидальная, а химически связанная вода имеется в незначительном количестве. Количество капиллярной воды в древесине изменяется в зависимости от объема пор, степени насыщения водой и местоположения древесины в стволе, количество же коллоидальной воды зависит от породы дерева.

Технически влажность древесины разделяется на: 1) влажность свежесрубленного дерева, 2) влажность мокрой древесины, 3) влажность воздушно-сухой древесины, 4) влажность комнатно-сухой древесины.

Влажность свежесрубленного дерева зависит от его породы, места и условий произрастания, времени рубки и других факторов. В табл. 4 приведены данные, определяющие влажность древесины (по данным Госа, Баженовой и Прикот для Ленинградской области) в зависимости от времени года.

Порода	Среднее содержание воды в % к абс. сухому весу по месяцам			
	Январь	Апрель	Август	Декабрь
Сосна	83	92	80	97
Ель	103	89	78	103
Береза	82	76	60	84
Осина	118	102	64	105

Распределение воды внутри древесины меняется, постепенно уменьшаясь от периферии к центру. Распределение воды по высоте дерева достигает наибольшего значения в комлевой и верхней частях ствола и меньшего — в средней части.

Влажностью мокрой древесины называется влажность древесины, долгое время находившейся в воде.

Пребывание мокрой и свежесрубленной древесины на воздухе связано с ее постепенным высушиванием.

Влажность воздушно-сухой древесины зависит от температуры и влажности воздуха, времени высушивания.

Среднее значение влажности воздушно-сухой древесины принимается в 25% от абсолютно сухого веса. Воздушно-сухая древесина с влажностью до 20% может быть непосредственно использована в качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок.

Если влажность древесного топлива превышает 20%, то его необходимо подвергнуть искусственной сушке.

Воздушно-сухая древесина, находясь известное время в отапливаемом помещении, подвергается дальнейшему высушиванию. При 8—13% содержания влаги влажность такой древесины определяется, как влажность комнатно-сухой древесины.

Если древесина в течение определенного времени высушивается до постоянного веса при температуре +100—+105°С, то она теряет всю капиллярную и коллоидальную воду и в таком состоянии называется абсолютно-сухой. Абсолютно-сухая древесина, вынесенная на воздух, вследствие своей гигроскопичности сейчас же впитывает в себя имеющуюся в воздухе влагу.

Впитывание влаги происходит до момента равновесия между влажностью древесины и влажностью окружающего воздуха.

Влажность древесины можно определять по отношению к абсолютно-сухому или к первоначальному весу древесины, причем влажность, определенная по первому способу, называется абсолютной, а по второму — относительной.

Для определения абсолютной влажности пользуются формулой:

$$W_{аб} = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100,$$

а для определения относительной влажности:

$$W_{от} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100,$$

где: G_1 — первоначальный вес древесины,
 G_2 — абсолютно-сухой вес древесины,
 $W_{аб}$ — абсолютная влажность древесины,
 $W_{от}$ — относительная влажность древесины.

Зная какую-либо из названных влажностей, можно определить другую по формулам:

$$W_{аб} = \frac{W_{от}}{100 - W_{от}} \cdot 100$$

и

$$W_{от} = \frac{W_{аб}}{100 + W_{аб}} \cdot 100.$$

Абсолютно-сухой вес древесины определяется различными способами, но чаще всего применяется способ высушивания образцов древесины до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре +105°С.

Породы и размеры древесного топлива. Древесина в газогенераторных установках употребляется в виде чурок и щепы и в редких случаях в виде дров и брикетов. Размер чурок и щепы должен обеспечить непрерывное опускание топлива в газогенераторе, без образования сводов, нарушающих процесс горения и газообразования. Такому условию отвечают чурки размером 80 × 70 × 60 мм, 60 × 60 × 80 мм, 40 × 40 × 50 мм и дробленая щепа размером (80 ÷ 40) × (60 ÷ 20) × (30 ÷ 5) мм, на которых работает большинство газогенераторных установок. Размеры топлива должны быть примерно одинаковы, чтобы создать лучшие условия для постоянства процесса горения, связанного с устойчивым газообразованием. Отклонения от нормальных размеров чурок и щепы в большую сторону могут вызвать образование сводов в газогенераторе, а отклонения в меньшую сторону — увеличенные сопротивления для поступления воздуха и отсоса газа.

Кроме древесных чурок и щепы в газогенераторных установках могут применяться полуметровые расколотые дрова. Этот вид древесного топлива используется в ряде судовых газогенераторных установок, но в автомобильно-тракторных установках распространения не получил из-за

неудобств, связанных с загрузкой газогенераторов поленьями дров и с неустойчивым процессом газообразования в виду неравномерного опускания поленьев при сгорании.

В качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок могут быть использованы как хвойные, так и лиственные породы древесины. Лучшими из них следует считать твердые лиственные породы — дуб, бук и березу, обладающие наибольшим объемным весом и удельной теплотворной способностью и наименьшим количеством смол, выделяющихся при сухой перегонке древесины. По составу и теплотворной способности газ, получаемый при газификации отдельных пород, почти одинаков.

Применение в газогенераторных установках хвойных пород (особенно ели) в качестве топлива связано с более быстрым засорением зольников, что объясняется наличием значительного количества угольной мелочи, образующейся при сгорании хвойной древесины.

ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ.

При рассмотрении процесса сухой перегонки древесины было отмечено, что при нагревании древесины без доступа воздуха от температуры $+270^{\circ}\text{C}$ и выше происходит в той или иной степени обугливание древесины. В зависимости от температуры процесса сухой перегонки, породы древесины и ее отдельных качеств, а также от скорости самого обугливания древесины, количество получаемого угля, его теплотворная способность и другие данные значительно изменяются.

По данным Бергштрема, количество получаемого угля и его химический состав имеют следующие изменения в зависимости от температуры (табл. 5).

Таблица 5

Температура обугливания древесины в $^{\circ}\text{C}$	Химический состав угля			Выход угля в % от веса абс. сухой древесины
	С	Н	О + N	
200	52,3	6,3	41,4	91,8
250	70,6	5,2	24,2	65,2
300	73,2	4,9	21,9	51,4
400	77,7	4,2	18,1	40,6
500	89,2	3,1	6,7	31,0
600	92,2	2,6	5,2	29,1
700	92,8	2,4	4,8	27,8
800	95,7	1,0	3,3	26,7
900	96,1	0,7	3,2	26,6
1000	96,6	0,5	2,9	26,8

Цифры, приведенные в таблице, дают представление о непрерывно увеличивающейся концентрации углерода в угле и уменьшении содержания водорода, кислорода и азота, а также и уменьшении выхода угля при повышении температуры обугливания древесины.

Бурый уголь, получаемый при температуре $+275^{\circ}\text{C}$, по своим физико-химическим качествам близок к древесному топливу, так как в его составе имеются в большом количестве кислород, азот и водород и концентрация углерода в нем около 71%. Отсутствие в буром угле воды, части углекислоты и окиси углерода отличают его от древесины.

Анализ неконденсирующихся газов, выделяющихся при определенных температурных фазах сухой перегонки древесины при обугливании хвойной древесины в печах Шварца (по данным Юона), дает следующие результаты (табл. 6).

Таблица 6

Температура обугливания хвойной древесины в $^{\circ}\text{C}$	Процентный состав неконденсирующихся газов				Теплотворная способность 1 м^3 газа
	CO_2	СО	Углеводороды	H_2	
200—280	66,5	30,0	3,3	0,2	1210
280—380	37,5	20,5	36,5	5,5	4020
380—500	31,5	12,3	48,7	7,5	4780
500—700	12,2	24,5	20,4	42,7	3630
700—900	0,4	9,6	8,7	80,7	3160

Эти результаты показывают, что водород и углеводороды (CH_4 и C_2H_4), которые при повышении температуры обугливания начинают энергично выделяться из древесины, при температуре $+200$ — $+280^{\circ}\text{C}$ будут входить в состав обугливаемой древесины и, в частности, в состав бурого угля. Следовательно, бурый уголь является высококалорийным топливом в сравнении с углем последующего выжига, что подтверждается данными исследований, полученными Ж. Дюпоном при газификации сосновой древесины и углей из этой же древесины различного выжига (табл. 7).

Сравнительные данные ряда исследований позволяют сделать вывод о некоторых преимуществах бурого угля перед черным в части наибольшей отдачи тепловой энергии по отношению к первоначально сухой древесине, твердости, удобства в обращении и малой гигроскопичности.

Таблица 7

Наименование топлива	Выход газа из 1 кг топлива в м ³	Выход газа из 1 кг первонач. сухой древесины в м ³	Выход газа на один и тот же объем топлива в м ³	Теплотворная способность газа, полученного из 1 кг угля в калориях	Теплотворная способность газа, отнесенная к 1 кг первонач. сухой древесины в калориях
Уголь при +550° С	6,500	1,780	8,200	4350	1190
" " +275° С	4,500	3,670	9,500	2960	2430
" " +250° С	3,100	2,670	8,500	2260	1960
" " +200° С	2,880	2,670	7,100	1900	1760
Сосновая древесина 15% влажности	2,700	3,100	8,200	2040	1720

Черный уголь, получаемый при температурах от +280° С до +380° С и выше, отличается различной твердостью, маркостью и концентрацией углерода в органической части угля. При температуре обугливания до +380° С черный уголь хрупок, марок и содержание углерода в нем колеблется около 75%. С повышением температуры обугливания от +380° С и выше, концентрация углерода в угле возрастает, достигая при +1000° С 96,4%, уголь становится значительно тверже и менее марким. Возрастающее по мере повышения температуры обугливания количество нелетучего углерода в черном угле является важным фактором для газификации черного угля, так как нелетучий углерод участвует в основных реакциях газификации.

Для автомобильно-тракторных газогенераторных установок следует применять черный уголь с влажностью не свыше 20—25%, размером от 15×15 мм до 50×50 мм, выжженный из здоровой древесины при конечной температуре выжига до +600—+800° С.

В виду своей гигроскопичности черный уголь быстро поглощает влагу из окружающего воздуха.

Черный уголь имеет зольность от 1 до 4%.

Теплотворная способность черного угля доходит до 8200 кал. на 1 кг топлива. В табл. 8 приведены средние данные теплотворной способности черного угля, выжженного из воздушно-сухой древесины при конечной температуре обугливания +600—+800° С.

При кучном углежжении вес 1 м³ угля и его теплотворная способность несколько выше, чем при углежжении печном.

Черный уголь, как бессмольное и однородное по своему составу топливо, весьма ценен для автомобильно-трактор-

Таблица 8

Древесные породы	Способ углежжения	Удельный вес угля	Вес 1 м ³ угля в кг	Теплотворная способность в кал/кг
Береза	в печах	0,400	175	7278
Ель	" "	0,215	120	7555
Сосна	" "	0,270	137	7519
Осина	" "	0,276	140	7253

ных газогенераторных установок. Неудобство в обращении и образование мелочи при перевозках снижают его эксплуатационные качества. Однако, это неудобство может быть устранено предварительной расфасовкой угля в пакеты. К недостаткам черного угля можно отнести его гигроскопичность и небольшой удельный вес, а также и то, что для получения 1 кг угля затрачивается от 5—6 кг древесины.

Указанные недостатки черного угля и значительные потери тепла при углежжении привели к тому, что подавляющее большинство автомобильно-тракторных газогенераторных установок работает на древесном топливе, а не на древесноугольном.

Твердое топливо минерального происхождения — каменные угли, торф и горючие сланцы — в настоящей главе не рассматривается, так как в лесной промышленности для автомобильно-тракторных газогенераторных установок оно не применяется.

БРИКЕТИРОВАННОЕ ТОПЛИВО.

В качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок могут применяться различные отходы древесины — мелкие ветви, сучья, опилки, стружки, хвоя и хвойные шишки и древесноугольная мелочь. Однако, непосредственное использование этих отходов невозможно, так как их неодинаковые размеры, малый вес, низкая удельная теплотворная способность, быстрое сгорание и засорение газогенераторов, а также неудобства, связанные с хранением и перевозкой, резко понижают их ценность. Поэтому для утилизации отходов в качестве топлива необходимо предварительно изменить их форму путем механического образования различного вида брикетов.

Брикетиrowание древесных и древесноугольных отходов чаще всего производится следующим образом: отходы, высушенные в сушилке до 5—10% абсолютной влажности, измельчаются до порошкообразного состояния в специаль-

ных приборах (дробилки, вальцы, шаровые мельницы), после чего полученная масса перемешивается с древесным пеком (твердый остаток от разгонки смол) и подвергается прессованию под большим давлением от 300 до 800 кг/см², что придает получающимся брикетам удобную форму.

Количество древесного пека, употребляемого при брикетировании, как связующее вещество, определяется в 9—20% от веса отходов, причем брикеты, полученные при большем количестве пека в указанных пределах, отличаются и большей прочностью.

При изготовлении брикетов из хвойных отходов (хвоя, шишки) древесный пек не употребляется, так как связующие вещества содержатся в самих отходах. Прессованные угольные брикеты необходимо прокалывать при температуре +250°С без доступа воздуха и после охлаждать.

Теплотворная способность древесноугольных брикетов приближается к теплотворной способности угля. Например, теплотворная способность брикетированного березового угля равна 7400—7600 кал. при удельном весе в 0,9—1,2, брикетов из соснового угля — 6520 кал. при том же удельном весе.

Теплотворная способность брикетов из древесных опилок равна 5179—6286 кал/кг при удельном весе 1,0 (по данным Уральского научно-исследовательского лесохимического института).

Изготовление брикетов довольно сложно и требует соответствующего оборудования. Сравнительных данных, позволяющих судить о целесообразности брикетирования древесных отходов, чтобы использовать их в качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок, нет. Изготовление угольных брикетов на специальных заводах имеет место в заграничной технике (Франция). По удобству обращения и высокой калорийности брикетированный уголь является весьма хорошим топливом.

ГЛАВА II.

ГАЗИФИКАЦИЯ ТОПЛИВА.

СПОСОБЫ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВА И ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА.

Способы газификации топлива.

Топливом для двигателей внутреннего сгорания, кроме продуктов перегонки нефти, могут служить также различные газообразные продукты, выделяющие при горении тепло.

Примером газообразного топлива являются природный и генераторный газы. Генераторный газ представляет собой сочетание горючих и инертных газов, причем к первым относятся: водород, окись углерода, метан и тяжелые углеводороды, выделяющие при горении тепло, а ко вторым — азот и углекислота, в горении не участвующие и являющиеся балластом.

Для сжигания генераторный газ необходимо предварительно смешать с кислородом воздуха. Смесь генераторного газа и воздуха называется газовойдушной смесью и по своим тепловым качествам подобна бензино-воздушной смеси в карбюраторных двигателях.

Генераторный газ получается в результате обращения в горючий газ твердого топлива при соответствующем подводе воздуха, водяного пара или их смеси с оставлением в твердом состоянии лишь золы топлива. Этот процесс обращения твердого топлива в газообразное называется газификацией топлива.

Способы газификации топлива разнообразны, поэтому и получающиеся в результате газификации газы отличаются как по своему составу, так и по качеству.

Газ, получающийся в результате газификации чистого углерода с подводом воздуха, носит название воздушного газа. Впервые он был получен английским ученым Сименсом и поэтому называется „газом Сименса“. Теплотворная способность такого газа достигает всего лишь 1050 кал/м³.

Если к раскаленному углероду подводить водяной пар, то в результате возникающих при газификации химических реакций получится газ, представляющий смесь окиси углерода, углекислоты и водорода. Такой газ, носящий название „водяного“, имеет большую теплотворную способность (около 2000—2500 кал/м³), но для его получения в генераторе должна поддерживаться высокая температура.

Практически для получения водяного газа в генератор сначала подают воздух, а после того, как температура в нем поднимется в результате сгорания углерода, через генератор пропускается пар, который, реагируя с раскаленным углеродом, образует водород и окись углерода.

Сложность получения водяного газа этим способом ограничивает его распространение только в стационарных газогенераторных установках.

Если при газификации углерода подавать в генератор смесь воздуха и паров воды, то получается паровоздушный или смешанный газ, состоящий из водорода, окиси углерода, углекислоты и азота. При подаче пара в большом количестве (больше 600 г на м³ воздуха) газ будет содержать много водорода. Такой газ называется паровым газом или по имени открывшего его — „газом Монда“.

При малом количестве подаваемого пара (меньше 600 г на м³ воздуха, что имеет место при газификации влажного топлива), когда влага, испарившись, участвует в процессе газообразования, получают газ, носящий названия: *полугаз, полуводяной или собственно генераторный*.

В транспортных установках нет специальной подачи паров воды в генератор. В этих установках пар образуется в результате испарения влаги топлива и вырабатываемый в них газ относится к последнему виду.

Состав этого газа примерно таков: водорода (H₂) — 16%, окиси углерода (CO) — 21%, метана (CH₄) — 1%, углекислоты (CO₂) — 9%, азота (N₂) — 53%. (Газ получен в генераторе „ЗИС“ при газификации древесного березового топлива с влажностью 18%.)

Получение генераторного газа.

Генераторный газ может быть получен в транспортных газогенераторных установках трех типов: прямого, горизонтального и обратного процессов газификации.

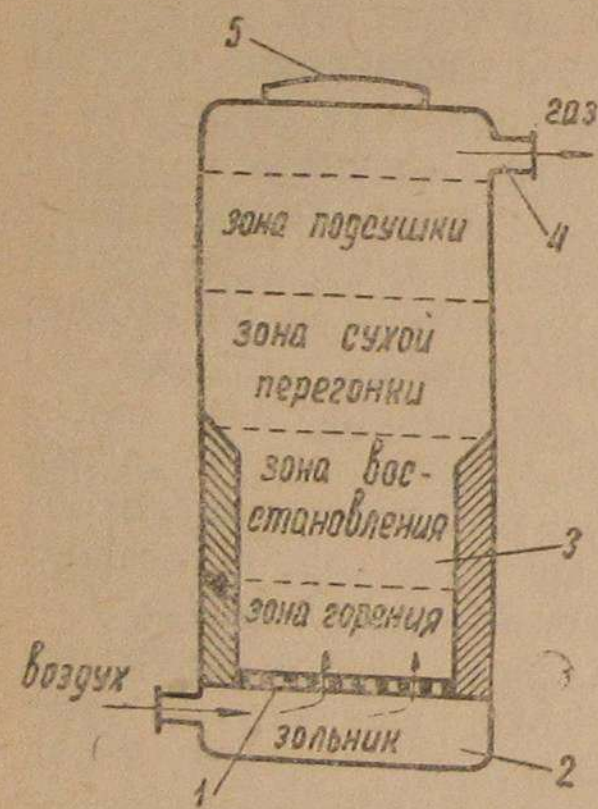


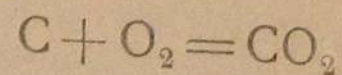
Рис. 2. Схема газогенератора прямого процесса газификации.

с температурой +1200° — +1300° С.

Поднимающийся поток газов уносит тепло из зоны горения и нагревает прилегающие к ней слои топлива до температуры +1000° — +1100° С.

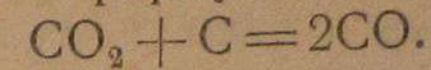
Здесь углекислота вступает в соединение с раскаленным углеродом и восстанавливается по эндотермической (с поглощением тепла) реакции в окись углерода, явля-

Газогенератор прямого процесса газификации. В этом генераторе (рис. 2) воздух подводится под колосниковую решетку и действием разрежения, создаваемого работой двигателя, поднимается вертикально вверх. Горение топлива происходит на колосниковой решетке по экзотермической реакции с выделением тепла. При этом кислород воздуха соединяется с углеродом топлива, образуя углекислоту по формуле:



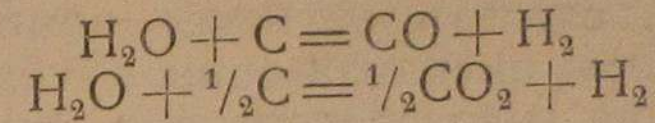
Зона, где происходит горение, называется *зоной горения*. Высота этой зоны обычно колеблется в пределах 120—150 мм

яющуюся основной горючей частью генераторного газа. Эта реакция происходит по формуле:



По правилу Ля-Шателье высокая температура *способствует* протеканию этой реакции.

Пары воды, проходя слой раскаленного угля, вступают с ним в реакцию по формулам:



Эти реакции эндотермические и протекают одновременно, при чем первая преобладает при высоких температурах (выше +800° С), а вторая — при низких.

Зона, где происходит восстановление CO и образование водорода, занимает по высоте 200—300 мм и называется *восстановительной*. Так как генераторный газ образуется в зонах горения и восстановления, обе они называются *активной зоной*.

Слой топлива, расположенный над зоной восстановления, нагреваясь теплотой проходящих газов до температуры +400 — +600° С, подвергается сухой перегонке без доступа кислорода воздуха и называется *зоной сухой перегонки*.

Получение тех или иных продуктов сухой перегонки зависит от рода газифицируемого топлива. При работе на дровах и торфе этими продуктами являются газы CO, CO₂, H₂, CH₄, C_nH_m — вода, смола, спирты, уголь и др.

Самые верхние слои топлива в генераторе, нагреваясь, подсушиваются, образуя последнюю зону — *зону подсушки*.

Распределение зон в газогенераторе показано на рис. 2. Нижняя часть генератора, отделенная колосниковой решеткой (1), называется *зольником* (2) (в нем накапливаются зола и угольная мелочь). Над зольником (2) находится топливник (3), который изолируется огнеупорным материалом для сохранения физического тепла в активной зоне и предохранения стенок от быстрого разрушения. Отбор газа осуществляется в верхней части генератора через патрубок (4), который в некоторых конструкциях делается на уровне зоны восстановления.

Для загрузки топлива в генератор служит герметически закрывающийся люк (5). Его необходимо плотно закрывать для устранения возможности дополнительного поступления воздуха, который может нарушить процесс газификации. Патрубок (1) служит для подачи воздуха.

Генераторный газ, полученный по прямому процессу газификации из смолистого топлива, содержит пары смол, которые уносятся вместе с газом при прохождении его через зону сухой перегонки или вблизи ее. Смола, попав

в двигатель, может вызвать засмоление отдельных работающих частей (клапаны, поршни и др). Поэтому газ должен предварительно подвергнуться тщательной очистке, для чего требуются сложные установки, совершенно неприменимые на транспортных машинах. В транспортных генераторах прямого процесса газификации применяют только бессмольные сорта топлива — уголь полного выжига, кокс и антрацит.

Стремление вписать генераторную установку в габариты легковых машин, сделать ее более компактной и вообще уменьшить размеры активной зоны путем иного расположения зон горения и восстановления привело к созданию газогенераторов горизонтального процесса газификации.

Газогенератор горизонтального процесса газификации. Схема генератора горизонтального процесса показана на рис. 3. Воздух подводится под колосниковую решетку (1) и движется горизонтально в поперечном направлении (показан стрелками) по облицованному огнеупорным материалом топливнику (2).

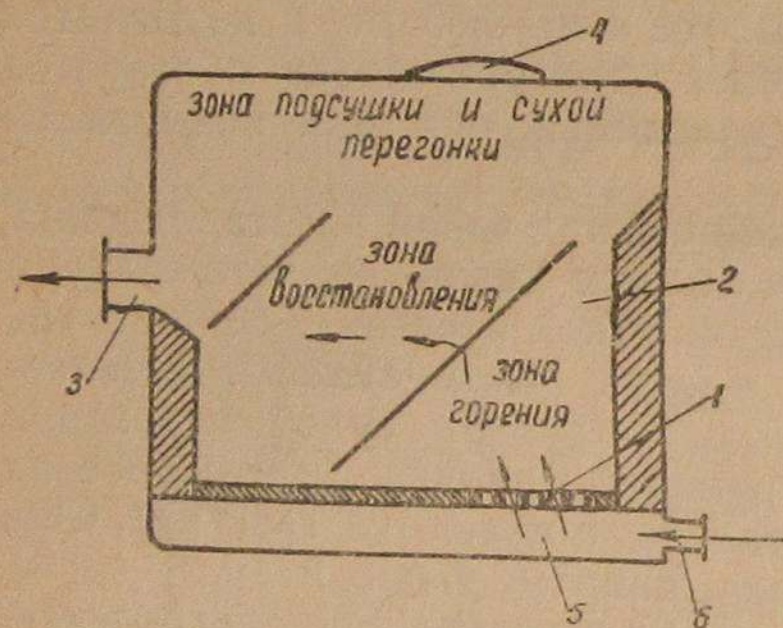


Рис. 3. Схема газогенератора горизонтального процесса газификации.

Газ отсасывается через патрубок (3). Люк (4) служит для загрузки топлива. Очистка зольника (5) осуществляется через люк (6).

Над колосниковой решеткой помещается зона горения, где образуется углекислота, влево по ходу газа располагается зона восстановления. Зона подсушки и сухой перегонки находится в верхней части генератора.

В генераторе горизонтального процесса так же, как и в генераторах прямого процесса, можно газифицировать только бессмольное топливо, так как продукты сухой перегонки могут беспрепятственно отсасываться вместе с газом.

Современные исследования дали возможность осуществить ряд конструкций генераторов горизонтального процесса, в которых при больших скоростях подачи воздуха непосредственно получается окись углерода в месте подачи воздуха. Это дало возможность изменить представления о зонах газообразования и предполагать, что в газогенераторах подобного типа находится зона неполного горения с непосредственным получением в ней окиси углерода

и отсутствует восстановительная зона при определенном режиме газификации.

и отсутствует восстановительная зона при определенном режиме газификации.

Газогенераторные установки, работающие по этому принципу, просты, компактны и удобны в эксплуатации благодаря быстрому получению генераторного газа и гибкости в работе. Схема такого газогенератора горизонтального процесса газификации представлена на рис. 4.

Газогенератор обратного процесса газификации. Схема генератора обратного процесса приводится на рис. 5. Воздух подводится через отверстия (1), расположенные по периферии топливника (2), имеющего огнеупорную обмуровку. Отбор газа производится

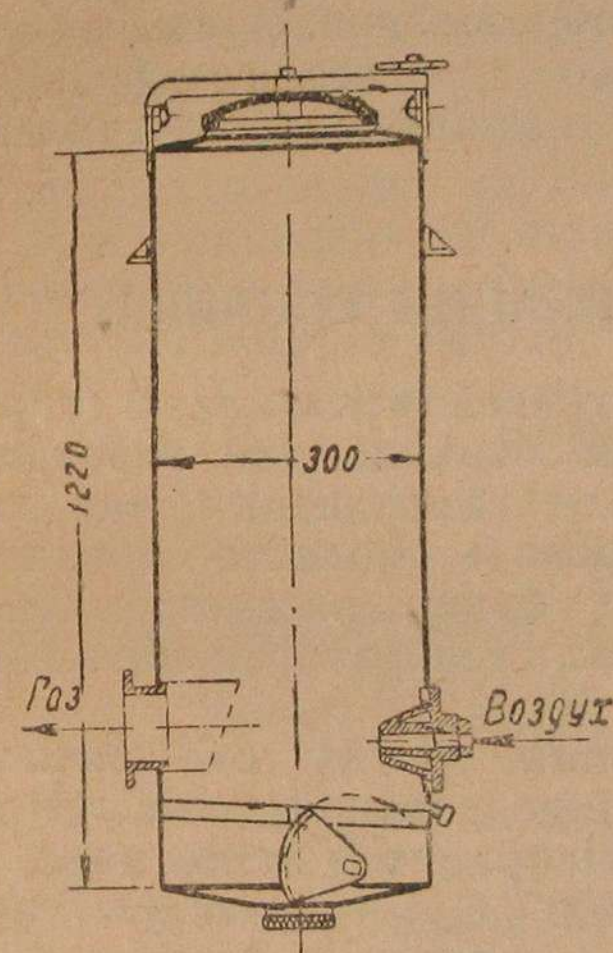


Рис. 4. Схема высокоскоростного газогенератора горизонтального процесса газификации.

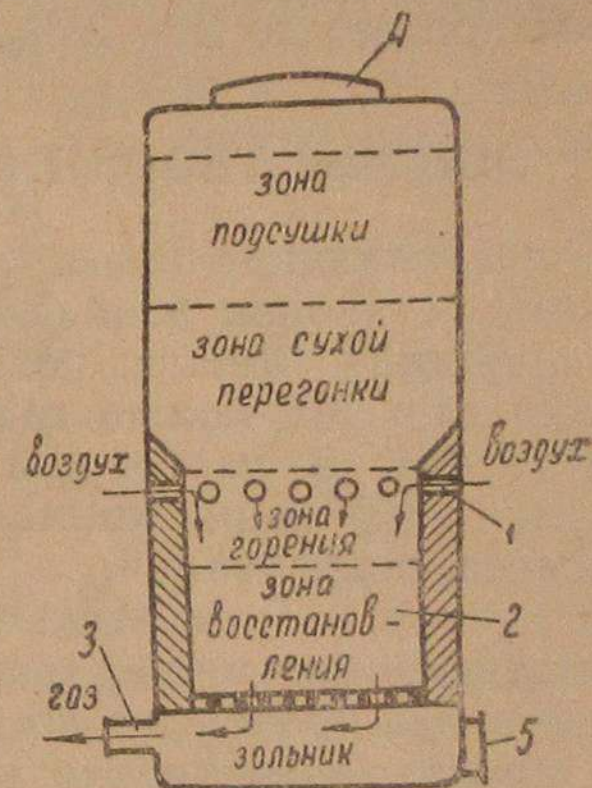


Рис. 5. Схема газогенератора обратного процесса газификации.

в нижней части генератора через патрубок (3). Генератор сверху имеет загрузочный люк (4), а внизу — зольниковый люк с герметически закрывающейся крышкой (5). В месте подвода воздуха, около отверстия (1) располагается зона горения, в этом месте кислород воздуха вступает в реакцию с углеродом топлива, образуя углекислоту.

Проходящими газами нижележащий уголь нагревается до $+1000^{\circ} - +1100^{\circ}\text{C}$ и углекислота восстанавливается в окись углерода. В этой зоне, носящей название восстановительной, вследствие реакций между углеродом топлива и водяным паром образуется водород. Слои топлива, расположенные выше зоны горения, нагреваются. В более близких слоях с температурой $+600^{\circ} - +300^{\circ}\text{C}$ происходит

сухая перегонка, а в более удаленных, с температурой до $+100^{\circ}$ — $+200^{\circ}$ C — подсушка топлива, с выделением паров влаги.

Продукты сухой перегонки, проходя активную зону, частично сгорают, а частично разлагаются. Поэтому генераторный газ, получающийся в результате обратного процесса газификации, почти не содержит смолистых примесей. Это дает возможность в генераторе обратного процесса газифицировать смолистое топливо (дрова, торф).

При слишком влажном топливе выделяющиеся из него пары, проходя через активную зону, понижают ее температуру и ухудшают процесс газообразования. Учитывая это явление, в генераторах обратного процесса газификации для получения высокого качества газа применяется топливо с влажностью до 20—25%.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВА.

Существующие конструкции транспортных газогенераторных установок в подавляющем большинстве работают по принципу обратного процесса газификации, так как только при нем можно газифицировать смолистое топливо.

Поэтому в настоящей главе будет рассматриваться теория газификации применительно к генераторам обратного процесса газификации.

Некоторые химические реакции между смешанными в определенной пропорции при определенной температуре веществами протекают до конца. Например, углерод и кислород при температурах около $+1000^{\circ}$ C образуют углекислоту. Реакция такого вида носит название необратимой реакции.

Другие реакции, например, $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ являются реакциями обратимыми, т. е. это означает, что они идут по одному из двух направлений в зависимости от концентрации веществ в правой части уравнения. Для химических реакций всегда существует определенное соотношение между концентрациями реагентов (в приведенном примере — H_2O и CO) и продуктами реакции (в приведенном примере — CO_2 и H_2).

Это соотношение выражается уравнением равновесия. Для приведенного примера:

$$\frac{(\text{CO}_2)(\text{H}_2)}{(\text{CO})(\text{H}_2\text{O})} = K_c,$$

где: K_c — константа (постоянная) равновесия. Величина K_c для всякой данной реакции зависит только от температуры. Это означает, что при заданной темпера-

туре, после завершения химической реакции, между всеми реагентами и продуктами достигается равновесие, причем получается вполне определенный состав смеси. Численные значения реагентов и продуктов даются или в единицах парциального давления в мм рт. ст., и в этом случае константа равновесия обозначается K_p , или же они могут быть даны, как концентрации, например, как число грамм-молекул каждого газа на единицу объема всей газовой смеси, и тогда константа равновесия обозначается — K_c . В том случае, если в результате реакции число газовых молекул не изменяется, численное значение константы не зависит от того, применяются ли для вычисления единицы давления или единицы концентрации и $K_p = K_c$.

Обычно величину компонентов, участвующих в реакции, выражают в процентах по объему.

Для приведенного примера, если CO и H_2O вступают в реакцию и после окончания реакции достигается равновесие при составе газа по объему:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &— 47,5\% \\ \text{CO} &— 22,82\% \\ \text{H}_2\text{O} &— 22,82\% \\ \text{H}_2 &— 6,85\% \end{aligned}$$

константа равновесия будет:

$$K_c = \frac{(\text{CO}_2) \cdot (\text{H}_2)}{(\text{H}_2\text{O}) \cdot (\text{CO})} = \frac{47,5 \cdot 6,85}{22,82 \cdot 22,82} = 0,623$$

При определении константы равновесия для реакции, в которой участвует более чем одна молекула данного вещества, парциальное давление или концентрация этого вещества возвышается в степень, показатель которой равен числу молекул данного вещества, входящих в уравнение реакции.

Парциальное давление или концентрация твердого тела в расчет не принимается.

Пример. Для реакции $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ константы равновесия будут:

$$K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{P_{\text{CO}_2}} \text{ и } K_c = \frac{(\text{CO})^2}{\text{CO}_2}$$

Если предположить, что CO_2 и C вступают в реакцию при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. и после того, как достигнуто равновесие, в газе содержится 74% CO и 26% CO_2 , константа равновесия по парциальному давлению выразится:

$$K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{\left(\frac{74}{100} \cdot 760\right)^2}{\frac{26}{100} \cdot 760} = 1600.$$

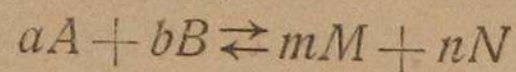
Для завершения всякой химической реакции требуется определенный промежуток времени. Быстрота изменения концентраций реагирующих веществ называется скоростью реакции.

Скорость реакции математически может быть выражена:

$$-\frac{dc}{dt},$$

где: dc — изменение концентрации реагентов.

Опытным путем установлено, что скорости реакции пропорциональны концентрации участвующих в реакции веществ, возвышенных в степень, показателем которой является коэффициент этих веществ в уравнении реакции. Например, реакция



обратима и скорость ее в правом направлении будет:

$$-\frac{dA}{dt} = K_1(A)^a (B)^b,$$

где:

A и B — концентрации участвующих в реакции веществ во времени t ,

a и b молекулярные количества веществ A и B ,

K_1 — коэффициент скорости реакции, равной изменению концентрации веществ в единицу времени.

Для твердых тел K_1 зависит от его размеров и структуры.

Скорость реакции в левом направлении выразится:

$$-\frac{dA}{dt} = \frac{a}{m} \left(-\frac{dM}{dt} \right) = K_2(M)^m (N)^n.$$

Истинная скорость конечной реакции в правом направлении определится:

$$-\frac{dA}{dt} = K_1(A)^a (B)^b - K_2(M)^m (N)^n.$$

В случае равновесия $-\frac{dA}{dt} = 0$, тогда $k_1(A)^a (B)^b =$

$$= k_2(M)^m (N)^n$$

или

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{(M)^m (N)^n}{(A)^a (B)^b} = K_c.$$

Так как правая часть уравнения представляет собой константу равновесия, то можно считать последнюю численно равной отношению коэффициента скорости реакции

в одном направлении к коэффициенту скорости реакции в другом.

В последующем каждая химическая реакция рассматривается с точки зрения равновесия системы и скорости ее протекания.

(1) Реакция: $C + O_2 = CO_2 + 97200$ кал.

Равновесие:

Константа равновесия этой реакции определяется по выражению:

$$K_p = K_c = \frac{CO_2}{O_2}.$$

При температуре $+898^\circ C$ константа $K_c = 3,5 \cdot 10^{17}$, т. е. при этой температуре в смеси углекислота превышает содержание кислорода в $3,5 \cdot 10^{17}$ раз.

Скорость:

Скорость реакции в общем виде выражается уравнением:

$$\frac{dC}{dt} = K_1(C_0 - C),$$

где: C_0 — начальная концентрация кислорода,

C — кислород, израсходованный в течение времени t .

По данным Рида и Уилера, при повышении температуры с $+350^\circ C$ до $+500^\circ C$ скорость реакции возрастает в 400 раз (скорость реакции при температуре $+350^\circ C$ принята за единицу), а при температуре выше $+982^\circ C$ она протекает почти мгновенно и поэтому является необратимой при температурах, имеющих в слое топлива. Выделяющееся при этой реакции тепло расходуется на эндотермические реакции образования окиси углерода и водорода.

(2) Реакция $C + CO_2 = 2CO - 39440$ кал.

Равновесие:

Константа равновесия этой реакции определяется по формуле:

$$K_p = \frac{(P_{CO})^2}{P_{CO_2}}.$$

Изменение константы равновесия, по данным Рида и Уилера, в интервале $+815^\circ - +1204^\circ C$ показано на рис. 6.

На рис. 7 дана кривая процентного содержания CO и CO_2 в равновесных смесях, при температурах от $+427^\circ C$ до $+1093^\circ C$. Согласно этой кривой, при температуре $+427^\circ C$ CO_2 в смеси содержится в большом количестве, но это содержание постепенно падает, и при температуре $954^\circ C$ в смеси остается только $1,3\%$ CO_2 , после чего газы достигают конечного равновесия.

Скорость:

При горении топлива развиваются высокие температуры, при которых CO_2 реагирует с углеродом. Установлено, что в этом случае имеют место две реакции:

- (1) $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ — быстро протекающая,
- (2) $2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$ — медленно протекающая.

Опыты Рида и Уилера показали, что при 850°C реакция (1) протекает в 166 быстрее, чем реакция (2). Так как скорость восстановления CO_2 углеродом в CO имеет большое практическое значение, Хаскинс, Адамс и Клемент про-

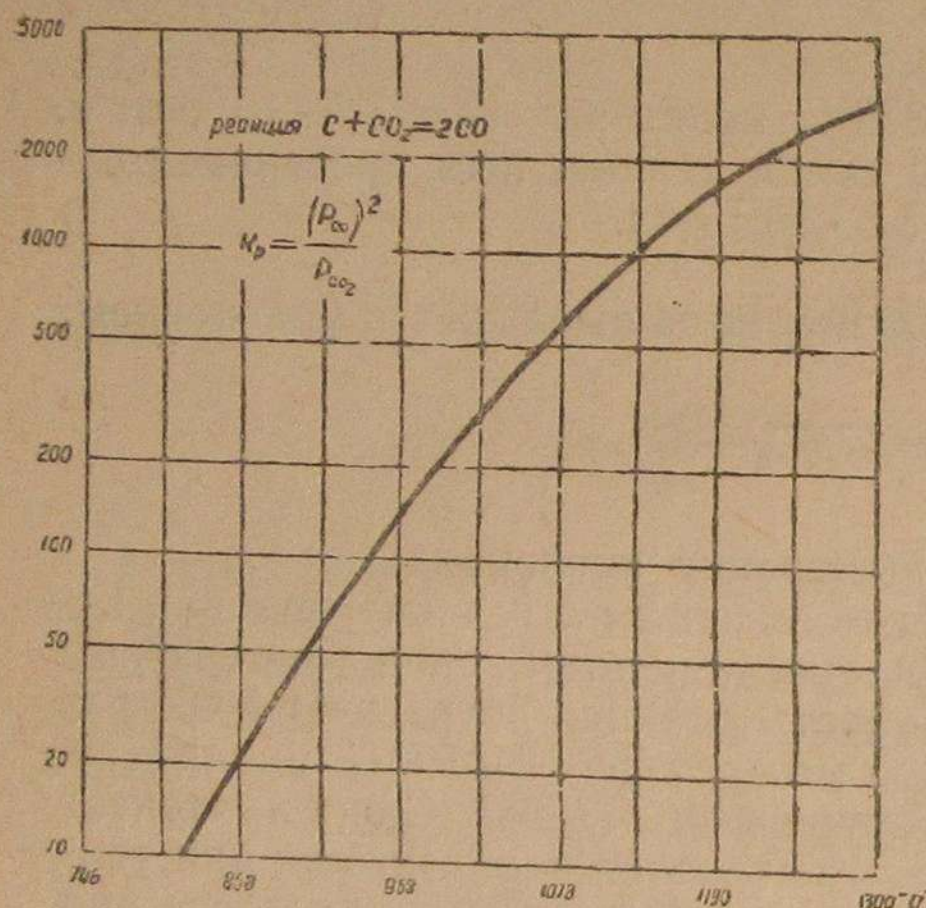


Рис. 6. Константа равновесия реакции $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$.

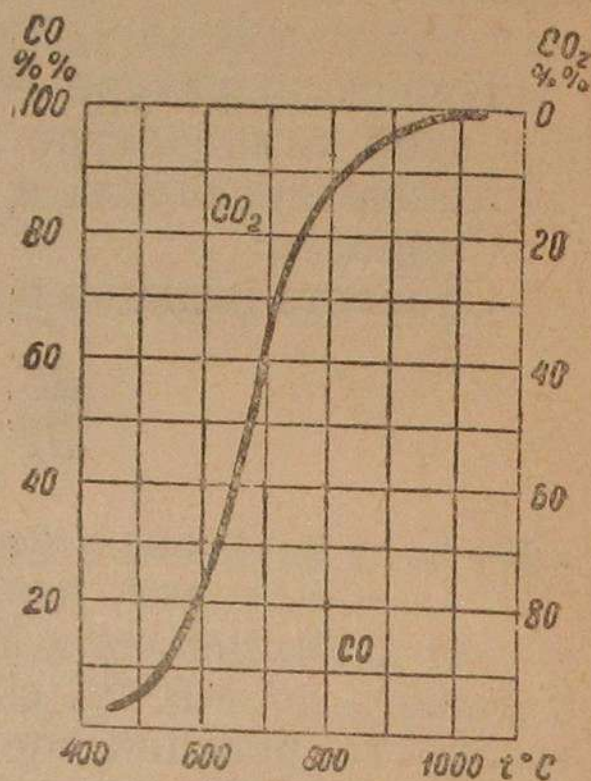


Рис. 7. Процентное содержание CO и CO_2 в смесях из этих двух газов в равновесии с углеродом при различных температурах.

вели ряд опытов над восстановлением CO в коксе, древесном угле и антраците.

Кривые зависимости процесса восстановления от времени контакта и температуры при газификации кокса приведены на рис. 8.

Если обозначить через k_1 и k_2 коэффициенты скоростей реакций (1) и (2), то скорость реакции восстановления будет выражаться равенством:

$$\frac{d(\text{CO})}{dt} = k_1 (\text{CO}_2) - k_2 (\text{CO})^2,$$

где: CO и CO_2 — концентрации окиси углерода и углекислоты в кг/мол.

Для температур выше $+900^\circ\text{C}$ можно принять скорость обратной реакции (2) равной нулю ($k_2 = 0$), тогда

$$\frac{d(\text{CO})}{dt} = k_1 (\text{CO}_2).$$

Значение коэффициента k_1 скорости реакции (1) для мелкозернистого топлива (диаметр частиц 5 мм) приведено в табл. 9.

Таблица 9

Температура в $^\circ\text{C}$	k_1 для топлива с размерами частиц 5 мм		
	древесный уголь	кокс	антрацит
800	0,021	—	—
900	0,159	0,0023	—
1000	0,629	0,023	—
1100	1,530	0,134	0,119
1200	—	0,410	0,237
1300	—	1,48	0,579

Разница в скорости восстановления в зависимости от свойств топлива показана на рис. 9.

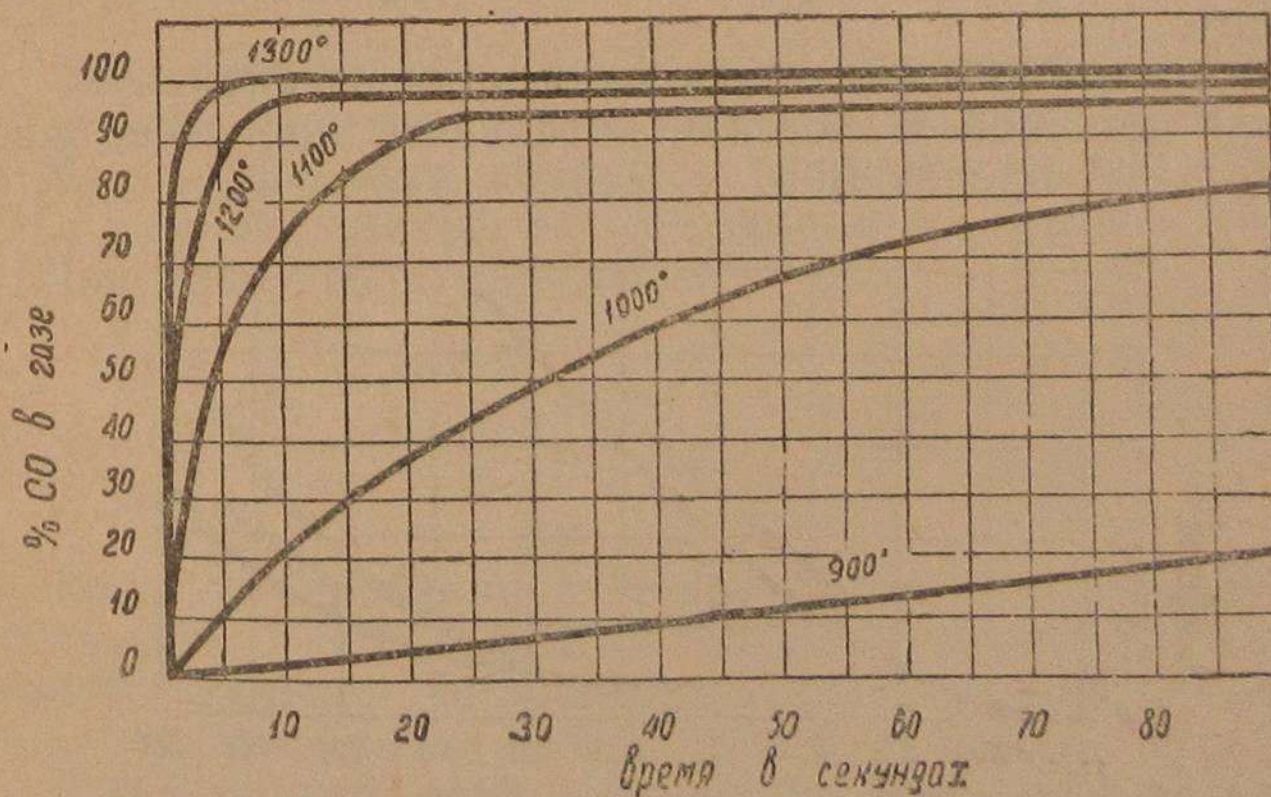


Рис. 8. Влияние температуры на скорость восстановления углекислоты, проходящей через слой кокса.

Аналогичные результаты были получены при продувании углекислоты через раскаленный слой топлива со временем контакта в 1 сек. (опыты английского Горного бюро).

По этим данным построен график (рис. 10), из которого видно, что наиболее интенсивно процесс восстановления протекает при прохождении углекислоты через древесный

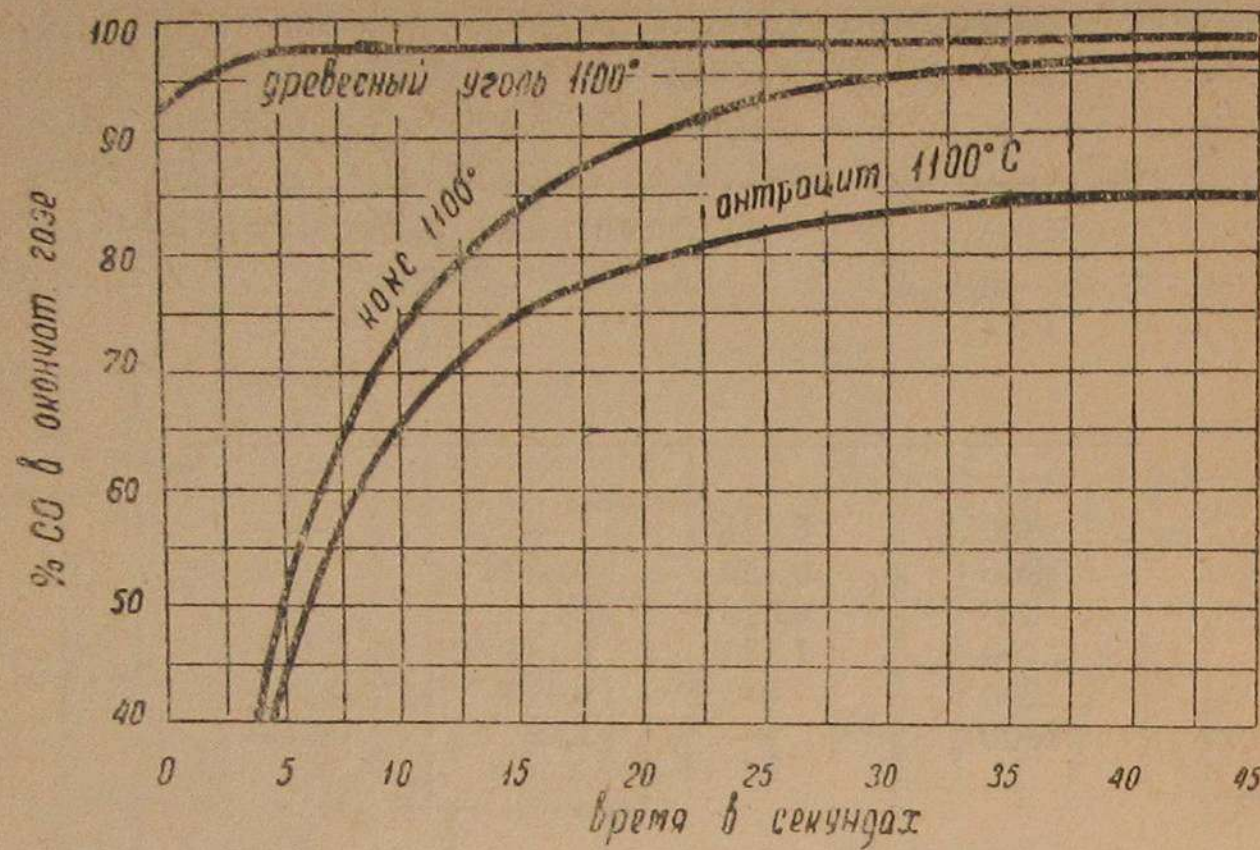


Рис. 9. Восстановление углекислоты в зависимости от свойств топлива.

уголь, а наиболее медленно — при прохождении через антрацит.

Для выяснения факторов, влияющих на активную способность топлива в восстановительном процессе, много исследований провел Бер.

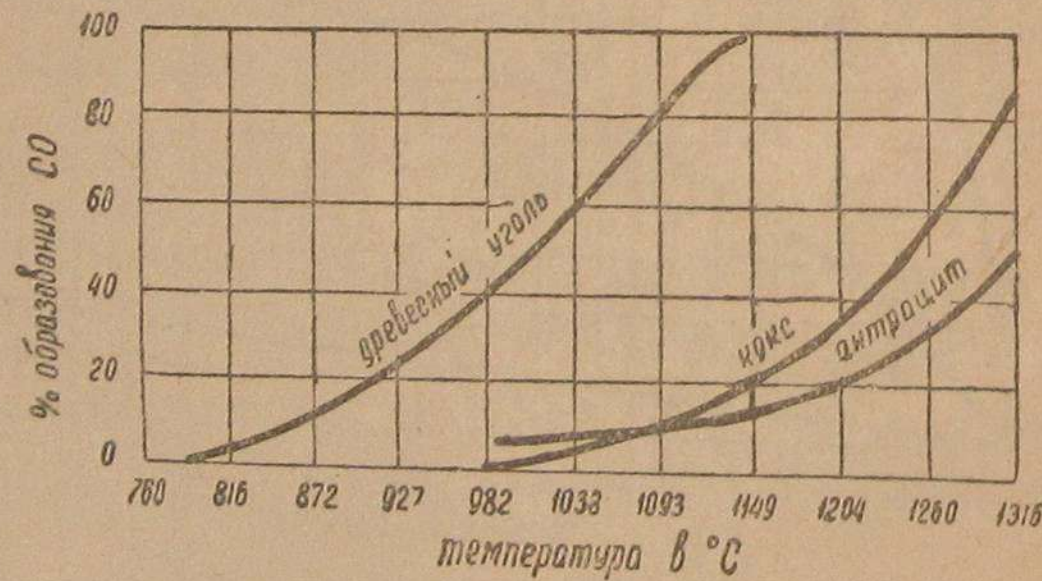


Рис. 10. Восстановление углекислоты в зависимости от свойств топлива.

Основные выводы его работ таковы:

1. Наибольшее влияние на активность оказывает структура молекул углерода в данном топливе.

2. Чем ближе эта структура к древесному углю, тем активнее топливо, и, наоборот, чем ближе она к графиту, тем оно менее активно.

Экспериментальные наблюдения показали, что мелкое топливо (мелкий уголь и мелкая щепа) более активно, чем крупное; время восстановления и качество газа при газификации мелкого топлива дают лучшие показатели. Это положение практически подтверждено данными, полученными в Лесотехнической академии им. С. М. Кирова при испытаниях газогенератора *Автодор I* на мелкой щепе и в Научно-автотракторном институте (НАТИ) при испытаниях угольных установок *Г-21* и *Г-23* на мелком угле. С теоретической стороны данное положение легко объясняется тем, что реакции горения и восстановления протекают на поверхности газифицируемого топлива и поэтому величина последней в известной мере лимитирует быстроту реакции.

Однако, сильно измельченное топливо непригодно для газификации, так как оно вызовет быстрое засорение газогенератора и прекращение подачи газа в двигатель.

Для определения времени, необходимого для восстановления углекислоты, может служить формула скорости реакции восстановления:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \left(m - \frac{m+1}{2} X \right)^*$$

где:

X — содержание CO в газе по прошествии времени t ,

m — содержание CO_2 в газе в начале реакции,

k_1 — коэффициент скорости реакции (см. табл. 9),

t — время длительности реакции в секундах.

Или после интегрирования:

$$k_1 t = \frac{2,3}{2} \lg \left(\frac{1}{m - \frac{1+m}{2} X} \right) + C.$$

Значение свободного члена C для каждого случая вычисляется особо. Для этого в формулу подставляют численные значения величин, соответствующие началу реакции, т. е. $t=0$; $X=0$ и заданные m и k_1 .

В том случае, если с топливом реагирует только углекислота, то значение $m=1$ и тогда, приняв для начала реакции $X=0$, $t=0$, $m=1$, определяется C

$$0 = 1,3 \lg 1 + C,$$

но так как $\lg 1 = 0$, то и $C=0$. Формула для этого случая принимает вид:

*) Вывод формулы дан в „V. S. Bur. of Mines, Bull.“ 1911 г. № 7, стр. 22.

$$k_1 t = 2,3 \lg \left(\frac{1}{1-X} \right)$$

и время, необходимое для восстановления углекислоты, будет равно:

$$t = \frac{2,3}{k_1} \lg \left(\frac{1}{1-x} \right).$$

Из полученного выражения видно, что стремление полностью восстановить углекислоту, т. е. получить $x=1$,

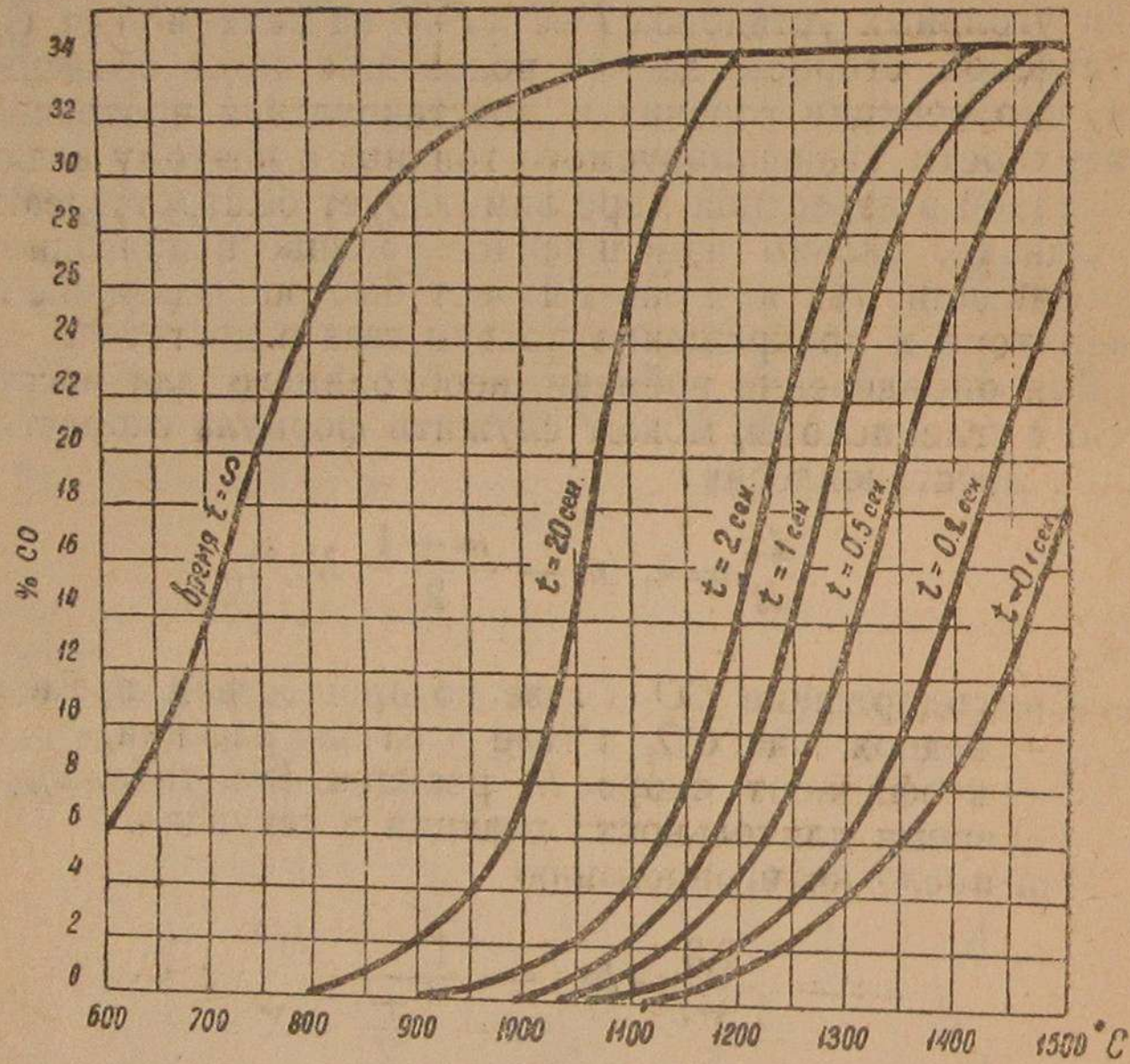


Рис. 11. Восстановление углекислоты в зависимости от температуры и времени контакта с коксом.

приводит к увеличению времени восстановления. Это положение иллюстрирует график (рис. 11), построенный по данным Клемента, Адамса и Хескинса. Названные исследователи получили эти данные, пропуская через раскаленный кокс смесь из 21% CO_2 и 79% N_2 , образующуюся в результате полного сгорания углерода на воздухе, и наблюдая быстроту образования окиси углерода в зависимости от времени контакта и температуры восстановительного слоя.

Пример. При теоретически полном горении углерода образуется газ, состоящий из 21% CO_2 и 79% N_2 . Этот газ пропускается через раска-

ленный древесный уголь при температуре $+1100^\circ C$. Время пребывания газа в слое раскаленного угля — 1 секунда. Требуется определить количество образующейся окиси углерода.

Из табл. 9 имеем $k_1 = 1,53$. Подставляя данные в формулу, получаем:

$$1,5 \cdot 1 = \frac{2,3}{1 + 0,21} \lg \left(\frac{1}{0,21 - \frac{1 + 0,21}{2} X} \right) + C.$$

Для определения C значения величин, соответствующих началу реакции, принимаются $m=0,21$; $t=0$ и $X=0$ и после подстановки их в формулу:

$$0 = \frac{2,3}{1 + 0,21} \lg \frac{1}{0,21} = C.$$

После вычислений получается:

$$C = -2,58$$

и тогда

$$1,5 = 3,8 \lg \left(\frac{1}{0,21 - 0,605 x} \right) - 2,58,$$

откуда находится

$$x = 0,20$$

или во вновь получающемся газе будет содержаться 20% CO .

Величина

$$\frac{1}{0,21 - 0,605 x}$$

дает возможность найти максимально возможный в этом случае процент образования окиси углерода.

Чтобы значение \lg было вещественным, знаменатель должен быть больше нуля, т. е.

$$0,21 \geq 0,605 \cdot x,$$

откуда

$$x \leq 0,347$$

или максимально теоретически возможное количество окиси углерода, получающееся при газификации древесного угля с подачей воздуха (газ Сименса), будет равно 34,7%.

Содержание азота в таком газе соответственно равно 65,3%.

Все изложенное показывает, что для наиболее полного восстановления углекислоты необходимы следующие условия:

1) высокая температура (около $+1000^\circ C$ — $+1100^\circ C$),

2) достаточное время контакта углекислоты с углеродом восстановительной зоны,

3) возможно бо́льшая поверхность соприкосновения газа с топливом, для чего в восстановительной зоне должен находиться мелкий уголь.

В практической работе иногда встречаются препятствия для выполнения перечисленных условий. Так, для восстановления углекислоты в слое древесного угля при температуре $+1000^{\circ}\text{C}$ требуется время контакта около 2 сек., и в случае скорости движения газов в 1 м/сек. необходимая

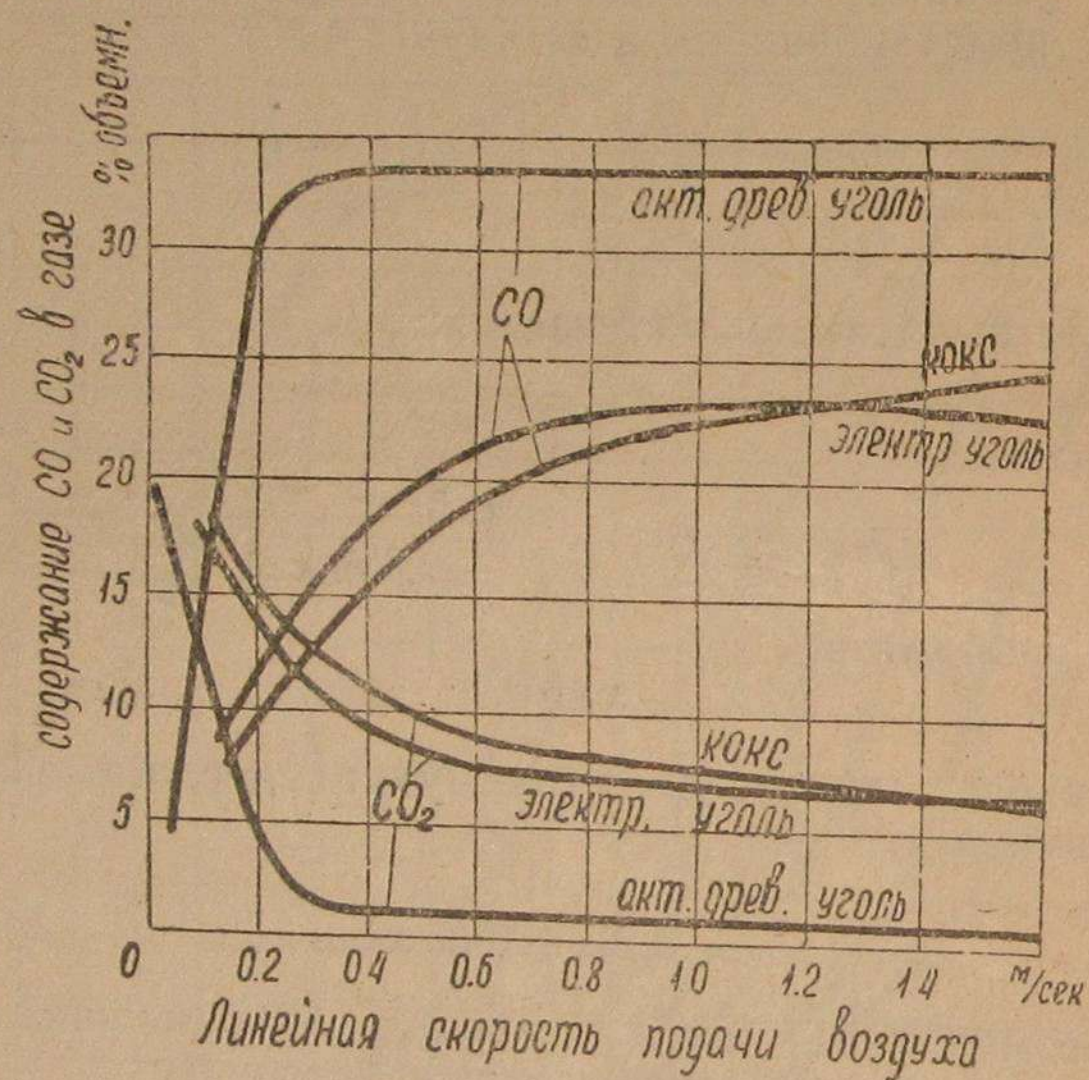


Рис. 12. Зависимость состава газа от линейной скорости подачи воздуха для различных углей.

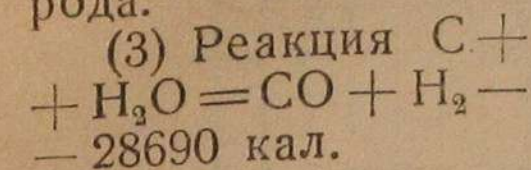
высота активной зоны достигает 2 м, что, конечно, совершенно неприемлемо для компактных транспортных газогенераторов. В то же время практически удается получить генераторный газ хорошего качества в газогенераторах с небольшой восстановительной зоной при скорости движения газов по ней в несколько м/сек. Это обстоятельство было проверено проф. М. К. Гроздовским и З. Д. Чухановым в Институте азота и дало возможность предполагать непосредственное образование окиси углерода при большой скорости подачи воздуха.

Как показали опыты, непосредственное образование CO происходит в очень короткой зоне, по высоте не превы-

шающей 10—20 мм для мелкого угля. На рис. 12 представлены кривые образования окиси углерода в зависимости от скорости подачи воздуха.

Примечание: Скорость подачи воздуха рассчитана на свободное сечение топливника. Фактически в генераторах для получения этих данных скорость подачи воздуха должна быть приблизительно в 2 раза больше.

Уже при скорости подачи воздуха в 0,3 м/сек. (рис. 12) активизированный древесный уголь дает максимальный процент окиси углерода.



Равновесие:

Константа этой реакции определяется из уравнения:

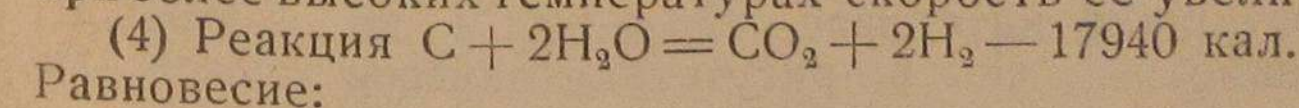
$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

где P_{CO} , P_{H_2} и $P_{\text{H}_2\text{O}}$ выражены, как парциальные давления в долях атмосферы.

Зависимость константы равновесия от температуры (по данным Хаслам и Руссель) представлена на рис. 13.

Скорость:

При температурах ниже $+900^{\circ}\text{C}$ эта реакция протекает медленно, но при более высоких температурах скорость ее увеличивается.



Равновесие:

По существующей теории эта реакция рассматривается как одномолекулярная, хотя в ней участвуют две части воды, и поэтому константа равновесия ее определяется:

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}^{\frac{1}{2}} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

где P_{CO} , $P_{\text{H}_2\text{O}}$, P_{H_2} даны в парциальных давлениях.

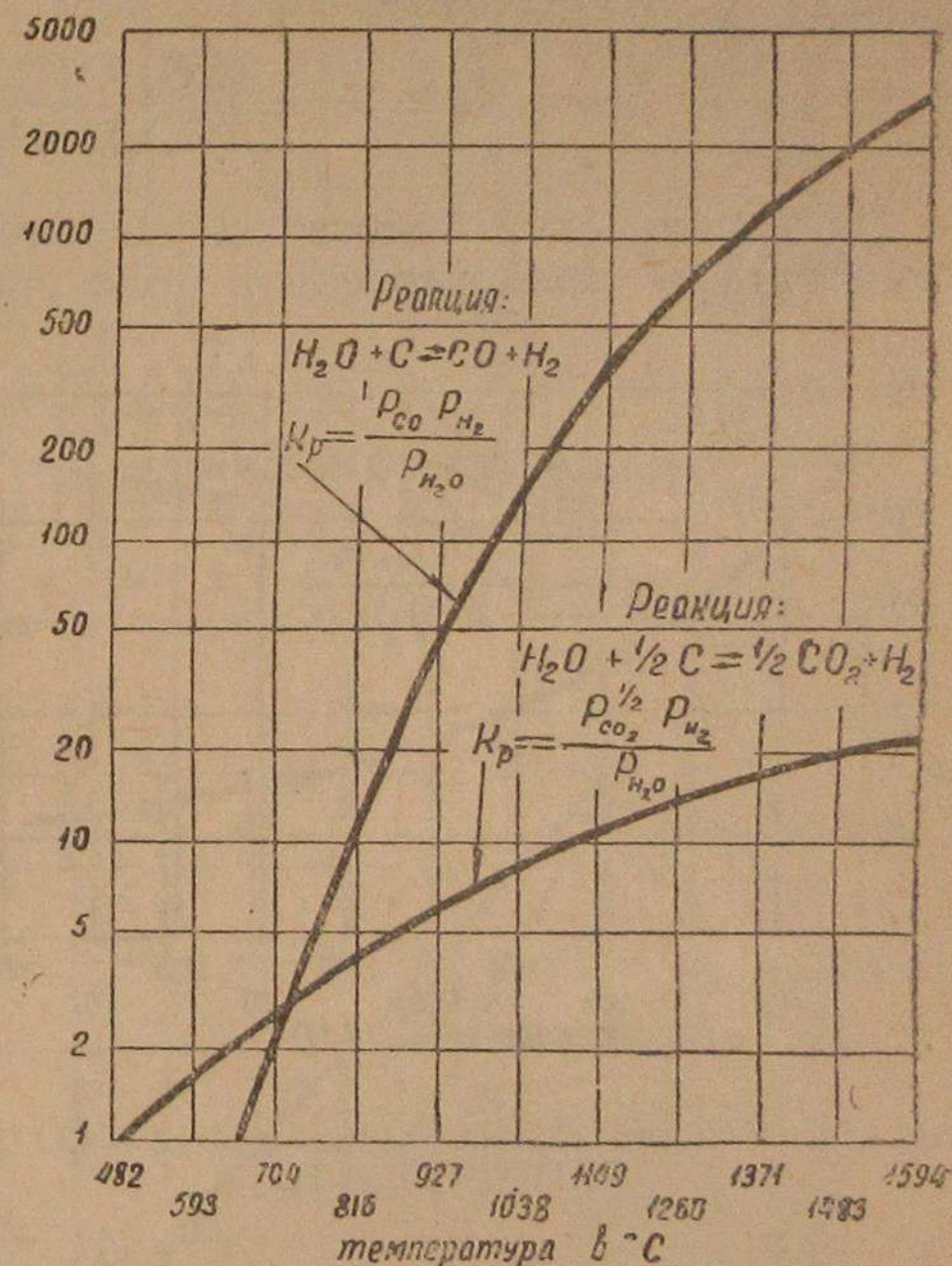


Рис. 13. Константа равновесия реакций $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ и $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$.

Значения константы равновесия при различных температурах даны на рис. 13.

Скорость:

При температурах $+400 - +900^{\circ}\text{C}$ эта реакция протекает быстрее реакции $\text{C} + \text{H}_2\text{O}$, но при более высоких температурах скорости обеих реакций примерно равны.

(5) Реакция $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 \pm 10750 \text{ кал.}$

Равновесие:

Константа равновесия этой реакции определяется по уравнению:

$$K_p = K_c = \frac{(\text{CO}) \cdot (\text{H}_2\text{O})}{(\text{CO}_2) \cdot (\text{H}_2)}$$

Изменение этой константы равновесия в зависимости от температуры представлено в виде графика на рис. 14 (по данным Хаслам и Руссель), из которого видно, что с увеличением температуры содержание CO в смеси возрастает.

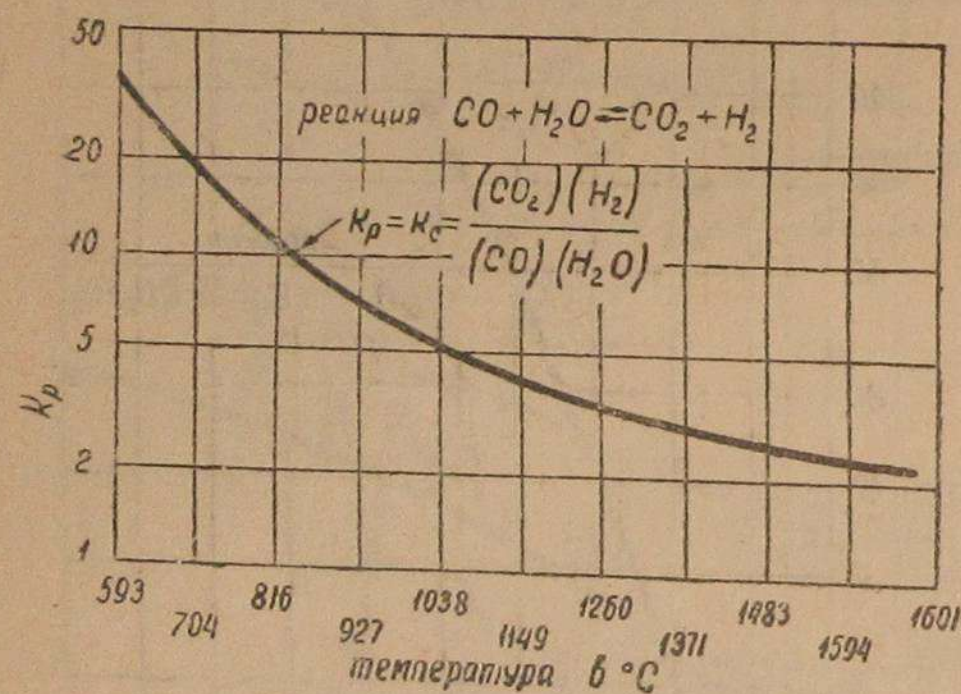


Рис. 14. Константа равновесия реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Скорость: При температурах выше $+1500^{\circ}\text{C}$ эта реакция протекает почти мгновенно, а при температурах, близких к режиму газификации в генераторах, медленно, вследствие чего можно предполагать, что в последних она не имеет места. Характерной особенностью этой реакции является крайне медленное изменение установившегося равновесия между отдельными реагентами в температурном интервале от $+900^{\circ}\text{C}$ до $+1500^{\circ}\text{C}$. Следует заметить, что в присутствии окислов железа эта реакция протекает быстрее.

Все три рассмотренные реакции образования водорода подробно изучались рядом авторов.

Клемент и Адамс пришли к заключению, что в газогенераторах имеют место первые две реакции образования водорода (3) и (4), хотя главнейшей является реакция $\text{C} + \text{H}_2\text{O}$, которая только до некоторой степени сопровождается реакцией $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$.

На основании полученных данных ими построен график (рис. 15), из которого видно, что глубина реакции между паром и углеродом зависит от времени контакта, температуры и вида топлива.

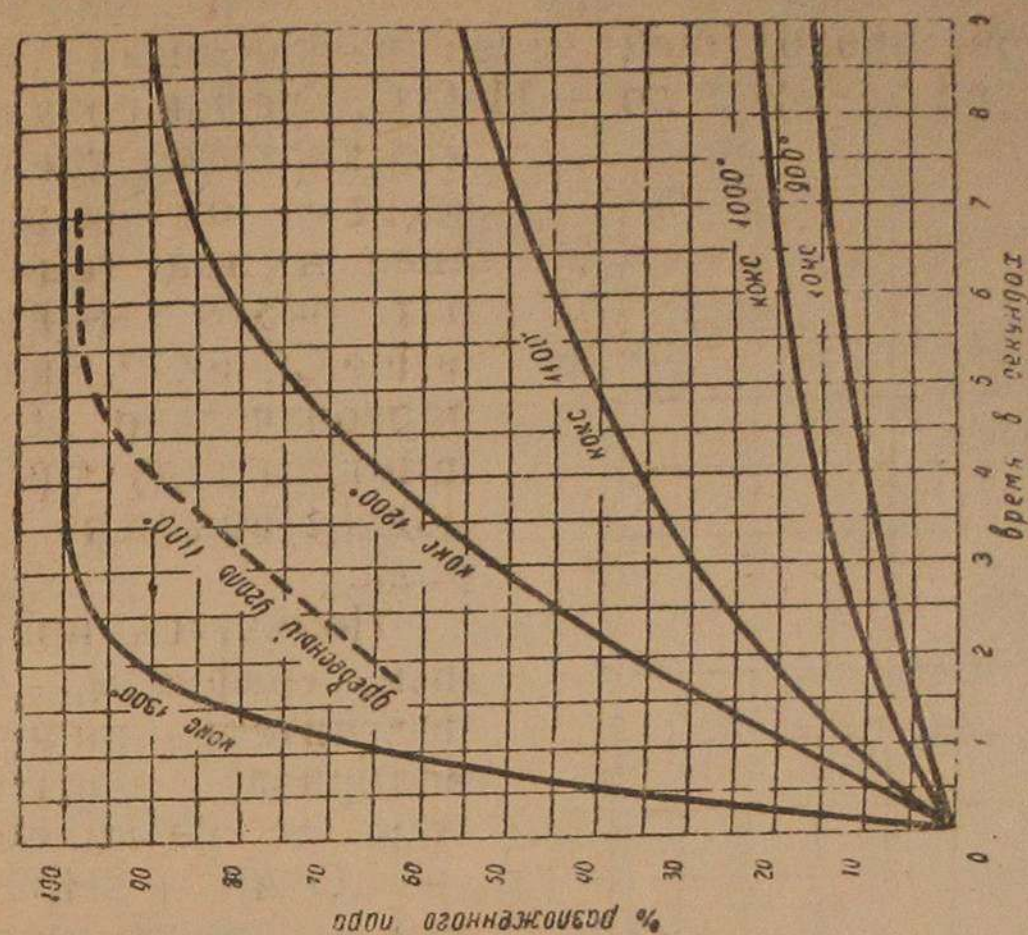


Рис. 15. Зависимость процента разложения водяного пара от времени контакта, температуры и вида топлива.

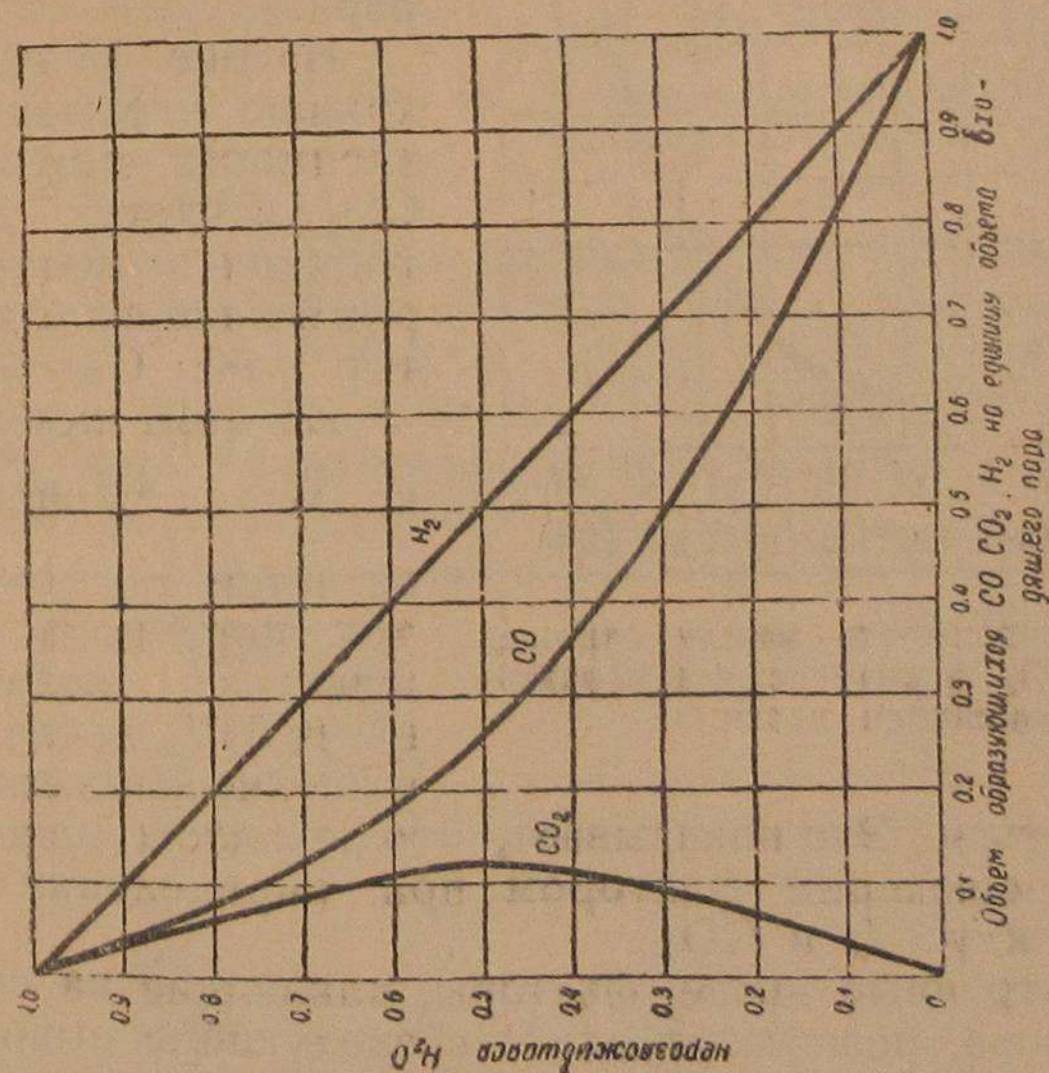


Рис. 16. Зависимость получения CO , CO_2 и H_2 от процента разложившихся водяных паров.

туры и структуры самого топлива (древесный уголь более активен, чем кокс).

В результате более поздних исследований (Хаслам и др.), приведенных с целью выяснения существа реакций образования водорода, был построен график (рис. 16) зависимости получения CO , CO_2 и H_2 от процента разложившихся водяных паров, проходящих через раскаленный углерод при температуре от $+900^\circ\text{C}$ до $+1100^\circ\text{C}$. График показывает,

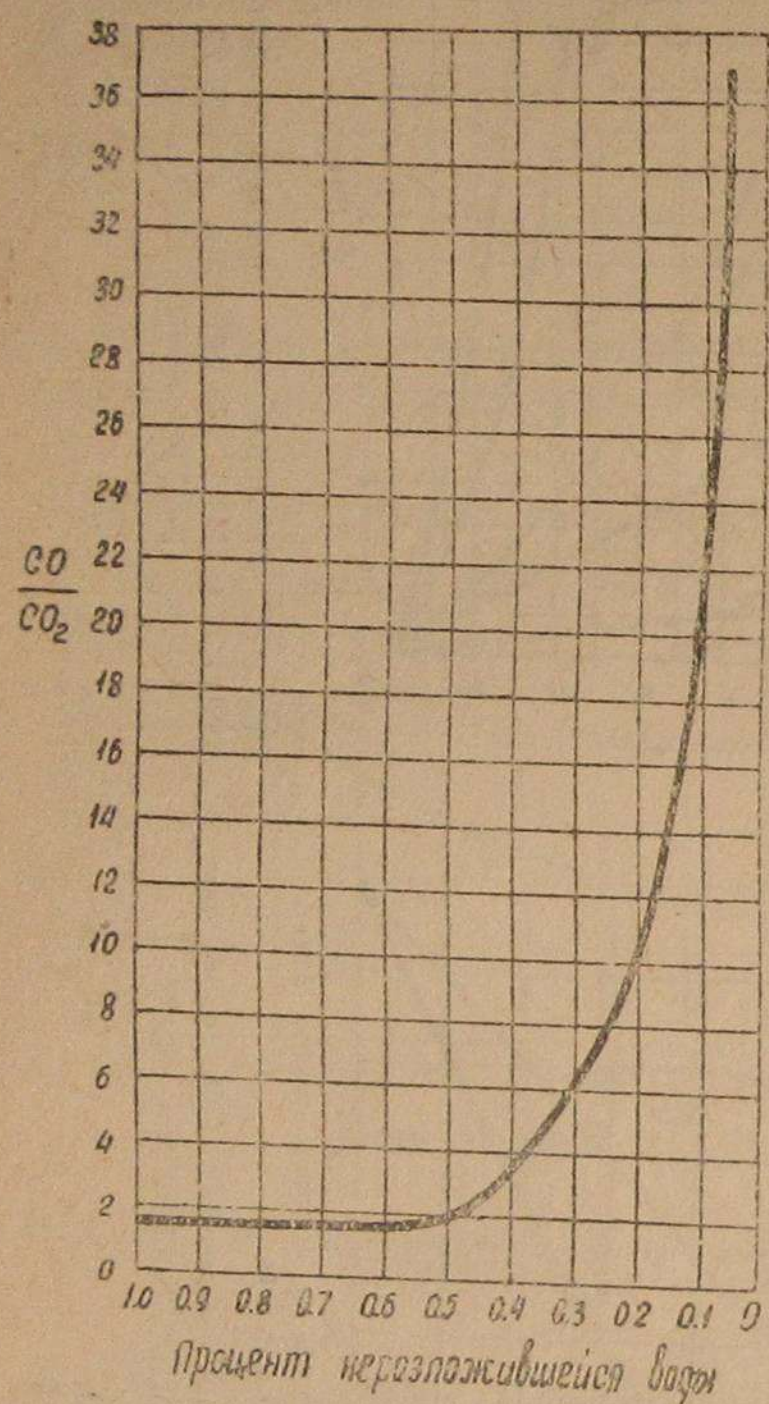


Рис. 17. Зависимость между отношением $\text{CO}:\text{CO}_2$ и количеством неразложившейся влаги.

увеличиваться. Это показывает, что неразложившаяся вода является решающим фактором при определении соотношения между CO и CO_2 .

Рассмотренные выше факторы, влияющие на образование водорода, позволяют сделать следующие выводы:

1) Количество образующегося водорода увеличивается с увеличением температуры и времени контакта, вследствие чего следует иметь достаточно большую высоту и температуру активной зоны.

что характер кривых не зависит от вида топлива и при температурах около $+900^\circ\text{C}$ и выше CO и CO_2 являются первоначально образующимися продуктами взаимодействия пара и углерода.

Пользуясь приведенным графиком, можно подсчитать количество водорода, образующегося по реакциям $\text{C} + \text{H}_2\text{O}$ и $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$ в случае заданного процента разложения водяного пара.

На рис. 17 приведена кривая, выражающая зависимость между CO и CO_2 и частью неразложившихся водяных паров в интервале температур $+900^\circ\text{C}$ — $+1100^\circ\text{C}$.

Из этой кривой видно, что отношение $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$

остается постоянным до тех пор, пока неразложившаяся вода составляет 60%, после чего отношение начинает быстро

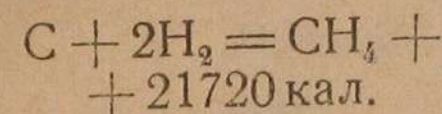
при определении соотношения

2) Для полного разложения поступающего водяного пара необходима температура $+1100$ — $+1300^\circ\text{C}$ и время контакта с углеродом 3—5 сек.

(6) Реакции образования метана CH_4 .

В генераторном газе одним из составляющих его компонентов является газ метан (CH_4). Метан может быть получен как при сухой перегонке дерева, так и при распаде тяжелых углеводородов и при взаимодействии между продуктами газификации.

Образование метана за счет углерода топлива может идти по экзотермической реакции:



Согласно принципу Ле-Шателье, понижение температуры и повышение давления при газификации должны содействовать образованию метана.

Действительно, наличие в генераторном газе большого количества метана обычно связано с низкими температурами в генераторе. Исследования Майера и Альтмайера дали возможность построить кривую равновесия между H_2 и CH_4 в зависимости от температуры (рис. 18).

Данные равновесия сведены в табл. 10.

Таблица 10

Температура в $^\circ\text{C}$	Объемный состав газов в %		Температура в $^\circ\text{C}$	Объемный состав газов в %	
	CH_4	H_2		CH_4	H_2
523	98,79	1,21	923	19,03	80,97
573	96,90	3,10	973	11,07	88,93
623	93,12	6,88	1023	6,08	93,92
673	86,16	13,84	1073	4,41	95,59
723	76,80	23,20	1223	1,59	98,41
773	62,53	37,47	1273	0,5	99,5
823	46,59	53,31	1373	0,2	99,8
873	31,78	68,32	1423	0,1	99,9

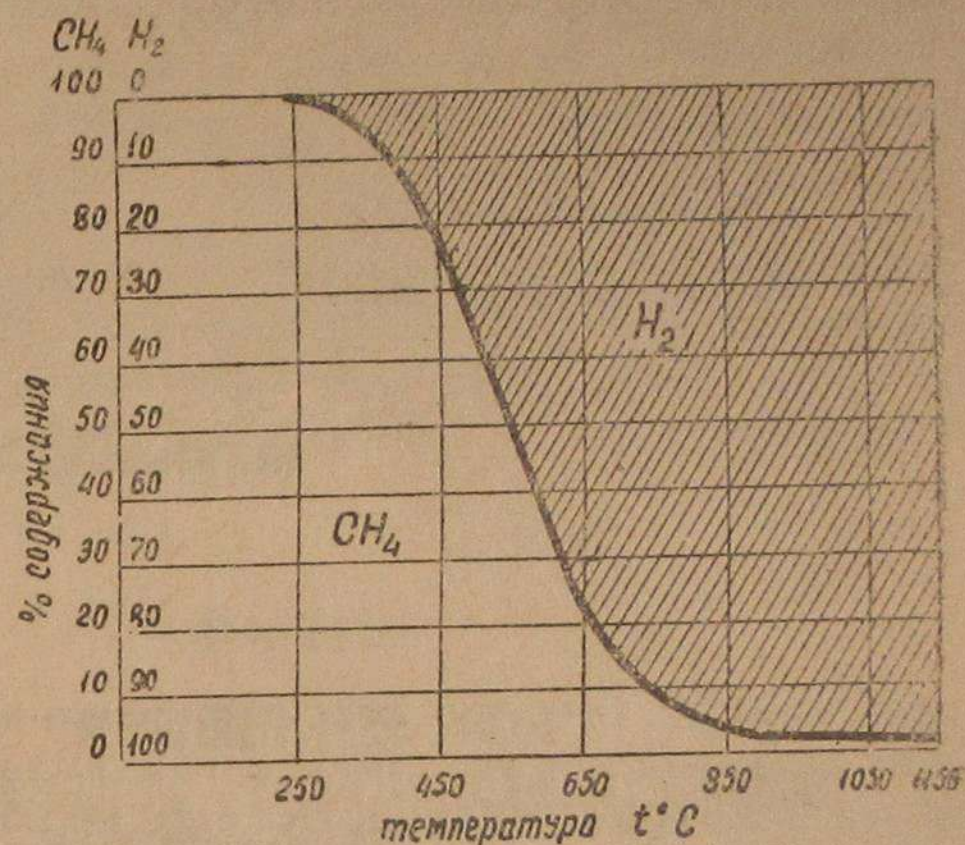
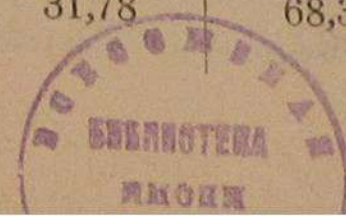
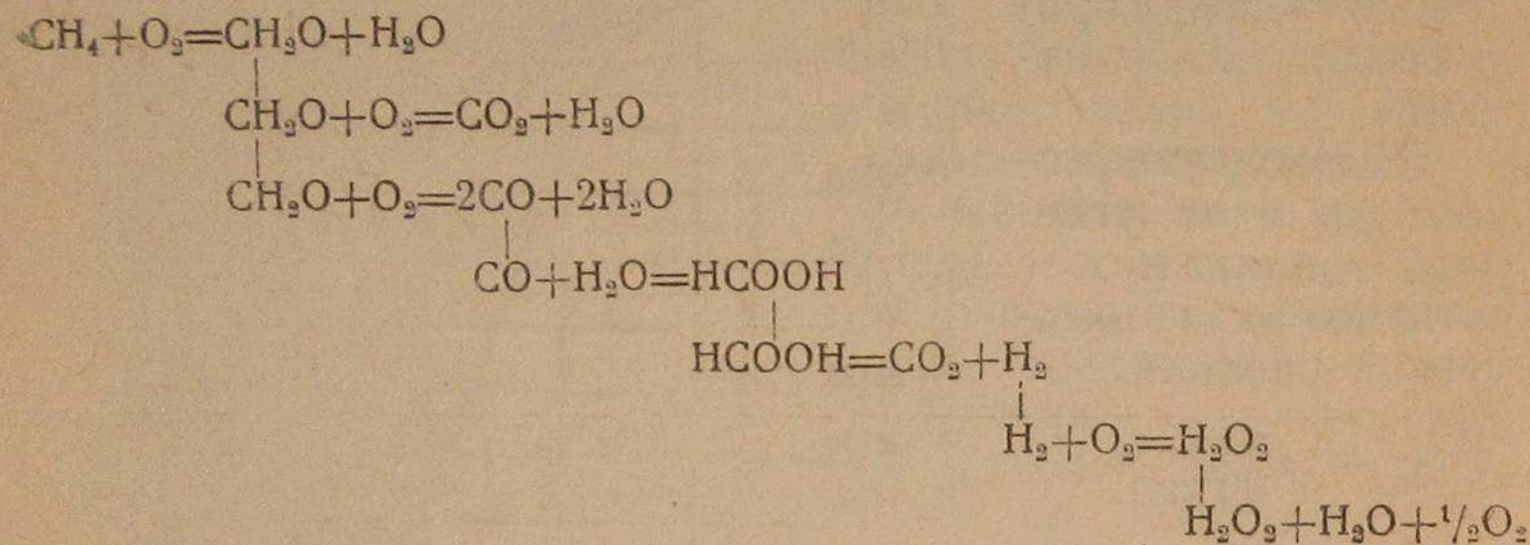


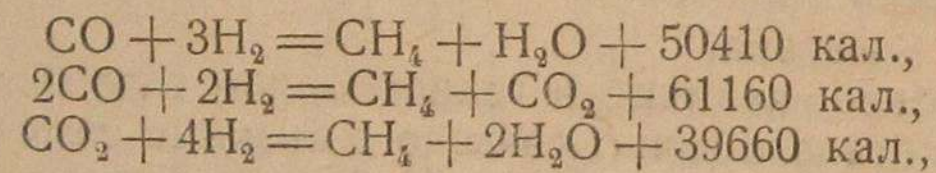
Рис. 18. Равновесие метана и водорода в зависимости от температуры.



Исследования Классона указывают на высокий выход метана при сухой перегонке дерева, но нельзя объяснить только этим присутствие метана в генераторном газе, так как хотя процесс разложения метана при высоких температурах в активной зоне идет и медленно, но, проходя через зону горения, большая часть метана сгорает, образуя воду и углекислоту. Реакция горения метана до сих пор подробно не изучена, но по Боне выражается следующими уравнениями:



В нижних частях восстановительной зоны растет концентрация окиси углерода и водорода и, кроме того, находится некоторое количество еще не разложившейся углекислоты. Между этими компонентами генераторного газа могут происходить реакции:



вследствие наличия которых уменьшается содержание CO и H₂ за счет образования метана.

Реакции образования метана — экзотермические и происходят в слоях топлива с низкими температурами порядка +400° — +600° С.

Следует заметить, что эти реакции быстрее протекают в присутствии катализаторов, которыми могут быть металлические стенки газогенератора и минеральные примеси.

Находящиеся в генераторном газе тяжелые углеводороды исчисляются обычно десятыми долями процента, поэтому их образование не рассматривается.

Таким образом, генераторный газ получается в результате целого ряда реакций, причем основные компоненты генераторного газа CO и H₂ образуются при высокой температуре в активной зоне. Для сохранения тепла в газогенераторе топливник изолируют, уменьшая потери на лучеиспускание, подогревают поступающий в генератор

воздух, а также подогревают топливо, используя для этого тепло генераторного газа (пропускают газ между двойными стенками).

При проектировании газогенераторов следует иметь в виду, что пребывание газа в области низких температур около +600° — +700° С в присутствии железа недопустимо, так как это создает условия для протекания обратных реакций с образованием углекислоты и выделением сажи — стого углерода. Во избежание этого газ по выходе из восстановительной зоны необходимо возможно быстрее охладить до температуры ниже +400° С. Такое быстрое охлаждение газа называется „закалкой“.

В современных древесных газогенераторах закалка осуществляется интенсивным отводом тепла от газов для подогрева топлива и воздуха, а в некоторых угольных установках — пропусканием газа через трубы, охлаждаемые водой.

ГЛАВА III.

ОБЩАЯ СХЕМА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ, НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ.

ЭЛЕМЕНТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ.

Исходя из рассмотренных в главе II способов возможной газификации твердого топлива для получения необходимого двигателю горючего газа, общая схема современной газогенераторной установки, обеспечивающей как самый процесс газификации, так и образование рабочей газовой смеси, должна быть составлена из следующих элементов:

Газогенератор.

Устройством, в котором происходит того или другого вида процесс газификации твердого топлива, дающий в результате горючий газ, является *газогенератор*.

Газогенератор представляет собой (рис. 19) шахтную печь, устройство которой предусматривает наличие следующих деталей:

бункера (1) для помещения определенного количества топлива, которое насыпается через загрузочный люк, расположенный обычно в верхней части газогенератора. Во избежание дополнительного поступления в газогенератор

воздуха через загрузочный люк, что может нарушить и ухудшить процесс газификации топлива, люк плотно закрывается откидной крышкой (2) с асбестовым уплотнением;

топливника (3) различных форм и размеров, в котором происходит горение газифицируемого топлива и получение горючего газа. В виду высоких температур, сопровождающих горение топлива, топливник изготавливается из жароупорных материалов. Топливник соединяется с бункером и служит его продолжением.

Для подвода в топливник необходимого для горения воздуха в газогенераторе устраивается воздухоподводящая сеть, состоящая для взятой схемы газогенератора из воздухоприемной камеры (4), соединенного с нею воздушного пояса (5), охватывающего кольцом часть топливника, и воздушных фурм, через которые воздух проходит из воздушного пояса непосредственно в зону горения. Воздухоприемная камера служит также и для первоначального разжига газогенератора и снабжена обратным клапаном (6), автоматически прикрывающим доступ воздуха в газогенератор при остановках двигателя;

газосборной камеры (7), окружающей бункер и предназначенной для сбора непрерывно отсасываемого из топливника газа и направления его через газоотводящий патрубок (8) в дальнейшие приборы газогенераторной установки;

золяника (9), служащего для сбора золы и мелких частиц топлива, падающих на дно генератора. Золяник для очистки снабжен люком с крышкой (10).

Люк (11), сделанный в стенке генератора против топливника, используется для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля.

Охлаждение газа и газоохладитель.

Так как процесс газификации топлива происходит при высоких температурах, то полученный в результате газификации газ также имеет температуру от $+200^{\circ}\text{C}$ до $+800^{\circ}\text{C}$, колеблющуюся в зависимости от конструкции генератора.

Охлаждение газа должно быть доведено до возможно низкой температуры, приближающейся к температуре воздуха, входящего в смеситель, так как при несоблюдении этого условия уменьшается степень наполнения цилиндров;

а следовательно и мощность двигателя, открывается возможность попадания в цилиндры влажного газа и, наконец, возникают условия для появления обратных химических реакций по формуле $2\text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{C}$, при которой из окиси углерода (2CO) происходит выделение углекислоты (CO_2) и сажистого углерода (C). Эта реакция имеет место при температуре газа от $+900^{\circ}\text{C}$ до $+400^{\circ}\text{C}$.

Средней температурой газа перед входом его в смеситель, обеспечивающей минимальные потери мощности двигателя и отсутствие влаги, является температура, превышающая на $+15^{\circ}$ — $+30^{\circ}\text{C}$ температуру окружающего воздуха, так как дальнейшее охлаждение газа требует громоздких приборов, неудобных для транспортных машин.

Поэтому, помимо тех мероприятий, которые осуществляются в самой конструкции газогенератора для охлаждения газа, путем устройства газосборных камер с большой поверхностью охлаждения, достигаемого противоточным ходом воздуха по воздушной камере, окружающей газосборную, а также и использования газа для подогрева бункера, требуются специальные охлаждающие приборы, так как температура выходящего из генератора газа обычно не опускается ниже $+200^{\circ}\text{C}$.

Следующим за газогенератором элементом установки является прибор для охлаждения газа.

Прибор для охлаждения газа или *газоохладитель* должен понизить температуру проходящего через него газа до температуры, близкой к окружающему воздуху.

Для этой цели газоохладитель должен обладать значительной, быстро отдающей тепло поверхностью, которая представляется обычно в виде металлических трубок различной формы и сечения (рис. 20), сведенных в батарею из нескольких секций (1).

Газ проходит через последовательно расположенные трубчатые секции охлаждающей батареи, имеющие большую поверхность соприкосновения с воздухом, его температура резко понижается и тем больше, чем совершеннее конструкция прибора.

Очистка газа и газоочиститель.

Получение газогенераторного газа, зависящее от способа газификации топлива, сорта топлива, температурных усло-

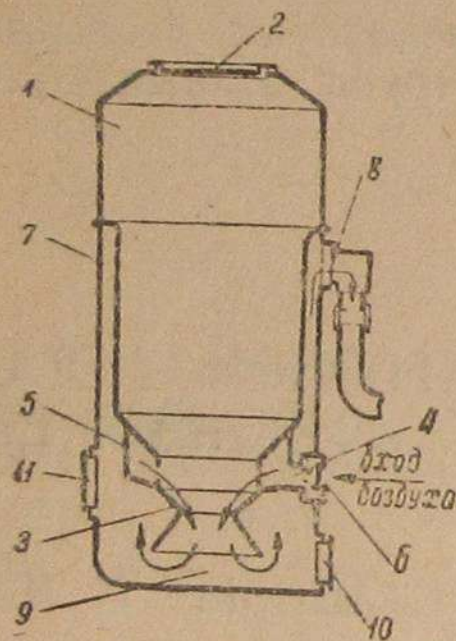


Рис. 19. Схема газогенератора.

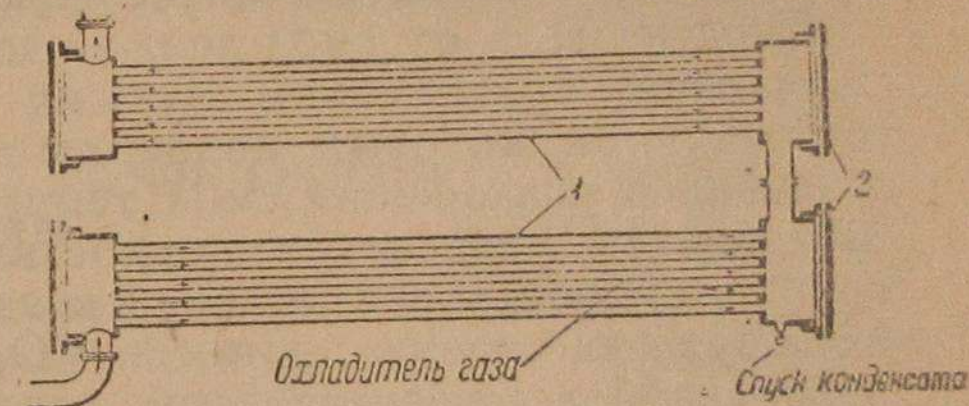


Рис. 20. Схема газоохладителя.

вий газификации, переменного режима работы газогенератора и ряда других факторов, большая скорость выхода газа из генератора — все это связано с наличием в газе ряда примесей в виде частиц золы и угля, влаги и смолистых погонов. Эти примеси отрицательно влияют на работу двигателя, понижая его мощность, засоряя цилиндры и покрывая смолистым налетом цилиндр, поршень и клапаны. Освободить газ от таких примесей, как зола и угольная мелочь, можно путем тщательной фильтрации. Обычно это затруднений не представляет.

Частично освободить газ от влаги возможно конденсацией паров, выделяющихся из топлива в бункере, путем отвода их в особые паросборные рубашки в газогенераторе.

Однако, полностью влага из генераторного газа удаляется конденсацией ее паров в специальных охлаждающих приборах и задержкой ее фильтрами.

Очистка газа от смол должна достигаться в самом газогенераторе применением лучших способов газификации топлива, при которых поддерживается необходимый для сгорания и разложения смол температурный режим и обеспечивается удаление излишков влаги из топлива. Достаточная скорость поступления воздуха в топливник, соответствующее время контакта CO_2 с восстановительной зоной, наиболее удачная форма топливника и способ подачи в него воздуха также улучшают очистку газа от смол.

Улучшению очистки от смол до некоторой степени могут способствовать очистительные приборы, в которых смолы могут задерживаться на поверхности фильтрующего материала.

В виду того, что полная очистка газа невозможна из-за несовершенства очищающих приборов, приходится мириться с наличием в нем некоторого ограниченного количества примесей, остающихся после прохождения через фильтры и не оказывающих заметного влияния на работу двигателя.

Некоторыми экспериментальными исследованиями газогенераторных двигателей выявлено среднее количество отдельных примесей, содержащихся в очищенном газе, полученном в современных газогенераторных установках: золы и угля — 0,05 г на 1 м^3 газа, влаги — от 20 до 200 г на 1 м^3 газа в зависимости от температуры газа и его влагосодержания; смолы — 0,5 г на 1 м^3 газа.

Эти цифры следует признать далеко неточными и максимально допустимыми, стремясь к их снижению за счет улучшения процесса газификации и конструкции очистителей.

Таким образом, газ, вышедший из генератора, должен быть обязательно очищен. Прибор, в котором производится очистка газа, носит название *газоочистителя*.

Процесс очистки связан с прохождением газа через различного рода фильтрующие приспособления, конструкции которых весьма многочисленны и разнообразны.

Один из таких приборов для очистки газа представлен на рис. 21. Он выполнен в виде металлического короба, внутри которого на решетках (1) насыпан фильтрующий материал. Газоподводящий патрубок (2) расположен в нижней части прибора, а газ отводится через патрубок (3) в верхней части. Люки (4) и крышка (5) служат для загрузки и вынимания фильтрующего материала, а также и для промывки прибора. Люк (6) предназначен для удаления отфильтрованных примесей и отвода конденсата.

Для улучшения качества очистки в большинстве случаев устанавливаются два и больше очистителя с различными вариантами их расположения на машине и иногда в комбинации с охладителем.

Образование газовой смеси и смеситель.

После охлаждения и очистки газ, перед тем как попасть во всасывающий коллектор и цилиндры двигателя, должен быть смешан в нужной пропорции с воздухом, необходимым для горения. Смешение газа с воздухом и образование *газовоздушной рабочей смеси* происходит в приборе, носящем название *смесителя*.

Образование газовой смеси по сравнению с образованием обычной рабочей смеси для двигателя, работающего на жидком топливе, является значительно упрощенным процессом, так как в состав газовой смеси входят газообразные вещества в одинаковом количестве (1:1), подчиняющиеся одинаковым законам при всасывании.

Поэтому конструкции смесителей также весьма просты и сильно отличаются от современных сложных карбюраторов.

Важнейшие требования, которые предъявляются к смесителям следующие:

- получение хорошего качества газовой смеси,
- компактность устройства,
- удобство и легкость регулировки смеси,
- возможность работы в комбинации с карбюратором для придания большей гибкости и маневренности машине,
- возможность производить запуск двигателя непосредственно на газе,

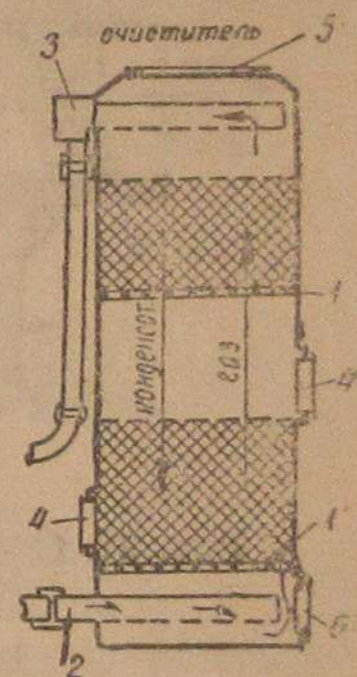


Рис. 21. Схема газоочистителя.

е) не создавать повышенных сопротивлений движению газа и воздуха.

В виду того, что состав генераторного газа в процессе газификации топлива непостоянен и зависит от ряда факторов (режима работы двигателя, температурных условий, топлива и т. д.), то качественная регулировка газовой смеси производится в смесителях, как правило, изменением количества подаваемого воздуха. Это изменение достигается посредством ручной регулировки положения воздушного дросселя и органически связано как с состоянием газообразования, так и с оборотами двигателя, что затрудняет возможность применения автоматической регулировки.

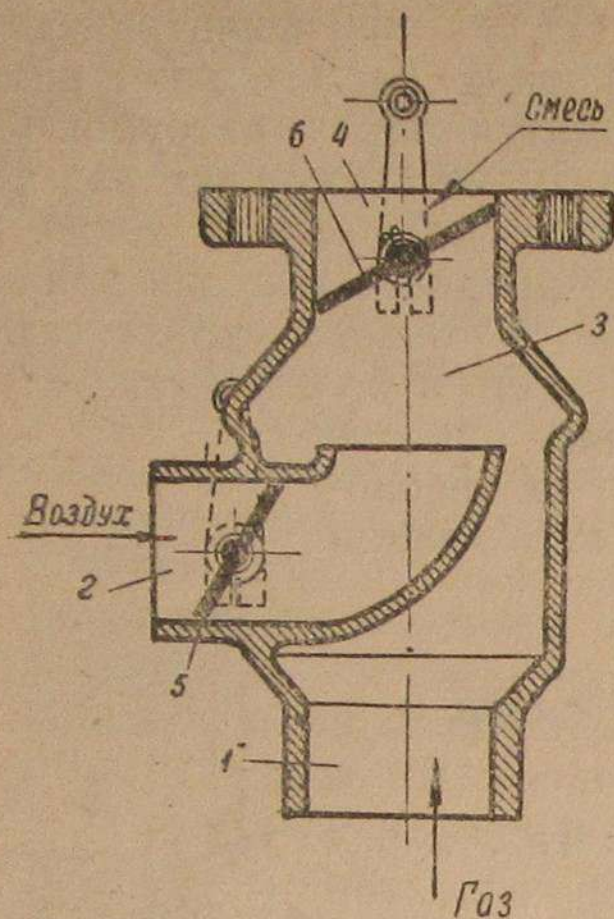


Рис. 22. Схема смесителя.

Смеситель и, встречаясь в камере смешения, образуют газоздушную смесь, которая по патрубку (4) направляется во всасывающий коллектор двигателя.

Для регулировки количества поступающего в смеситель воздуха в воздушном патрубке поставлен дроссель (5), а для регулировки количества поступления в цилиндры готовой смеси служит дроссель смеси (6).

Вентилятор.

Дополнением к перечисленным элементам газогенераторной установки является вентилятор (рис. 23), предназначенный для разжига газогенератора. Вентилятор относится к типу центробежных, имеет кор-

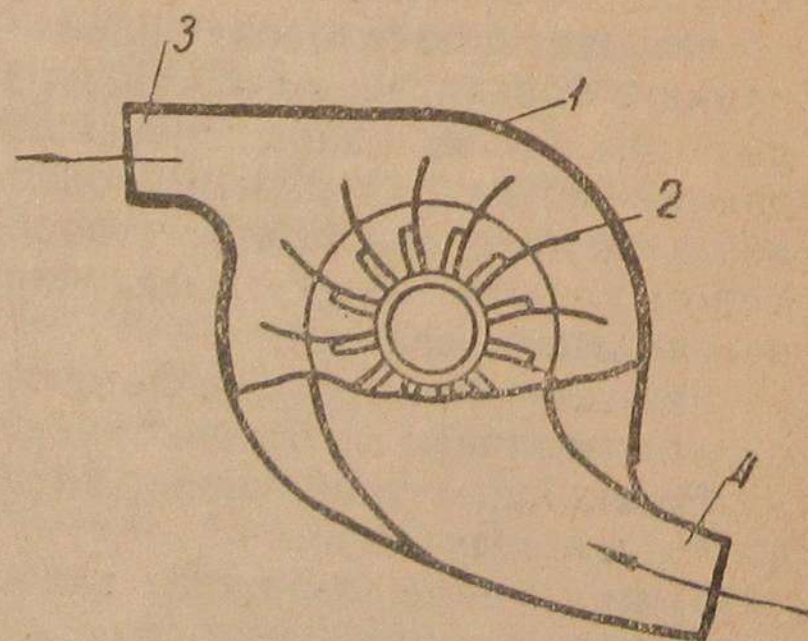


Рис. 23. Схема центробежного вентилятора.

пус (1) с заключенной внутри его крыльчаткой (2), приводимой во вращение ручным или электрическим приводом. Корпус вентилятора одним отверстием (3) сообщается с атмосферой, а другим (4) — с газопроводом установки, благодаря чему вращением крыльчатки можно создать искусственную тягу в газогенераторе в момент разжига, облегчить и ускорить самый разжиг.

Общая схема газогенераторной установки.

Газогенератор, охладитель, очиститель, смеситель и вентилятор составляют полную газогенераторную установку, питающую двигатель газозвушной смесью (рис. 24).

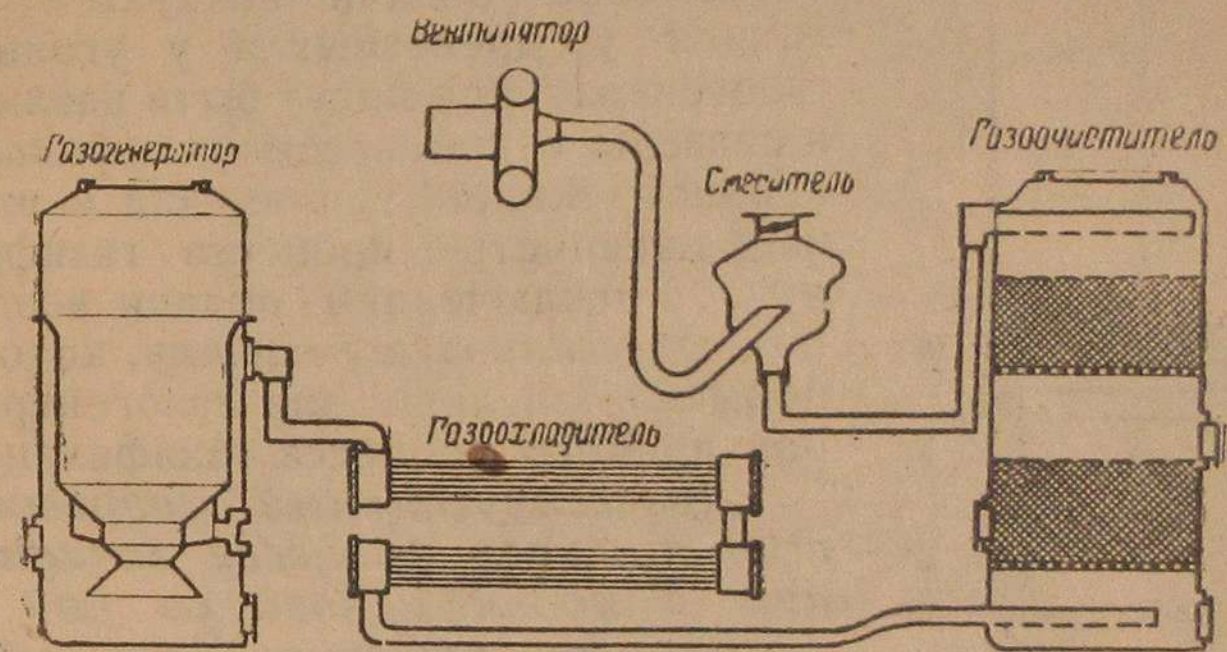


Рис. 24. Общая схема газогенераторной установки.

Так как газогенераторные установки автомобильно-тракторного типа имеют большое разнообразие, то ниже приводится классификация элементов установок, позволяющая объединить их в типовые группы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.

Классификация газогенераторов.

Конструкции газогенераторов разделяются по различным, наиболее важным признакам, на следующие основные группы:

а) по роду газифицируемого топлива — на газогенераторы угольные, работающие на различных сортах угля (древесный, кокс, антрацит), и газогенераторы древесные, работающие на древесных чурках, щепе и поленьях.

б) по процессу газификации топлива — на газогенераторы прямого процесса газификации, обратного процесса газификации и горизонтального процесса газификации.

в) по способу подвода воздуха в топливник — на газогенераторы с подачей воздуха под колосниковую решетку, с периферийно-щелевой подачей воздуха, с периферийно-фурменной подачей воздуха, с центрально-фурменной подачей воздуха, (с боковым, верхним и нижним вводом воздушной фурмы).

По указанным в главе II причинам, угольные газогенераторы могут работать по различному процессу газификации, т. е. по прямому, обратному и горизонтальному, а газогенераторы древесные — только по обратному.

Способы подачи воздуха в топливник у древесных и у угольных газогенераторов могут быть различны и связаны с процессом газификации, с конструкцией топливника и жаро-напряженностью процесса газификации, за исключением подачи воздуха под колосниковую решетку, который применяется лишь для газогенераторов прямого процесса газификации.

Древесноугольный газогенератор прямого процесса газификации с подачей воздуха под колосниковую решетку. Угольный газогенератор прямого процесса газификации (рис. 25) состоит из бункера (1), топливника (2) и зольника (3). Бункер выполнен в виде цилиндра с загрузочным люком и крышкой (4), которая плотно закрывает люк.

В нижней части бункер при помощи фланца соединяется с кожухом (5) топливника.

Топливник, являющийся продолжением бункера, представляет собой металлический корпус с огнеупорной обмуровкой в виде трех шамотных колец (6), свободно лежащих одно на другом и опирающихся на поддерживающее кольцо, приваренное к кожуху. Это же кольцо служит опорой для колосниковой решетки (7), замыкающей топливник снизу.

Снаружи топливник окружен кожухом (5), образующим с корпусом топливника воздушную камеру (8), сообщающуюся с атмосферой воздушными отверстиями, расположенными по одной линии на поверхности кожуха.

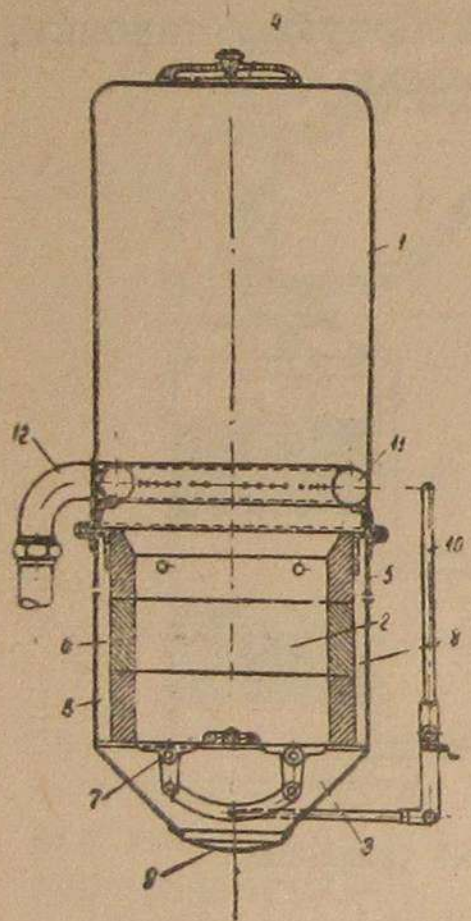


Рис. 25. Схема древесноугольного газогенератора прямого процесса газификации с подачей воздуха под колосниковую решетку.

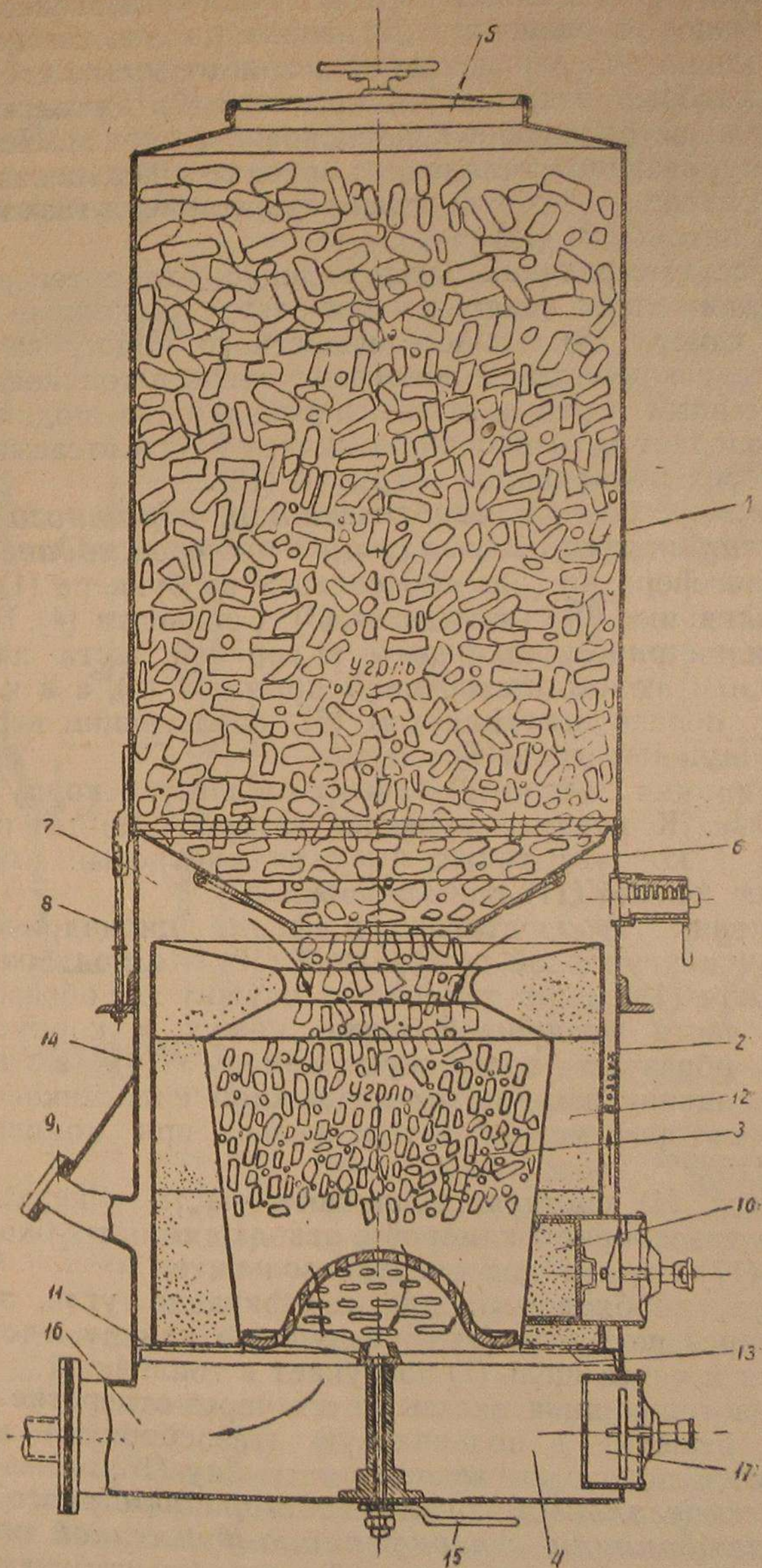


Рис. 26. Схема древесноугольного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха.

Зольник (3) составляет нижнюю часть газогенератора от колосниковой решетки топливника до дна газогенератора. В зольнике сделан люк для очистки от золы и угольной мелочи, который закрывается крышкой (9). Рукоятка (10) служит для встряхивания колосниковой решетки. Немного выше обмурованного топливника находится кольцевая газосборная камера (11) с отверстиями для приема газа и с отводящим патрубком (12).

Процесс газификации угля в данном типе генератора связан с движением воздуха через отверстия кожуха в воздушную камеру (8) и после известного подогрева через колосниковую решетку — непосредственно в топливник (2).

Полученный в результате газификации газ, поднимаясь вверх, попадает в газосборную камеру (11) и отсасывается из нее через подводящий патрубок (12).

Древесноугольный газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха. Газогенератор (рис. 26) состоит из бункера (1), корпуса топливника (2), топливника (3) и зольника (4). Бункер имеет цилиндрическую форму, в верхней части снабжен загрузочным люком со съемной крышкой (5), а в нижней сварен с переходным конусом (6), образующим верхнюю часть воздушной щели (7).

При помощи болтов (8) бункер соединен с корпусом (2) топливника. К корпусу приварен патрубок (9) для подачи воздуха. В корпусе также имеются смотровой люк (10) и опорное кольцо (11) для топливника.

Топливник (3) изготовлен в форме цилиндрического кожуха с огнеупорной обмуровкой (12) и с поддерживающим диском (13). Верх топливника служит для образования нижней части воздушной щели, кожух и корпус топливника образуют воздушную камеру (14), в нижней части топливник замыкается подвижной колосниковой решеткой, которая может встряхиваться при помощи рукоятки (15).

Зольник (4) составляет нижнюю часть генератора и является газосборной камерой с отводящим патрубком (16).

Люк (17) служит для очистки зольника. Воздух, необходимый для газификации угля, засасывается через патрубок (9) в воздушную камеру, где подогревается и через щель (7) поступает в топливник.

Газ из топливника отсасывается через отверстие колосниковой решетки в зольниковую (газосборную) камеру и отводится по отсасывающему патрубку (16).

Древесноугольный газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха. Газогенератор (рис. 27) состоит из бункера (1), топливника (2), корпуса топливника (3) и зольника (4),

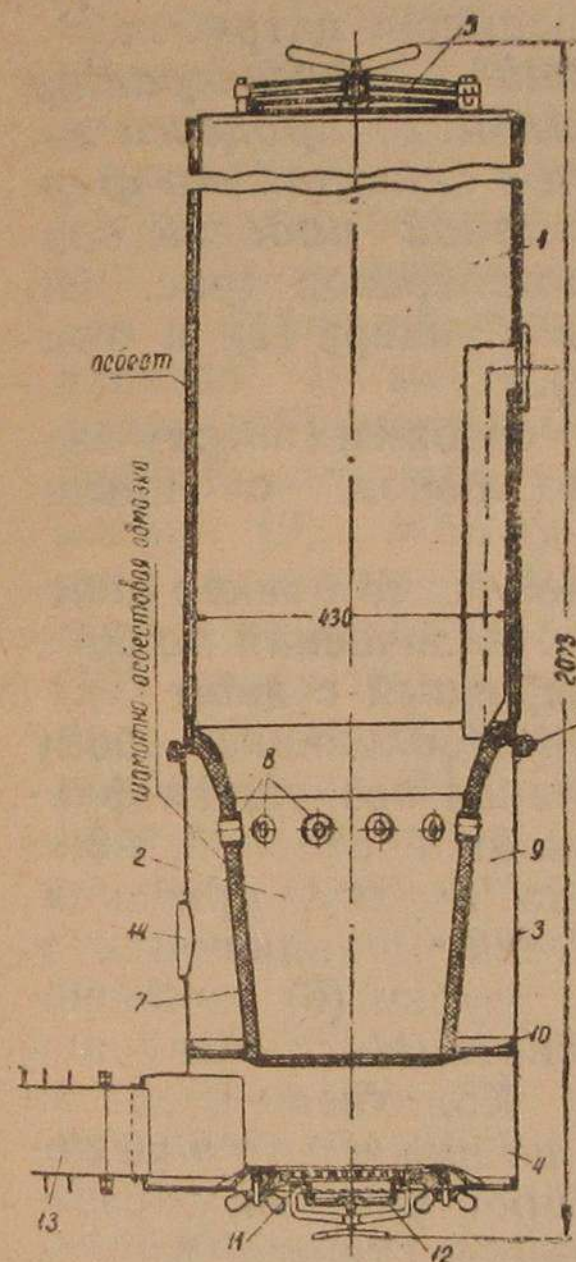
Бункер цилиндрической формы снабжен сверху загрузочным люком с крышкой (5) и заканчивается внизу фланцем (6) для соединения с корпусом топливника.

Топливник в виде металлического конуса с огнеупорной обмуровкой (7) является продолжением бункера. В топливнике имеются 10 отверстий со вставленными в них стальными воздушными фурмами (8), расположенными по периферии.

Фурмы приварены к кожуху топливника и сообщаются с воздушной камерой (9), образованной стенками корпуса и кожуха топливника. Кольцо (10), приваренное к корпусу, служит опорой для топливника. Корпус топливника заканчивается зольником (4), являющимся одновременно и газосборной камерой. В зольнике помещаются колосниковая решетка (11), люк для очистки, закрываемый крышкой (12), и газоотводящий патрубок (13).

Процесс газификации угля происходит с поступлением воздуха в топливник через воздушные фурмы, в которые он засасывается после подогрева из воздушной камеры (9), соединенной с атмосферой отверстием (14).

Рис. 27. Схема древесноугольного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха.



Газ отсасывается из топливника через зольник и отводящий патрубок (13).

Древесноугольный газогенератор обратного процесса газификации с центрально-фурменной верхней подачей воздуха. Газогенератор (рис. 28) состоит из бункера (1) с загрузочным люком (2), топливника (3), корпуса топливника (4), образующего газосборную камеру, золь-

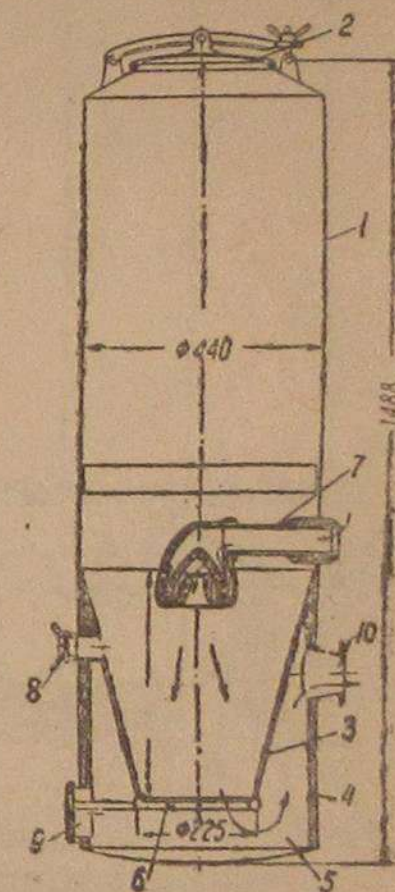


Рис. 28. Схема древесноугольного газогенератора обратного процесса газификации с центрально-фурменной верхней подачей воздуха.

ника (5), отделенного от топливника самовсраживающейся колосниковой решеткой (6). Воздух, необходимый для газификации, поступает через воздушную фурму (7), введенную в центр зоны горения. Отверстие (8) служит для разжига, люк (9) для чистки зольника, патрубок (10) соединяется с газопроводом.

Газификация топлива происходит при движении воздуха через фурму (7) вниз и при отсосе газа через колосниковую решетку и газосборную камеру в отводящий патрубок.

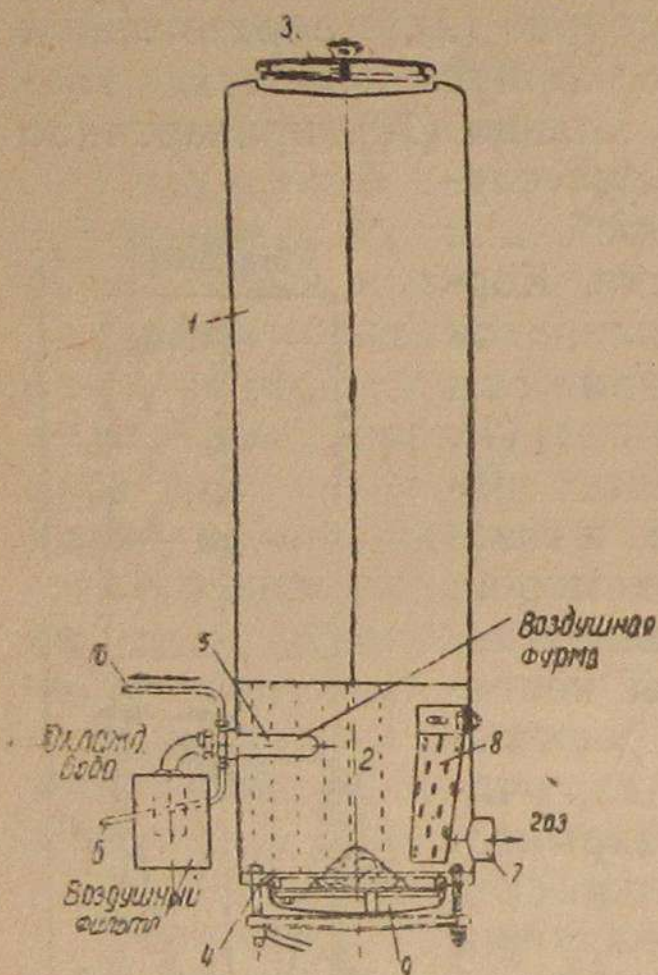


Рис. 29. Схема древесноугольного газогенератора горизонтального процесса газификации с центрально-фурменной подачей воздуха.

В нижней части бункер переходит в металлический топливник (2), сваренный с дном (4). В центр топливника сбоку введена медная воздушная фурма (5), с двойной стенкой, ввинчиваемая во втулку, приваренную к стенке топливника, и через две трубки (6) сообщаемая с системой охлаждения двигателя. Холодная вода из радиатора по нижней трубке поступает в пространство, образованное двойной стенкой фурмы, и, охлаждая ее, возвращается по верхней трубке снова в систему охлаждения.

Для фильтрации воздуха на конце фурмы устанавливается воздухоочиститель. Перед приваренным к топливнику газотводящим патрубком (7) поставлена защитная решетка (8), предохраняющая газ от захватывания частиц угля при отсасывании. Люк (9) служит для очистки топливника. Газификация угля в генераторе происходит с высокой жаронапряженностью и поступлением воздуха через фурму со скоростью, достигающей до 80 м/сек. Боковой подвод воздуха в центральную часть топливника и отсос газа через патрубок (7), расположенный против отверстия фурмы с некоторым смещением вниз, создают поперечный процесс газификации топлива с коротким ходом воздуха и газа.

Угольный газогенератор горизонтального процесса газификации с центрально-фурменной боковой подачей воздуха. Газогенератор (рис. 29) состоит из бункера (1) и топливника (2).

Бункер снабжен сверху загрузочным люком с крышкой (3).

В нижней части бункер переходит в металлический топливник (2), сваренный с дном (4).

В центр топливника сбоку введена медная воздушная фурма (5), с двойной стенкой, ввинчиваемая во втулку, приваренную к стенке топливника, и через две трубки (6) сообщаемая с системой охлаждения двигателя. Холодная вода из радиатора по нижней трубке поступает в пространство, образованное двойной стенкой фурмы, и, охлаждая ее, возвращается по верхней трубке снова в систему охлаждения.

Высокая температура (около $+2000^{\circ}\text{C}$), развивающаяся около выходного отверстия фурмы, постепенно снижается по направлению к стенкам топливника, который делается обычно несколько увеличенного диаметра для создания теплоизоляционного слоя угля.

Древесный газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха. Газогенератор (рис. 30) состоит из бункера (1), корпуса топливника (2), газосборной камеры (4), топливника (3), опорного конуса (5) и зольника (6).

Бункер имеет сверху загрузочный люк с крышкой (7), а внизу — фланец (8) для соединения с корпусом топливника. В месте соединения фланцев бункера и корпуса топливника заложено уплотняющее кольцо (9). Между уплотняющим кольцом и стенкой корпуса вставляется борт конуса (10), прикрепленного к топливнику (3) и образующего канал вокруг щели (11). Щель фрезеруется в топливнике, верхняя и нижняя части которого соединяются поддерживающими ребрами.

К топливнику приварена газосборная камера (4), соединяющаяся фланцем с зольником и снабженная газотводящим патрубком (12). Массивный топливник поддерживается опорным конусом (5), который ставится снизу на опорное кольцо (13), имеющееся в зольнике. На поверхности этого конуса сделано большое количество отверстий для прохода газа в сборную камеру и грубой фильтрации.

Корпус топливника соединен фланцами с бункером и зольником. Он сообщается двумя отверстиями (14) с атмосферой, снабжен смотровым люком (17), служащим для разжига, и отверстием для газотводящего патрубка (12).

Пространство, образованное корпусом топливника и газосборной камерой, служит камерой для подогрева воздуха. Газогенератор снизу замыкается зольником (6) с колосниковой решеткой (15) и люком (16) для очистки.

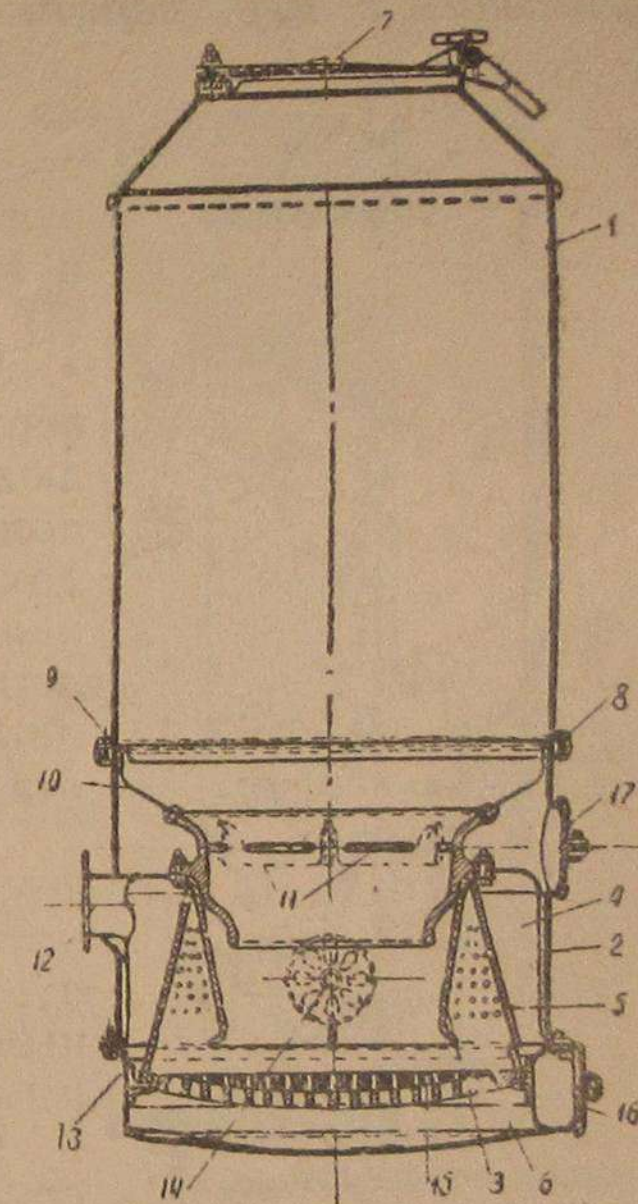


Рис. 30. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха.

Воздух, необходимый для газификации топлива, поступает из отверстий (14) корпуса топливника в воздушную камеру подогрева, откуда через щель (11) засасывается в топливник.

Газ, полученный в топливнике, отсасывается через опорный конус (5) в газосборную камеру (4) и из нее в отводящий патрубок (12).

Древесный газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха.

Газогенератор (рис. 31) состоит из трех кожухов: внутреннего (1), среднего (2) и наружного (3), образующих бункер (4), газосборную (5) и воздушную камеры (6), топливника (7) и зольника (8).

Внутренний бункерный кожух в верхней части имеет загрузочный люк, закрываемый крышкой (9) при помощи центрального болта с предохранительной пружиной (10). Нижняя часть бункерного кожуха через переходной конус сварена с топливником (7), отлитым из жароупорной стали.

Топливник снабжен 8 воздушными фурмами диаметром 10 мм каждая, которые окружены кольцевым воздушным поясом (11) с четырьмя входными трубками (12), присоединенными к фланцам среднего кожуха.

Бункерный кожух (1) окружен средним кожухом (2), образующим пространство газосборной камеры (5), связанное отверстием (13) с газототсасывающим патрубком. Соединение обоих кожухов осуществлено через фланцы (14) с изоляционной прокладкой между кожухами, помещаемой в кольцевом выступе среднего кожуха.

Наружный кожух (3) генератора сварен вверху со средним кожухом и образует с ним пространство (6), служащее воздушной камерой и связанное двумя отверстиями (20) с атмосферой.

Кожух имеет 4 люка (15), расположенные против входных отверстий воздушного пояса и служащие для разжига и осмотра. Два люка (16), проходящие через наружный и средний кожухи, предназначены для засыпки восстановительного слоя угля в нижнюю часть газосбор-

ной камеры. Люки закрываются крышками с зажимным барашком.

Сваренные снизу кожухи воздушной и газосборной камеры фланцем (17) соединяются с зольником (8).

Зольник имеет колосниковую решетку (18), свободно опирающуюся на поддерживающее кольцо и люк (19) для очистки.

Процесс газификации топлива в генераторе обеспечивается поступлением воздуха через отверстия (20) в воздушную камеру (6), где он подогревается и засасывается в топливник через воздушный пояс (11) и фурмы.

Газ, полученный в результате газификации, отсасывается из топливника в газосборную камеру (5), из которой охлажденный до $\sim +200^{\circ}\text{C}$ выходит по отсасывающему патрубку (13). Охлаждение газа связано с соответствующей подсушкой топлива в бункерном кожухе.

Древесный газогенератор обратного процесса газификации с центрально-фурменной нижней подачей воздуха.

Газогенератор (рис. 32) состоит из бункера (1), паросборной камеры (2), топливника (3), корпуса топливника (4), газосборной камеры (5) и зольника (6).

Бункер представлен внутренним кожухом (1), который поддерживается опорным кольцом (9), зажатом между фланцами паросборной и газосборной камер. От опорного кольца до верхней части на поверхности бункерного кожуха есть отверстия для отвода парообразных выделений топлива в паросборную камеру. Выделения при нагревании древесного топлива состоят из паров воды и продуктов сухой перегонки дерева. Загрузочный люк с крышкой (8) расположен в верхней части наружного кожуха (7), в котором сделано отверстие (18) для спуска конденсата, образующегося в паросборной камере (2).

Бункерный кожух заканчивается внизу топливником (3) с огнеупорной обмуровкой. Топливник окружен корпусом

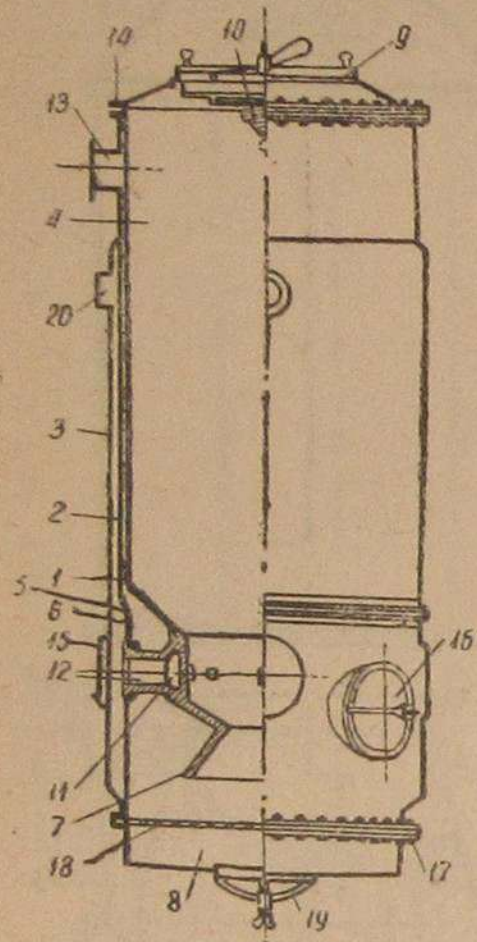


Рис. 31. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха.

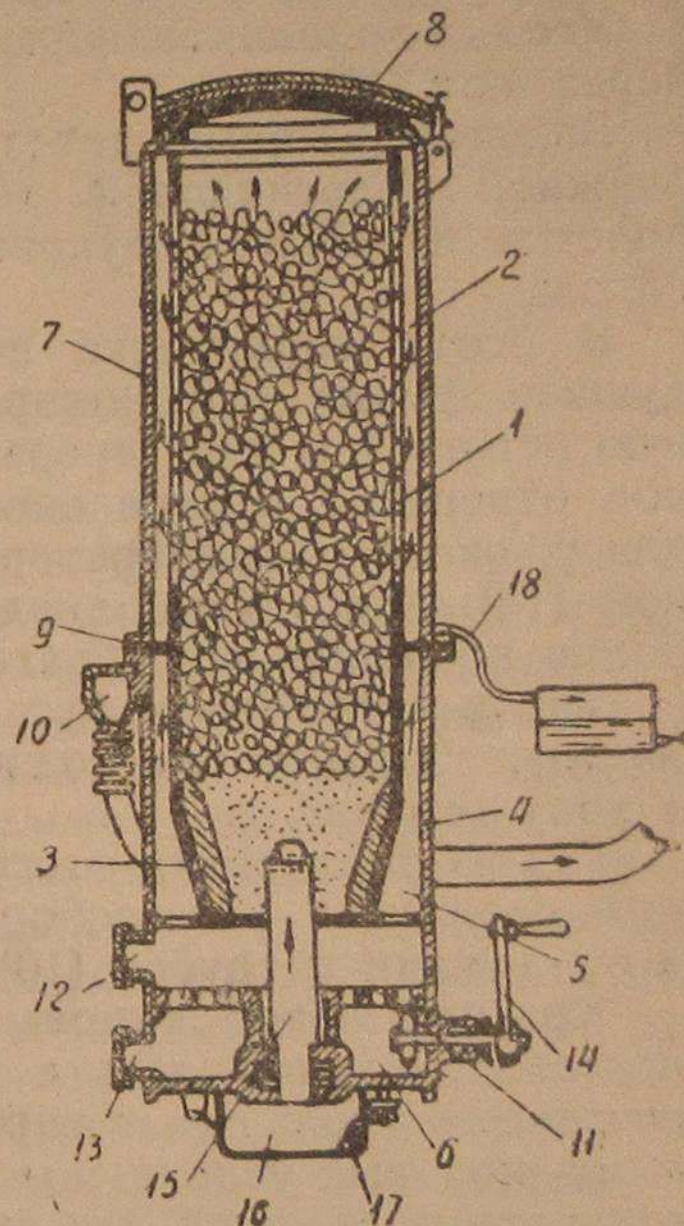


Рис. 32. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с центрально-фурменной нижней подачей воздуха.

(4), являющимся продолжением наружного кожуха. Пространство, образованное стенками топливника и его корпусом, служит газосборной камерой (5), которая имеет газотводящий патрубок (10).

Нижняя часть газосборной камеры используется для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля, который помещается между колосниковой решеткой (11) и отражательной решеткой, служащей для предохранения газосборной камеры от попадания мелких частиц угля.

Уголь в дополнительную зону восстановления засыпается через люк (12).

Зольник (6) помещается между дном генератора и подвижной колосниковой решеткой, имеет люк (13) для очистки и рычаг с рукояткой (14) для встряхивания решетки.

В центр топливника введена снизу центральная воздушная фурма (15), которая пропущена через колосниковую решетку и дно генератора и закреплена в дне. Входное отверстие центральной фуры служит одновременно для разжига газогенератора и снабжено откидной коробкой (16) с воздухоподводящим каналом, имеющим свободно подвешенный обратный клапан.

Такое устройство фуры позволяет засасывать воздух из атмосферы через подводящий канал и направлять его в зону горения.

Газ из топливника отсасывается через восстановительный слой угля в газосборную камеру, откуда поступает в отводящий патрубок (10).

Краткий обзор типовых конструкций газогенераторов позволяет сделать вывод о значительной простоте и компактности угольных генераторов по сравнению с древесными, которые усложнены за счет создания наиболее благоприятных условий для газификации древесины.

Классификация газоохладителей.

Охладители газа по конструкции можно разделить на два основных типа:

- 1) батарейно-трубчатый и
- 2) радиаторный.

В обоих этих типах процесс охлаждения газа достигается его прохождением около металлической поверхности значительной площади, которая омывается потоком воздуха. Для усиления циркуляции воздушного потока в случае установки радиаторного газоохладителя используется вентилятор системы охлаждения двигателя.

Если охладительный прибор комбинируется с газоочистительным, то его называют охладителем-очистителем.

Он выполняет параллельную функцию газоочистителя, хотя по конструкции может быть отнесен к первой группе батарейно-трубчатых охладителей.

Батарейно-трубчатый охладитель. Батарейно-трубчатый охладитель (рис. 33) состоит из трех секций (1) сведенных в батарею, причем каждая секция выполнена из двух коллекторных коробок (2), соединенных между собой трубками (3) прямоугольного сечения. Трубки изготовляются из тонкого листового железа и концами свариваются с коробками.

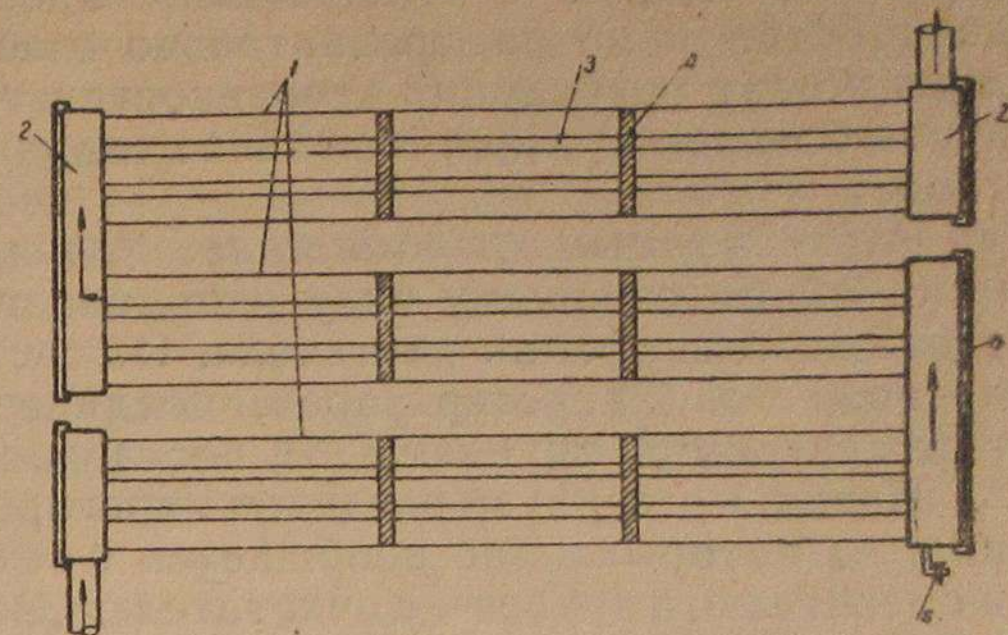


Рис. 33. Схема батарейно-трубчатого газоохладителя.

Планки (4) образуют жесткие рамки для секций, монтируемых последовательно одна над другой.

Краники (5) служат для спуска конденсата, образующегося при охлаждении газа. Коллекторные коробки имеют крышки (6) для осмотра и очистки.

Нижняя секция связана газопроводом с генератором, а верхняя — с очистителем, благодаря чему газ последовательно проходит через все секции.

Сохраняя рассмотренную принципиальную схему, конструкции батарейно-трубчатых газоохладителей видоизменяются по форме и длине трубок и по числу секций.

Форма трубок обычно бывает или прямоугольного или круглого сечения, число секций доходит до 5. Иногда трубки снабжаются металлическими ребрами для увеличения общей поверхности охлаждения.

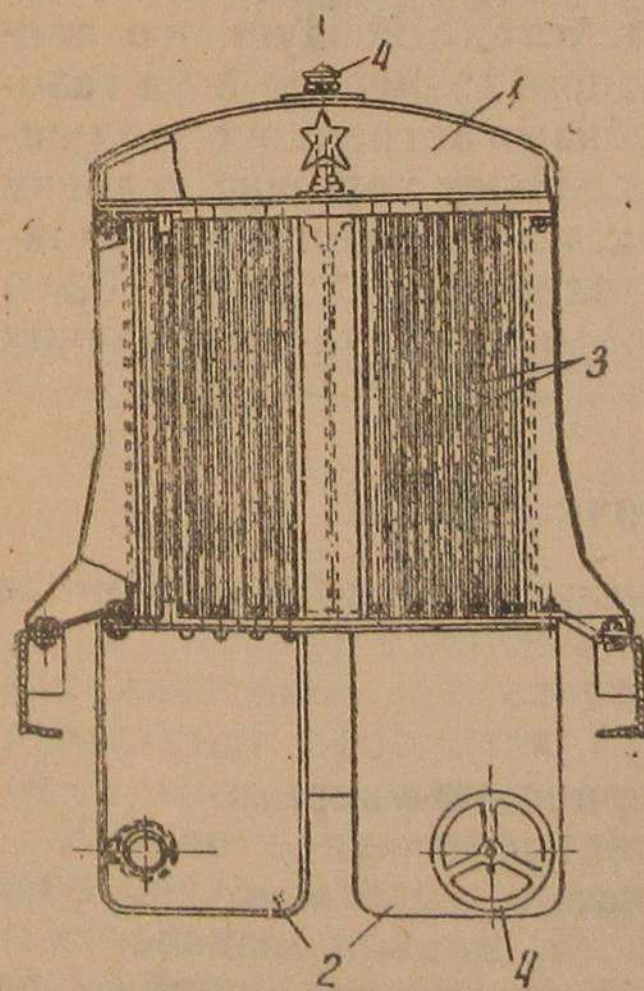


Рис. 34. Схема радиаторного газоохладителя.

Значительные размеры батарейно-трубчатых охладителей и неудобство их монтажа, связанное как с местом монтажа, так и с количеством крепежного материала, неудобство осмотра, сравнительно слабая циркуляция воздуха между трубками (в особенности у тракторов) и громоздкость батареи вызвали появление охладителей радиаторного типа.

Радиаторный охладитель. Радиаторный охладитель (рис. 34) по внешнему виду напоминает обычный радиатор системы охлаждения двигателя. Он состоит из верхнего (1) и нижнего (2) резервуаров, соединенных между собой вертикальными трубками (3), поставленными в два ряда.

Нижний резервуар разделен перегородкой на два отделения, из которых одно сообщается с газопроводом, идущим к смесителю, а другое — с очистителем. Оба резервуара имеют пробки (4) для очистки, которые в нижнем резервуаре служат также для спуска конденсата.

Газ, поступающий в первое отделение нижнего резервуара, проходит по части трубок в верхний резервуар, откуда по остальным трубкам спускается во второе отделение нижнего резервуара и из него — в газопровод смесителя.

Радиаторный охладитель монтируется перед основным радиатором двигателя, поэтому действие воздушного вентилятора системы охлаждения распространяется и на газоохладитель. Циркуляция между трубками встречного воздушного потока и работа вентилятора создают хорошие условия для охлаждения газа. Форма трубок, их количество и устройство резервуаров радиаторного охладителя могут быть различны в зависимости от емкости, степени охлаждения и внешнего вида.

Классификация газоочистителей.

По способу фильтрации газа очистители разделяются на следующие группы:

- 1) жидкостные,
- 2) сухие: а) поверхностные,
- б) динамические { инерционно-ударные
и центробежные,
- в) матерчатые и сетчатые,
- 3) комбинированные.

Жидкостные очистители. Жидкостные очистители очищают газ, пропуская его через воду, керосин или масло. Этот тип очистителей не обеспечивает достаточной очистки, создавая большое сопротивление проходу газа (около 200—300 мм водяного столба), неудобен для эксплуатации в зимнее время и требует вспомогательного фильтрующего слоя для задерживания капель жидкости. Эти очистители

по перечисленным причинам не получили распространения.

Примером такого типа очистителей может служить очиститель газогенераторной установки Виско-Автогаз (рис. 35). Он изготовлен в виде прямоугольного бака, разделенного перегородками (13) на два отделения.

Одна из этих перегородок имеет в верхней части отверстие, а другая не доходит до дна бака, вследствие чего между ними образуется проходной канал из первого во второе отделение.

В первое отделение (1) наливается вода до уровня, определяемого контрольным краном (2). В воду опущены края ко-

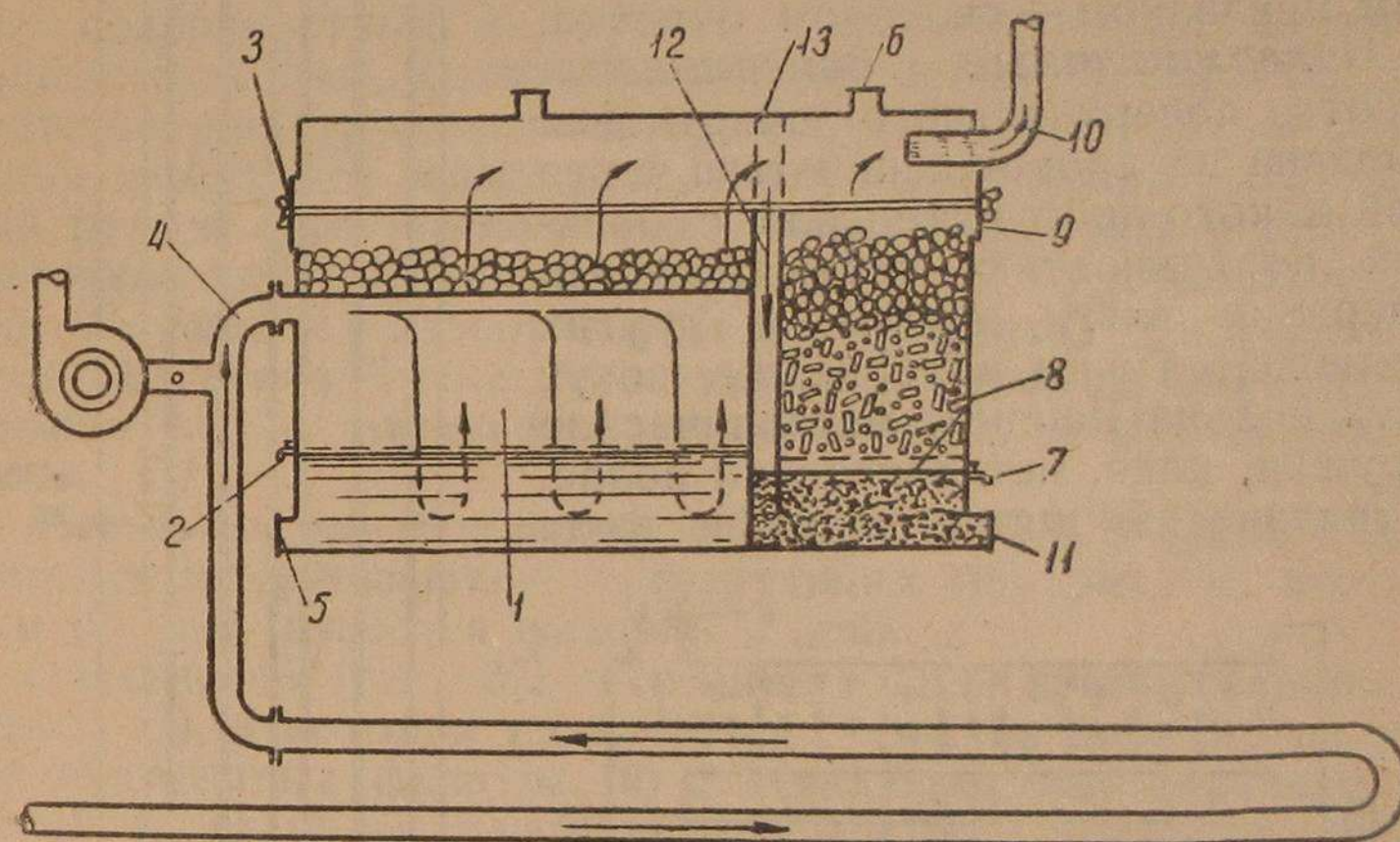


Рис. 35. Схема жидкостного газоочистителя.

рытообразной коробки, дно которой прикреплено к сетке, соединенной со стенками бака. Коробка имеет три вертикальные пластины для направления движения газа. На сетку насыпается пробковая стружка через люк (3). Патрубок (4) служит для подвода газа, а пробка (5) — для спуска воды.

Второе отделение через отверстие (6) заполняется отработанным маслом с керосином до уровня, определяемого контрольным краном (7). Над масляной поверхностью расположена сетка (8), на которую через люк (9) насыпаются кольца Рашига. Газ отводится через патрубок (10) с предохранительной сеткой, для спуска масла имеется отверстие (11).

Газ, поступающий в бак, попадает в первое отделение, где направляется отражательными пластинами вниз и, выходя из под краев коробки, при движении вверх, через филь-

трующий слой пробковой стружки, очищается от капель воды. Из первого отделения газ переходит во второе по каналу (12), опускаясь по которому он проникает на глубину 20—25 мм в масло, после чего снова поднимается, очищается от масляных капель, проходя через кольца Рашига, и выходит из очистителя по отводящему патрубку.

Сухие очистители. Сухие очистители в настоящее время имеют наибольшее распространение из-за хорошего качества очистки и удобства ухода. Конструкции их весьма разнообразны. Ниже будут рассмотрены типовые схемы отдельных групп, объединяемых важнейшим признаком — способом очистки.

Поверхностные очистители. Работа поверхностного очистителя основана на прохождении газа через слой какого-либо материала с большой поверхностью, служащего для задержки влаги, смолы и других примесей. Таким материалом могут быть кольца Рашига, металлические стружки, кокс, металлический волос, металлические щетки, пластины и др.

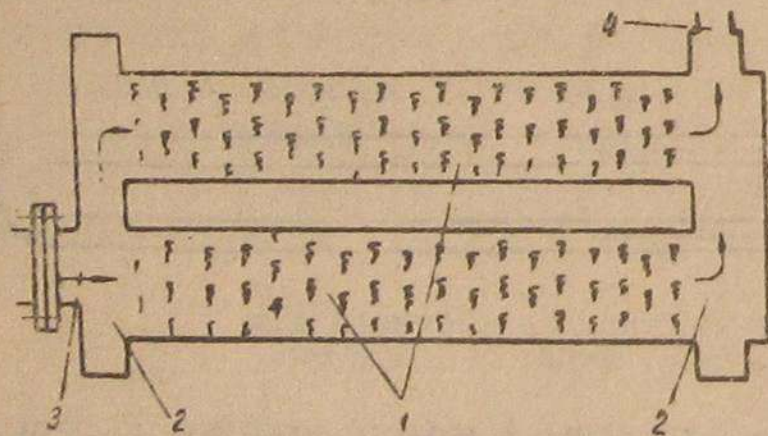


Рис. 36. Схема поверхностного газоочистителя.

Простейший тип поверхностного очистителя изображен на рис. 36. Он состоит из двух горизонтально расположенных цилиндров, наполненных фильтрующей металлической стружкой (1). Цилиндры с обеих сторон входят в коробки (2), из которых одна соединяется с подводящим газопроводом (3), а другая — с отводящим (4). Коробки имеют съемные крышки для очистки цилиндров и пробки для спуска конденсата.

При прохождении газа через металлические стружки на их поверхности остаются различные примеси.

Примеси значительно интенсивнее осаждаются при увлажненной поверхности фильтрующего материала, вследствие

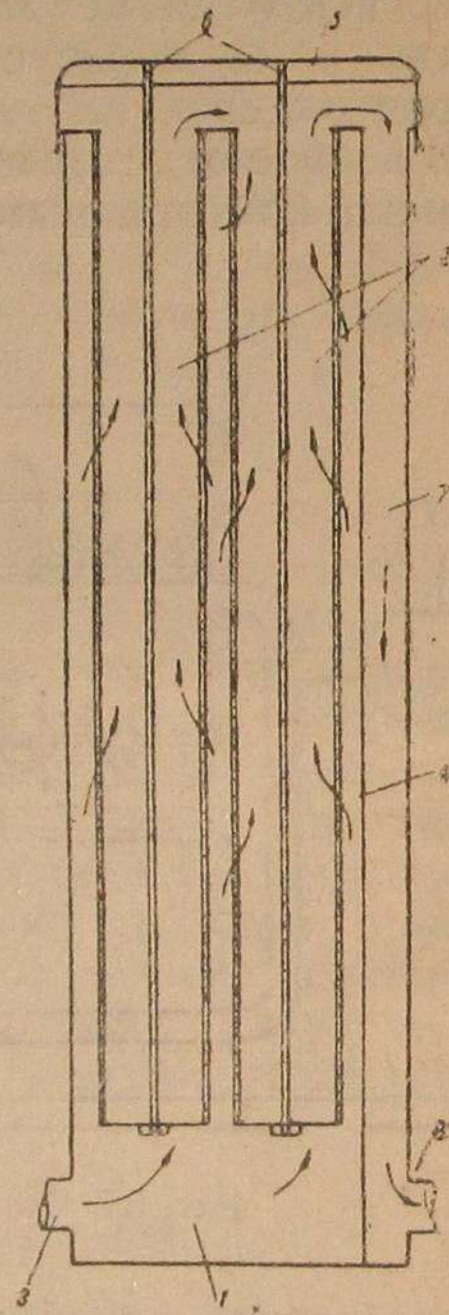


Рис. 37. Схема матерчатого газоочистителя.

чего в ряде поверхностных очистителей используется конденсат, образующийся из влаги, поступающей в них вместе с газом. В этом случае очиститель ставится вертикально, что обеспечивает стекание конденсата вниз, увлажнение фильтрующего материала и удаление части примесей вместе с падающими каплями воды на дно прибора. Иногда увлажнение производится предварительно перед закладыванием материала в очиститель.

Поверхностные очистители работают удовлетворительно, но требуют периодической промывки фильтрующего материала или полной его смены в виду постепенного загрязнения и увеличения сопротивления движению газа.

За последнее время наблюдается тенденция к изготовлению поверхностных и другого вида очистителей весьма большого объема, который частично используется для помещения фильтрующего материала, а частично для накопления известного запаса газа. Этот искусственно создаваемый резерв газа обеспечивает большую гибкость в работе двигателя при переменной нагрузке и при кратковременном нарушении газообразования в генераторе, облегчает пуск двигателя. Такие очистители с некоторым объемным запасом газа получили наименование *очистителей-газгольдеров*.

Матерчатый очиститель. Примеси газа в таких очистителях задерживаются фильтрующим материалом, которым обычно являются фланель и войлок.

Очиститель (рис. 37) выполнен в виде прямоугольного корпуса (1), в котором на длинных стержнях смонтированы два матерчатых фильтра (2) с металлическими каркасами. Корпус имеет подводящий патрубок (3), вертикальную отражательную перегородку (4), съемную крышку (5), к которой приварены стержни (6) и отводящий канал с выходным патрубком (8).

Газ, поступивший в очиститель через подводящий патрубок, должен пройти сквозь материал обоих фильтров, после чего, поднявшись под крышку, спуститься по каналу к отводящему патрубку.

Очистители подобного устройства дают хорошую очистку, но быстро загрязняются и, если через них проходит неохлажденный газ, сгорают.

Для предохранения матерчатых фильтров от быстрого загрязнения их обычно устанавливают после очистителей другого типа, в которых газ проходит предварительную, грубую очистку от наиболее крупных примесей. Кроме того, почти в каждой конструкции матерчатого очистителя предусматривается возможность стряхивания с фильтров пыли при помощи пружинящих при езде каркасов, на которые натянут фильтрующий материал. Лучшие конструкции

матерчатых фильтров снабжены контрольным фильтром, который надевается на начало газоотводящей трубы (рис. 38) в виде небольшой мелкой сетки.

Загрязнение сетки вызывает прекращение подачи газа в двигатель, остановку двигателя и указывает на необходимость произвести очистку основных фильтров.

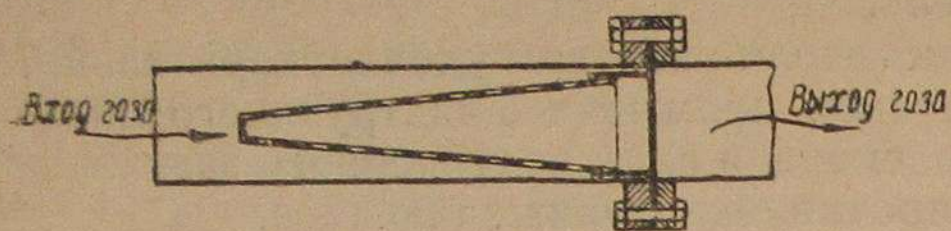


Рис. 38. Схема контрольного фильтра.

Аналогичен по конструкции матерчатому фильтру очиститель, у которого фильтрующим материалом служит мелкая сетка.

Динамические очистители. Динамические очистители очищают газ путем использования скорости его движения, которая в очистителе резко понижается, само движение также резко изменяет направление и приобретает сложный зигзагообразный или спиральный ход. Примеси, имеющиеся в газе и

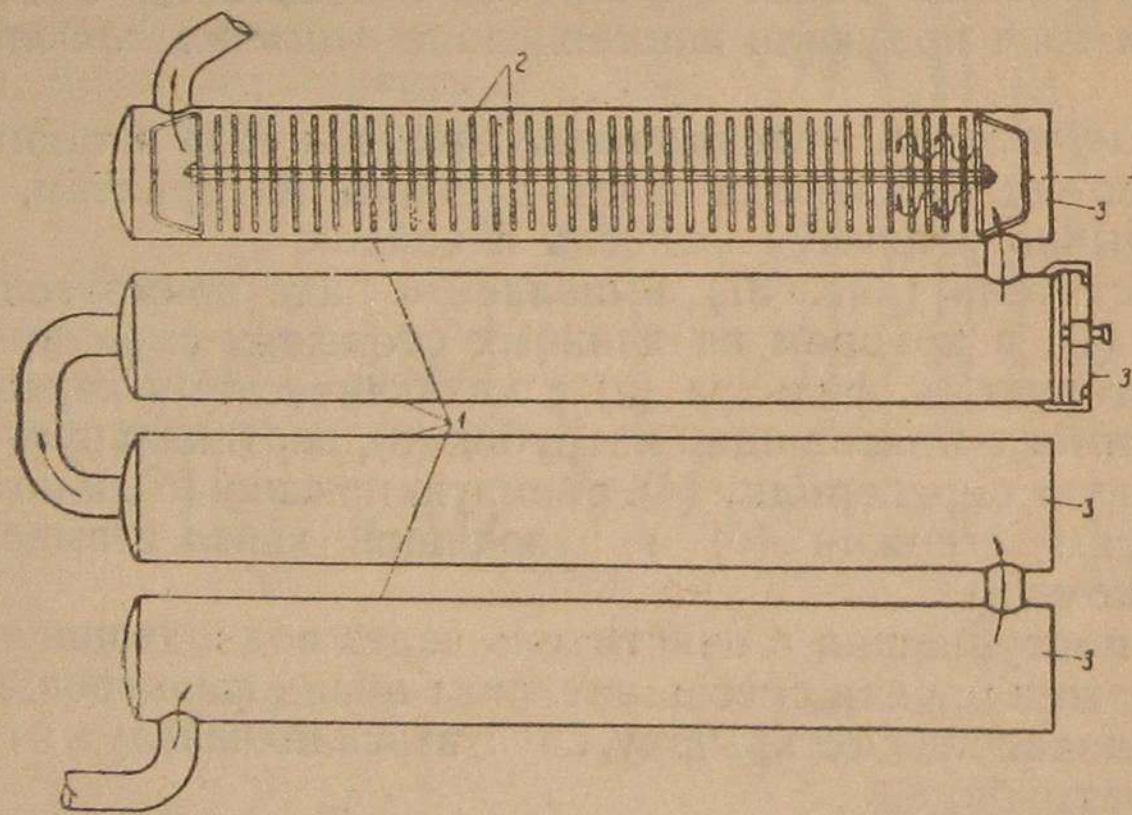


Рис. 39. Схема инерционно-ударного газоочистителя.

обладающие большим удельным весом, продолжают при этом двигаться по инерции с прежними скоростью и направлением, ударяются о различного рода препятствия и отбрасываются на дно прибора. В некоторых случаях при движении газа возникает центробежная сила, отбрасывающая примеси к стенкам очистителя.

В зависимости от внутреннего устройства динамических очистителей и характера движения в них газа они разде-

ляются на две типовых подгруппы: 1) инерционно-ударные и 2) центробежные.

Инерционно-ударный очиститель (рис. 39) изготавливается в виде батареи, состоящей из нескольких прямоугольных или круглых коробов (1), внутри которых устанавливаются отражательные пластинки (2), имеющие на поверхности ряд отверстий, расположенных в шахматном порядке. Число пластинок в коробах, число отверстий в пластинках, диаметр отверстий и расстояние между пластинками делаются неодинаковыми. По ходу газа в последовательно соединенных цилиндрах число пластинок и отверстий в них постепенно увеличивается, а диаметр отверстий и расстояние между пластинками уменьшаются. В первом коробе имеется подводный патрубок, а в последнем — отводящий. Пластинки монтируются на опорных стержнях, вместе с которыми через люки с крышками (3) они могут быть вынуты для очистки.

Проходя через отверстия в пластинках коробов, газ многократно ударяется о пластинки с понижением скорости и изменением направления движения, благодаря чему содержащиеся в газе примеси выпадают на дно коробов.

Инерционно-ударные очистители изготавливаются в виде батарей в составе 2—5 секций с большой охлаждаемой поверхностью. Поэтому они относятся к группе очистителей-охладителей, так как одновременно выполняют функции охлаждения газа.

При установке подобного рода очистителей потребность в специальных охладителях отпадает. Инерционно-ударные очистители обычно устанавливаются для первичной, грубой очистки газа и требуют, в виду недостаточной надежности очистки, наличия в газогенераторной установке вторичных очистителей.

Центробежные очистители производят очистку газа, используя центробежную силу, под действием которой механические примеси отбрасываются к стенкам очищающего прибора. Возникновение центробежной силы вызывается установкой различного вида крыльчаток, приводимых в действие или собственным движением газа или механическим приводом, а также установкой завихряющих приборов, проходя через которые газ получает вихревое движение, связанное с появлением центробежной силы.

Конструкция одного из центробежных очистителей с крыльчаткой, приводимой в действие движением газа, показана на рис. 40.

Этот очиститель состоит из металлического корпуса (1) цилиндрической формы с вводным патрубком (2) и отъемным дном. Крыльчатка (3), свободно вращающаяся на вертикальной оси, имеет шариковую опору и накрыта колпаком (4) со щелевыми отверстиями (5) для входа и на-

правления движения газа и снабжена двумя рядами лопастей (7). Патрубок (6) служит для отвода газа.

Газ поступает в очиститель через вводный патрубок и отверстия колпака, ударяется о лопасти крыльчатки, благодаря чему последняя приводится во вращение и газ также приобретает вращательное движение.

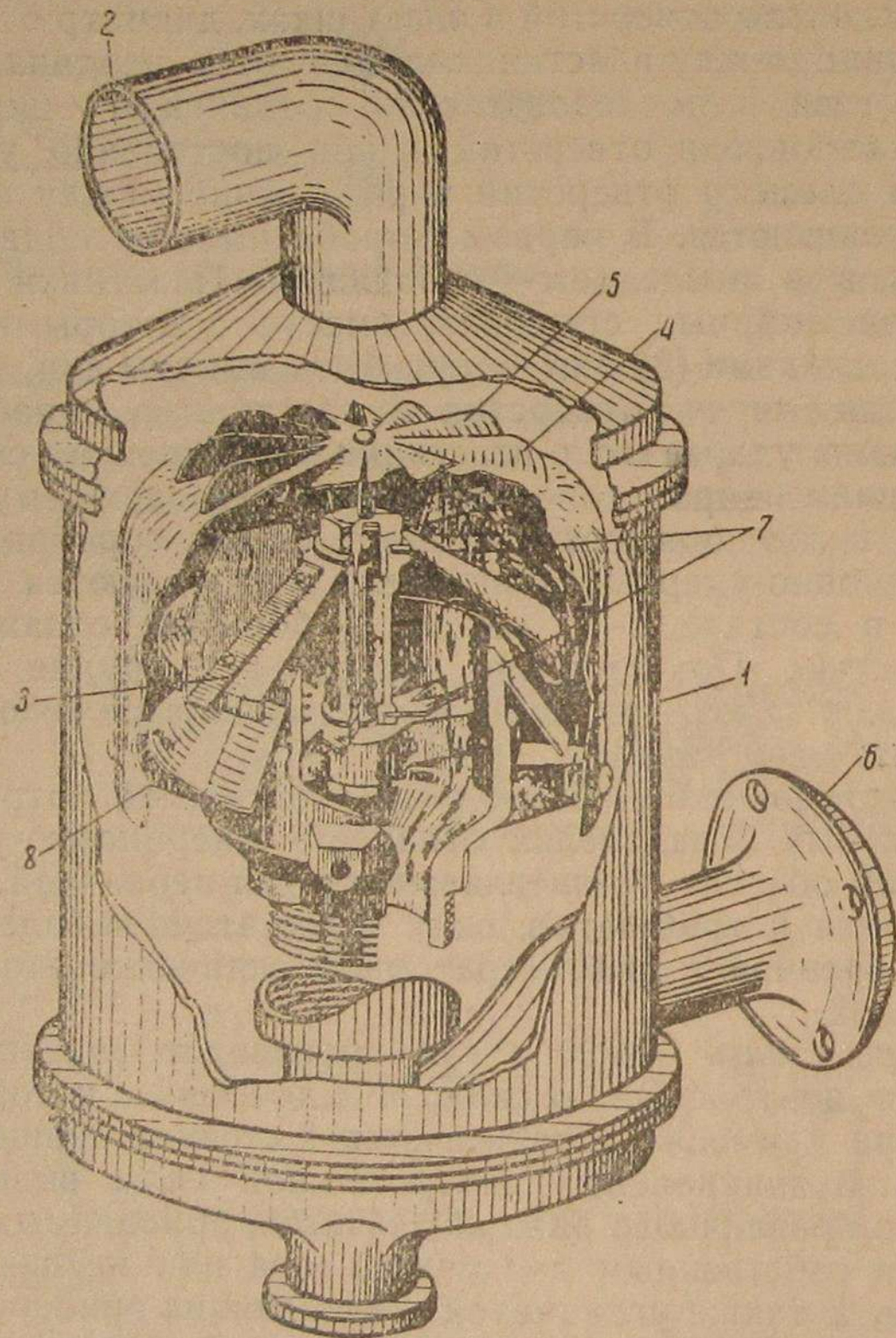


Рис. 40. Схема центробежного газоочистителя.

Возникающая при этом центробежная сила отбрасывает примеси, находящиеся в газе, к стенкам колпака, от которого они через кольцевую щель (8) падают на дно корпуса очистителя, а газ по патрубку (6) отсасывается по дальнейшему направлению.

Очистители рассмотренного типа взяты из конструкций воздушных фильтров автомобильных двигателей и, давая

невысокую степень очистки, могут служить только для грубой очистки газа.

Для улучшения качества работы в последнее время в конструкцию центробежных газоочистителей внесены изменения, связанные с получением вращательного движения газа, направленного по спирали с сохранением вихреобразного состояния. Такие очистители получили широкую известность под названием циклонных или циклонов (рис. 41).

В очиститель газ поступает по патрубку (1), расположенному по касательной к поверхности прибора (2), отчего приобретает вращательное движение. На отводящем патрубке (3) имеется завихритель (4), состоящий из ряда изогнутых лопаток. Механические примеси падают в конический пылесборник (5), снабженный люком (6) для очистки.

Комбинированные очистители представляют со-

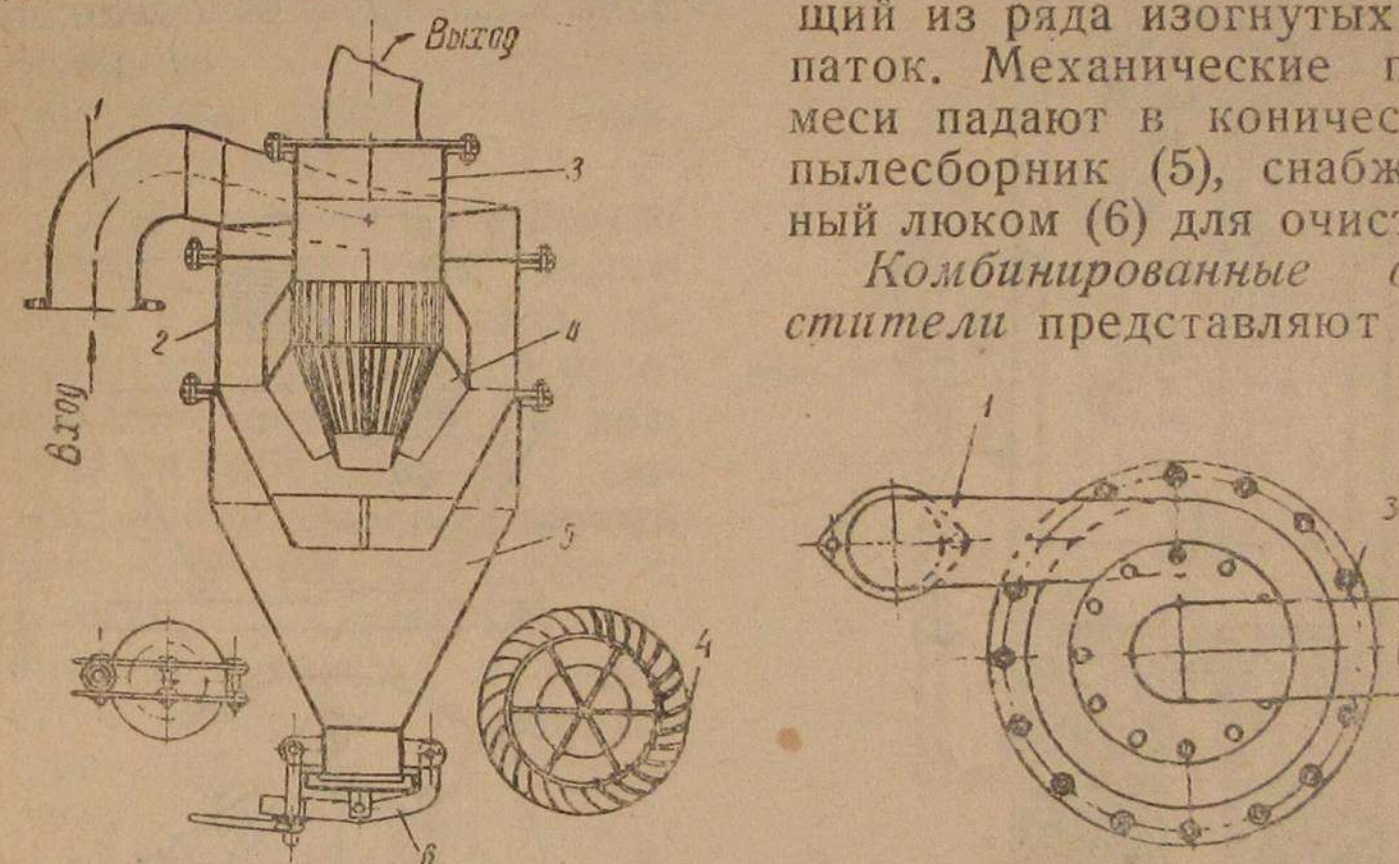


Рис. 41. Схема циклонного газоочистителя.

бой устройства, в которых газ очищается посредством прохождения через несколько видов очищающих фильтров, например, через жидкостный и сухой, поверхностный и матерчатый, находящиеся в одном приборе. Схема одного из таких очистителей представлена на рис. 42.

Классификация смесителей.

В зависимости от направления движения потоков газа и воздуха при образовании газовой смеси конструкции современных смесителей разделяются на следующие типовые группы:

- 1) смесители с параллельным движением потоков газа и воздуха:
 - а) простые,
 - б) эжекционные;
- 2) смесители с пересекающимся движением потоков газа и воздуха:

- а) перпендикулярно-поточные,
- б) наклонно-поточные,
- в) эжекционные;
- 3) смесители турбулентные.

В том случае, когда какой-либо из указанных типов смесителей комбинируется с карбюратором в одном приборе, позволяющем работать как на газозоудшной смеси, так и на обычной рабочей смеси воздуха с жидким топливом, он называется *смеситель-карбюратор*.

1) Смесители с параллельным движением потоков

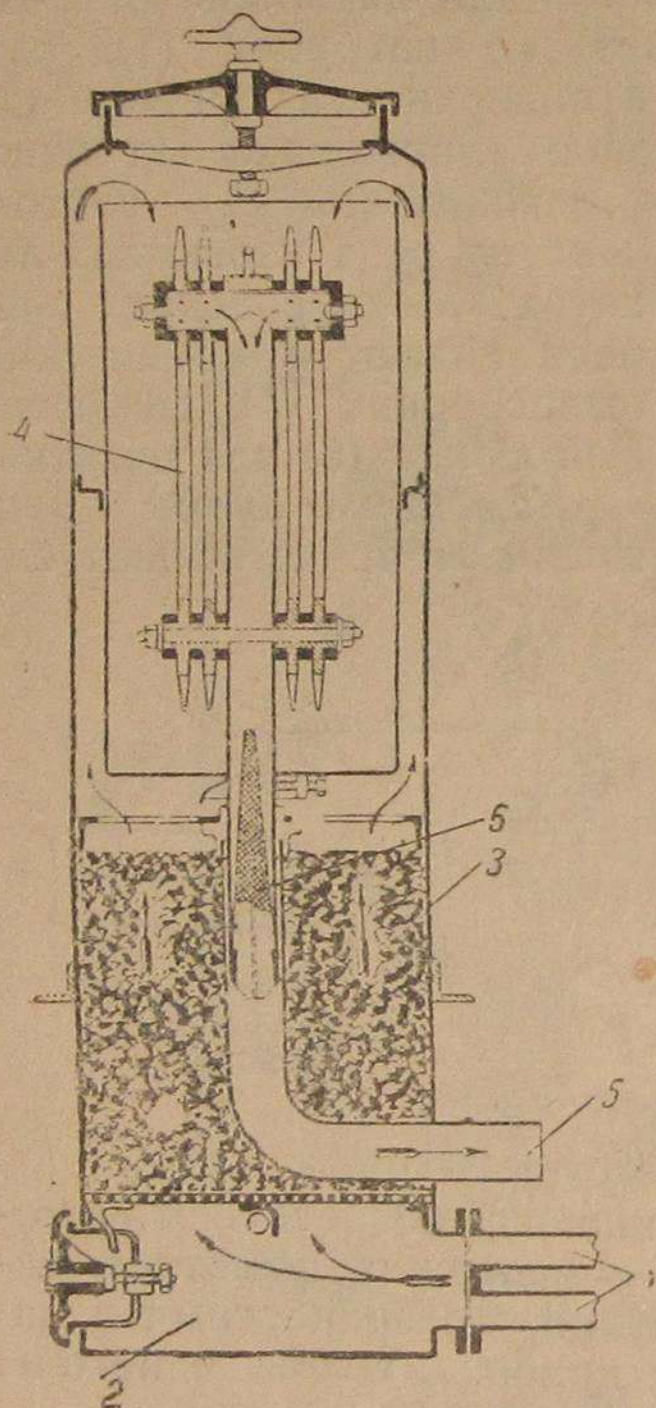


Рис. 42. Схема комбинированного газоочистителя.

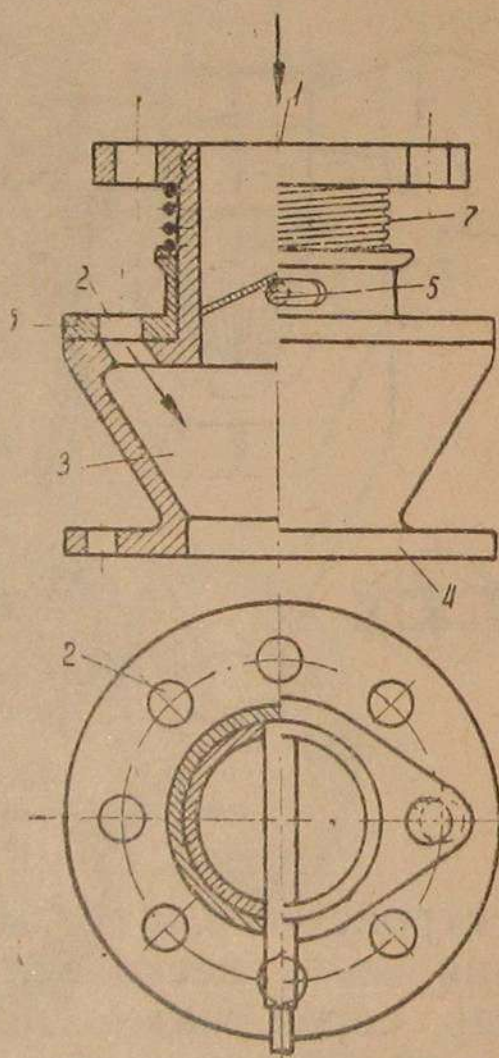


Рис. 43. Схема параллельно-поточного смесителя.

газа и воздуха имеют простое устройство, показанное на рис. 43.

Конструкция изображенного смесителя состоит из газоподводящего патрубка (1) с газовым дросселем (5), камеры смешения (3) и фланца (4) для присоединения ко всасывающему коллектору двигателя.

Воздух, необходимый для образования газозоудшной смеси, подводится в камеру смешения через отверстия (2), высверленные в корпусе смесителя вокруг газоподводящего

патрубка, проходное сечение которых может вручную регулироваться кольцевой шайбой (6), также снабженной отверстиями для прохода воздуха. Регулировка производится смещением этих отверстий по отношению к воздушным отверстиям корпуса смесителя при помощи тяги. Пружина (7) служит для удержания шайбы (6) в определенном положении.

Газозоудшная смесь образуется в камере смешения, в которую параллельно поступают поток газа по патрубку (1) и разделенный на мелкие струи поток воздуха через отверстия в золотниковой шайбе и корпусе смесителя.

Процесс образования смеси дает удовлетворительное ее качество и не связан с большим сопротивлением движению газового и воздушного потоков.

Для создания подсосывающего действия входящего в смеситель газа, которое создает лучшие условия для поступления воздуха и образования газозоудшной смеси, газовый патрубок (2) вводится в корпус (1) смесителя значительно глубже и конец его делается суженным (рис. 44). Воздух подводится через ряд отверстий (5) в подвижной шайбе (3) и корпусе смесителя (1), откуда он попадает в кольцевое пространство, образованное суженным концом газового патрубка и корпусом смесителя, и под действием разрежения от работающего двигателя и подсосывания газовым потоком проходит в камеру смешения (7). Количество воздуха регулируется смещением отверстий шайбы (5) по отношению к отверстиям корпуса смесителя рычажком (6), регулировка количества газозоудшной смеси, направляемой в цилиндры, производится дросселем смеси (4).

Так как сужение части газоподводящего патрубка повышает сопротивление движению газа, то в некоторых конструкциях смесителей подобного типа подсосывающее действие создается потоком воздуха.

Наличие подсосывающего или эжекционного действия в смесителе, которое создается движением газового или

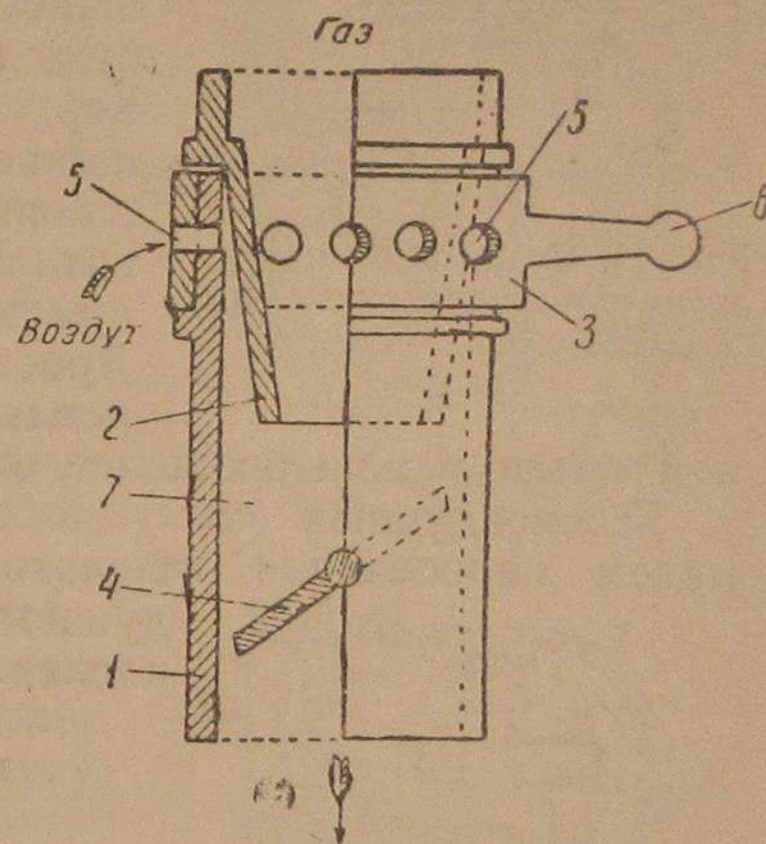


Рис. 44. Схема параллельно-поточного смесителя эжекционного действия.

воздушного потоков, позволяет отнести их к типу смесителей параллельно-поточных эжекционных.

2) Смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха, образующие газоздушную смесь путем пересечения газового и воздушных потоков, также обладают несложным устройством и имеют следующую схему (рис. 45).

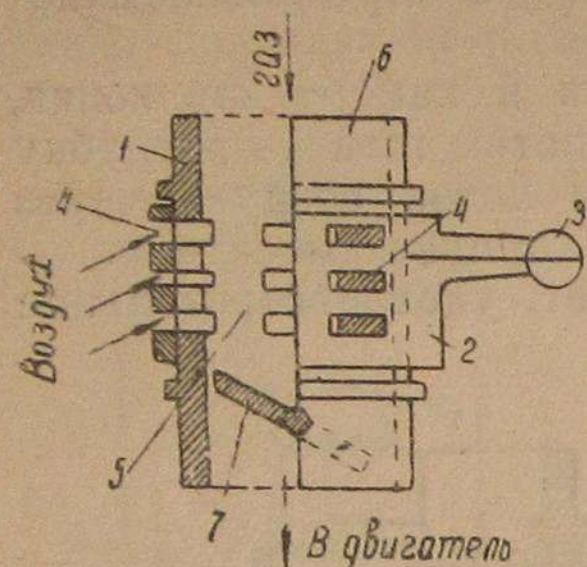


Рис. 45. Схема перпендикулярно-поточного смесителя.

Цилиндрический корпус (1) смесителя образует камеру смешения (5), в которую газ подводится по патрубку (6), а воздух — через ряд отверстий (4), сделанных в корпусе и регулировочной кольцевой шайбе (2). Регулирование количества воздуха, поступающего в камеру смешения, производится смещением отверстий шайбы по отношению к отверстиям корпуса смесителя при помощи ручной тяги, присоединяемой к выступу (3). Дроссель (7) служит для регулирования количества газоздушной смеси, направляющейся в цилиндры двигателя.

Газоздушная смесь образуется в камере смешения путем пересечения газового потока рядом струй воздушного потока, причем движение последнего, нормальное к движе-

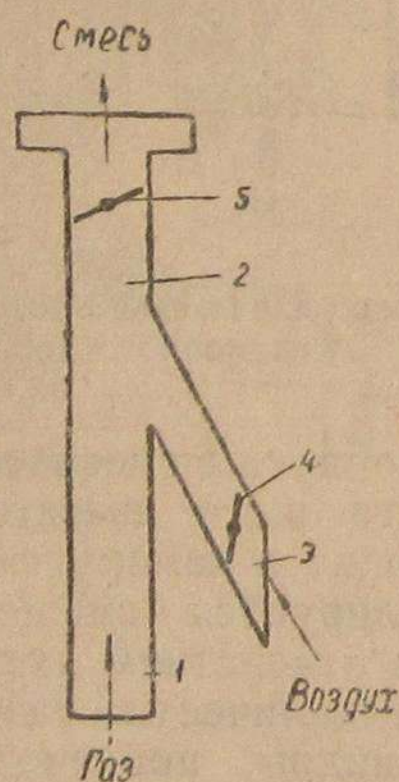


Рис. 46. Схема наклонно-поточного смесителя.

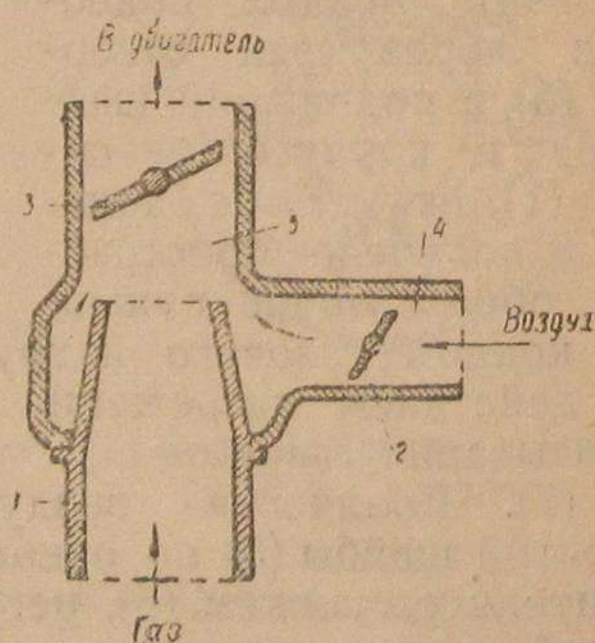


Рис. 47. Схема перпендикулярно-поточного смесителя эжекционного действия.

нию газа, создает некоторое давление, тормозящее его поступление. Стремление избавиться от этого тормозящего действия воздуха и еще более упростить кон-

струкцию смесителя привело к созданию наклонно-поточных смесителей с пересечением потоков газа и воздуха под острым углом.

Схема смесителя такого типа показана на рис. 46. Смеситель состоит из газоподводящего патрубка (1), переходящего в камеру смешения (2), к которой присоединен наклонный воздушный патрубок (3) с дросселем (4) для регулирования количества поступающего воздуха. Дроссель (5) служит для регулирования количества пропускаемой в цилиндры газоздушной смеси.

Испытания смесителя, выполненного по приведенной схеме, дали малоудовлетворительные результаты. Для улучшения качества газоздушной смеси в конструкциях смесителей с пересекающимися потоками газа и воздуха также может быть использовано явление эжекции. Смесители подобного типа в настоящее время являются наиболее распространенными. Схема эжекционного смесителя изображена на рис. 47.

Газ поступает в смеситель по патрубку (1), а воздух — по патрубку (4), который расположен по касательной к корпусу смесителя. Дроссель (2) служит для регулировки количества воздуха, а дроссель (3) является дросселем смеси. Воздух, входящий в камеру смешения (5), приобретает вращательное движение и улучшает качество образования газоздушной смеси. Движение газа с повышенной скоростью создает явление эжекции.

3) Турбулентные смесители. Газоздушная смесь в турбулентных смесителях образуется при вихревом движении газа или воздуха, которое достигается тем, что соответствующий поток направляется в смеситель по спиральному ходу и пропускается в камеру смешения через ряд отверстий, расположенных касательно к поверхности камеры.

При встрече газового и воздушных потоков, из которых один находится в вихреобразном состоянии, они энергично перемешиваются, в результате чего достигается хорошее

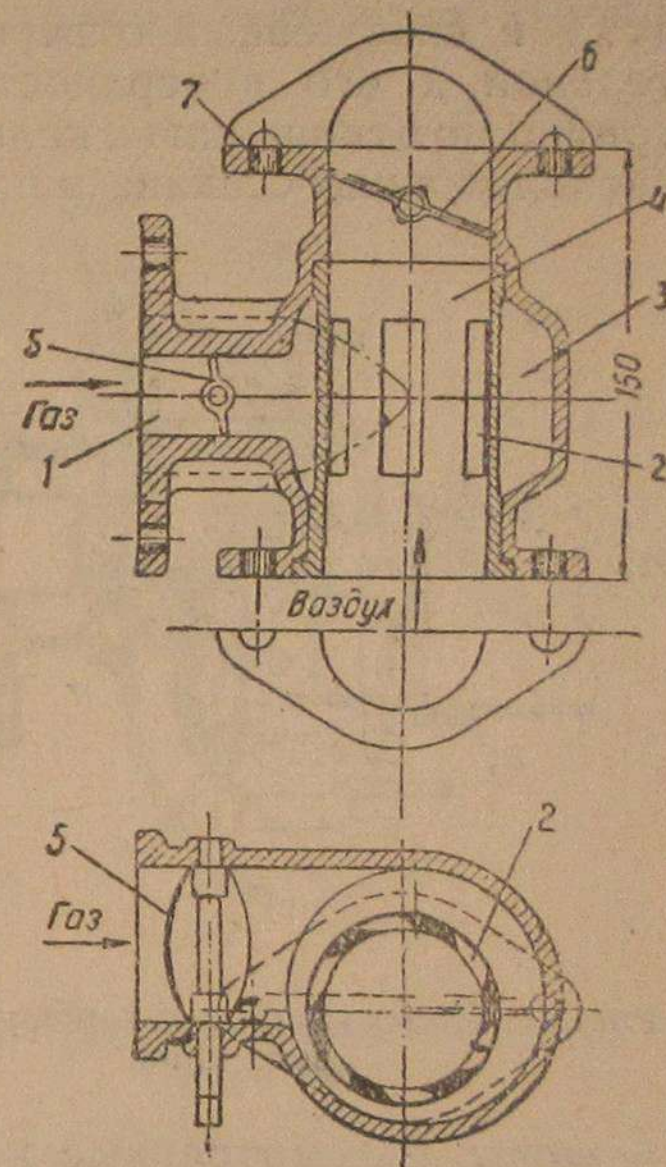


Рис. 48. Схема турбулентного смесителя.

качество смеси, но движение газа из-за тормозящих его вихрей наталкивается на повышенное, против обычного, сопротивление, из-за чего данный тип смесителей почти не применяется.

Конструкция турбулентного смесителя приведена на рис. 48.

Тройниковый корпус имеет газоподводящий патрубок (1), который переходит в кольцевую камеру (3), окружающую вставной стакан (4), служащий для поступления воздуха и снабженный отверстиями (2), сделанными по касательной к его поверхности. Стакан расположен эксцентрично по отношению к кольцевой камере. Благодаря такому расположению стакана и наличию в нем касательных отвер-

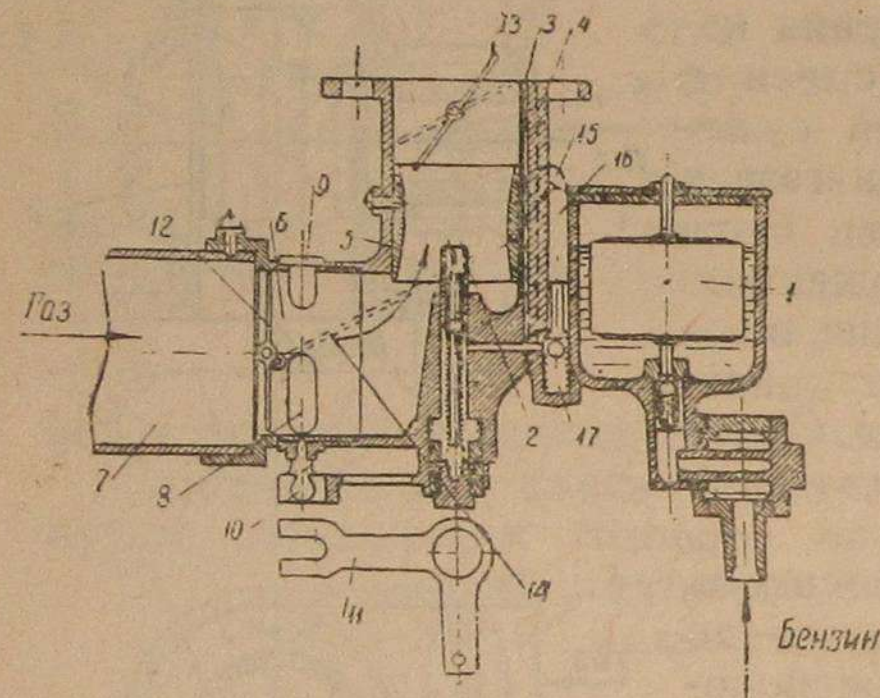


Рис. 49. Схема смесителя-карбюратора первого типа.

Смесители-карбюраторы. Рассмотренные конструкции смесителей являются самостоятельными приборами, установленными на двигателе, причем параллельно с ними, как правило, устанавливаются еще и карбюраторы для увеличения маневренности машин и возможности быстрого перехода с одного вида топлива на другой. Однако, наличие отдельно установленных смесителя и карбюратора несколько усложняет систему питания двигателя, вследствие чего некоторые конструкторы устанавливают смеситель-карбюратор, изготовленный в виде одного прибора. Основой такого прибора служит или карбюратор, если система питания рассчитана в большей степени на питание жидким топливом, или смеситель, если карбюратор служит только для пуска двигателя и для присадки бензина в трудных условиях работы машины (трогание с места, подъемы).

Конструкция карбюратора-смесителя первого типа изображена на рис. 49.

отверстий образуется спиральный ход газа в камеру смешения и обеспечивается его вихревое состояние. Дроссель (5) предназначен для регулировки количества входящего в смеситель газа, дроссель (6) — для регулировки количества газовой смеси, пропускаемой в цилиндры двигателя. Фланцем (7) смеситель соединяется со всасывающим коллектором.

Прибор представляет собой пульверизационный карбюратор с поплавковой камерой (1), главным жиклером (2), пусковым каналом (3), каналом для пневматической регулировки качества смеси (4), диффузором (5), причем патрубок (6), обычно служащий для подвода воздуха, использован для образования газовой смеси и является по характеру работы смесителем с пересекающимися потоками газа и воздуха. Газ подводится в смеситель через трубопровод (7), соединенный с патрубком (6), а воздух поступает через отверстия (8), расположенные перпендикулярно газопроводу.

Регулировка количества воздуха, поступающего для образования газовой смеси, производится кольцевой шайбой (9), имеющей отверстия для прохода воздуха. Смещение шайбы осуществляется при помощи рычажка (10) с вилкой (11), соединенной с шайбой и с тягой, выведенной к щиту управления.

Дроссель (12) служит для перевода питания двигателя с обычной рабочей смеси на газозудную и обратно. Дроссель (13) предназначен для регулировки количества смеси, направляющейся в цилиндры двигателя.

Дроссель перевода (12) соединен тягой (14) с фигурным рычажком (15), конец которого расположен над регулировочной иглой (16).

Бензин из поплавковой камеры может попасть в жиклер только при том условии, если игла (16) будет поднята и откроет доступ бензину в канал (17) и, следовательно, в жиклер. Такое положение иглы соответствует закрытому положению дросселя перевода, и в этом случае прибор работает как обычный карбюратор. При открытом положении дросселя фигурный рычажок (15) нажимает на иглу и тем самым разобщает поплавковую камеру с жиклером и пусковым каналом. В этом случае прибор работает как смеситель. Между крайними положениями дросселя перевода можно работать одновременно на газозудной и

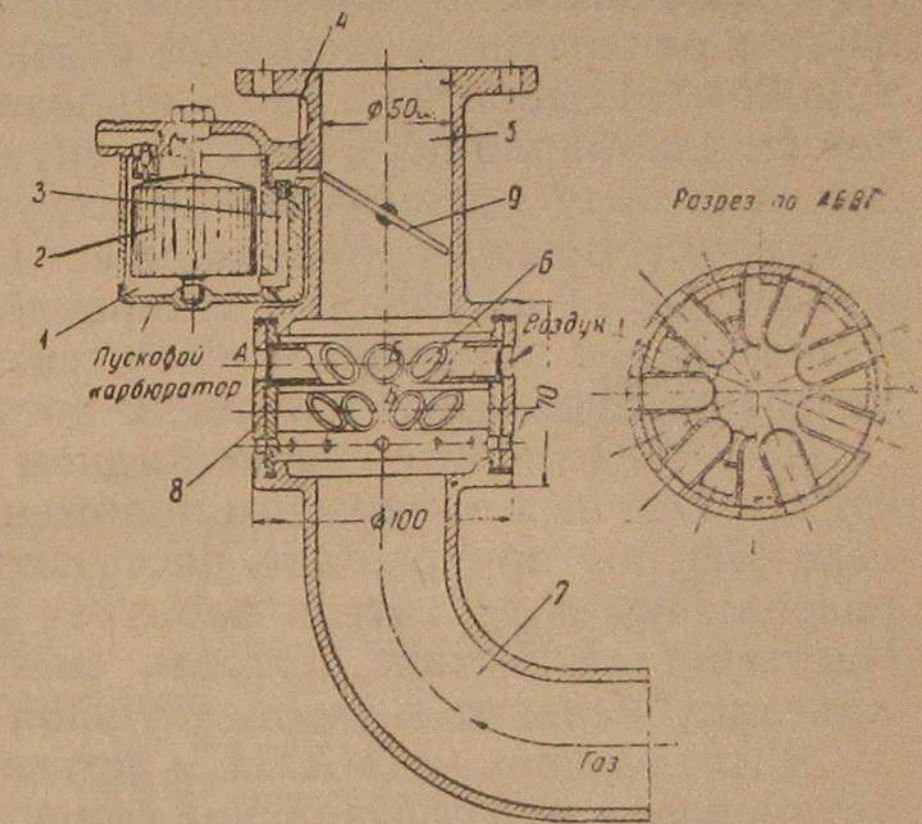


Рис. 50. Схема смесителя-карбюратора второго типа.

обычной рабочей смеси в той или иной пропорции и плавно переходить с одной смеси на другую.

Приборы, подобные рассмотренному, не дают хорошего качества газозвушной смеси, так как процесс ее образования затруднен наличием небольшого размера диффузорной части и торможением в ней смеси, неизбежно создающим повышенное сопротивление для движения газозвушной смеси внутри прибора.

Другим типом смесителей-карбюраторов является прибор, в котором смеситель сочетается с пусковым карбюратором.

Этот смеситель (рис. 50) состоит из поплавковой камеры (1) с поплавком (2) и каналом (3), который через калиброванное отверстие и канал (4) связан со всасывающим патрубком (5) смесителя. Газ смешивается с воздухом по схеме перпендикулярно-поточных смесителей, причем воздух входит в камеру смешения через трубочки (6), а газ — через патрубок (7). Регулировка количества поступающего воздуха производится смещением отверстий кольцевой шайбы (8) по отношению к воздушным отверстиям камеры смешения. Количество газозвушной смеси регулируется дросселем (9).

При пуске двигателя на жидком топливе дроссель смеси (9) находится в прикрытом положении. При открытом дросселе бензин прекращает поступать из-за недостаточного разрежения и двигатель работает на газозвушной смеси. Частично открывая дроссель смеси, можно производить присадку бензина к газозвушной смеси.

Исследованиями НАТИ и других научных учреждений установлено, что образование газозвушной смеси является сравнительно простым процессом и не требует сложных конструкций смесителей. Поэтому из рассмотренных примеров отдельных групп существующих смесителей следует отметить смесители параллельно-поточные и с пересекающимися потоками эжекционного действия, которые наиболее просты и вместе с тем обеспечивают получение хорошего качества газозвушной смеси.

ГЛАВА IV.

КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.

КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.

Древесноугольная газогенераторная установка У-6 конструкции проф. Наумова для автомобиля ГАЗ-АА (экспериментальная).

Из установок проф. Наумова рассматривается последняя конструкция У-6 для автомобиля ГАЗ-АА, выполненная

по заказу ленинградских лесных трестов и подвергшаяся эксплуатационным испытаниям на лесозаготовках.

Древесноугольная установка У-6 состоит из следующих частей (рис. 51):

- 1) газогенератор,
- 2) охладитель,
- 3) очиститель,
- 4) смеситель,
- 5) ручной вентилятор.

Газогенератор работает без присадки воды по принципу прямого процесса газификации топлива с подачей воздуха под колосниковую решетку. Главными элементами его

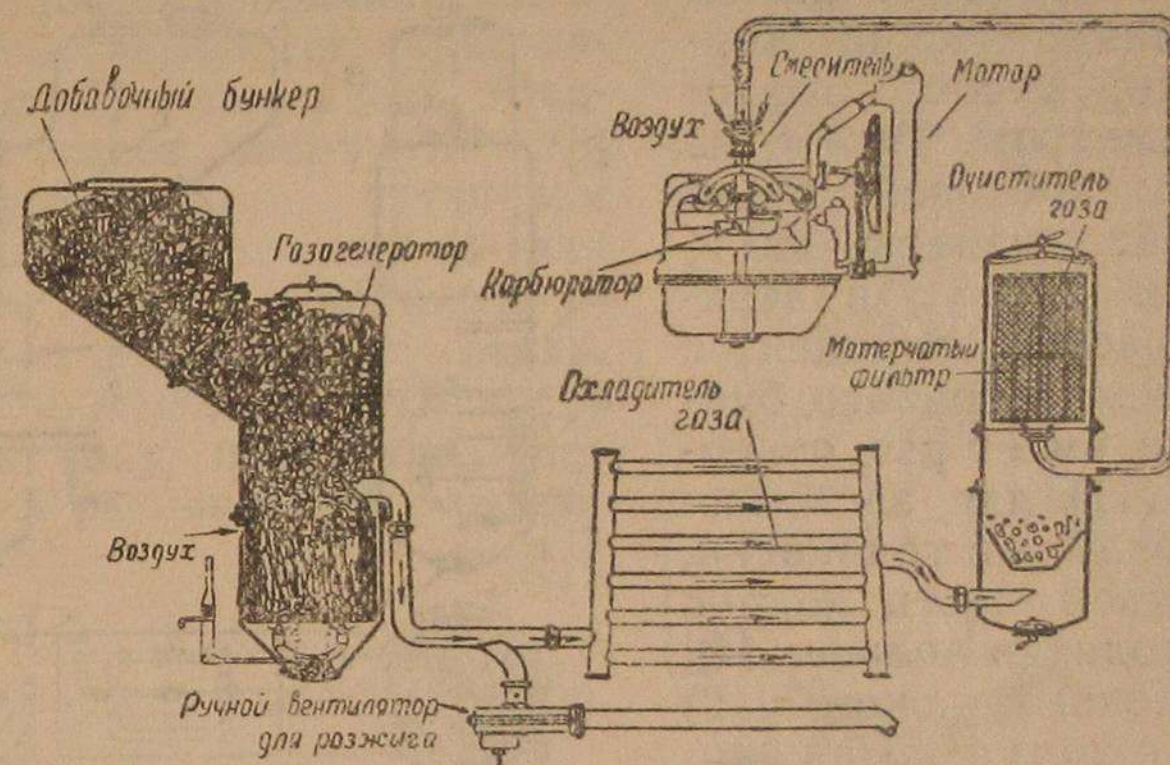


Рис. 51. Схема газогенераторной установки У-6 для автомобиля ГАЗ-АА.

являются (рис. 52) основной бункер (1), дополнительный (2), топливник (3) и зольник (4).

Основной бункер сварной конструкции, высотой 700 мм и диаметром 450 мм, сделан из 2-мм листовой стали. Верхняя часть бункера имеет круглую крышку (13), которая герметически закрывается с помощью скобы и барашка. В этой же части приварен сбоку цельносварной стальной дополнительный бункер, объемом в 0,1 м³ прямоугольного сечения с размерами 650 × 350 × 350. Загрузочный люк дополнительного бункера закрывается прямоугольной крышкой.

В нижней части основного бункера устроен газосборный пояс (5), составленный из двух листов, образующих конус. Нижний лист снабжен отверстиями для прохода газа. Газ, собираемый в конусе, отводится по газоотсасывающему патрубку (6).

Основной бункер соединен фланцем (7) с кожухом топливника (8) также цилиндрической формы, изготовленным из 3-мм листовой стали. Топливник внутри имеет шамотную огнеупорную обмуровку (9), составленную из трех сплошных колец, лежащих одно на другом, каждое высотой 115 мм. Общая высота обмурованной части равна 345 мм с внутренним диаметром 320 мм.

Внизу топливник заканчивается опорным кольцом, на котором лежит чугунная колосниковая решетка. Опорное кольцо решетки служит одновременно и для поддержания всей шамотной обмуровки.

Топливник заключен в цилиндрический корпус (10), высотой 520 мм и диаметром 450 мм, из 1,5-мм листовой стали и имеет размеры 450 × 520 мм. Корпус в верхней части соединен с фланцем основного бункера и имеет ряд отверстий (11) для засасывания воздуха в топливник. В нижней части корпус переходит в зольник (4), снабженный люком (12) для очистки. Над колосниковой решеткой в корпусе проделан люк для разжига (13).

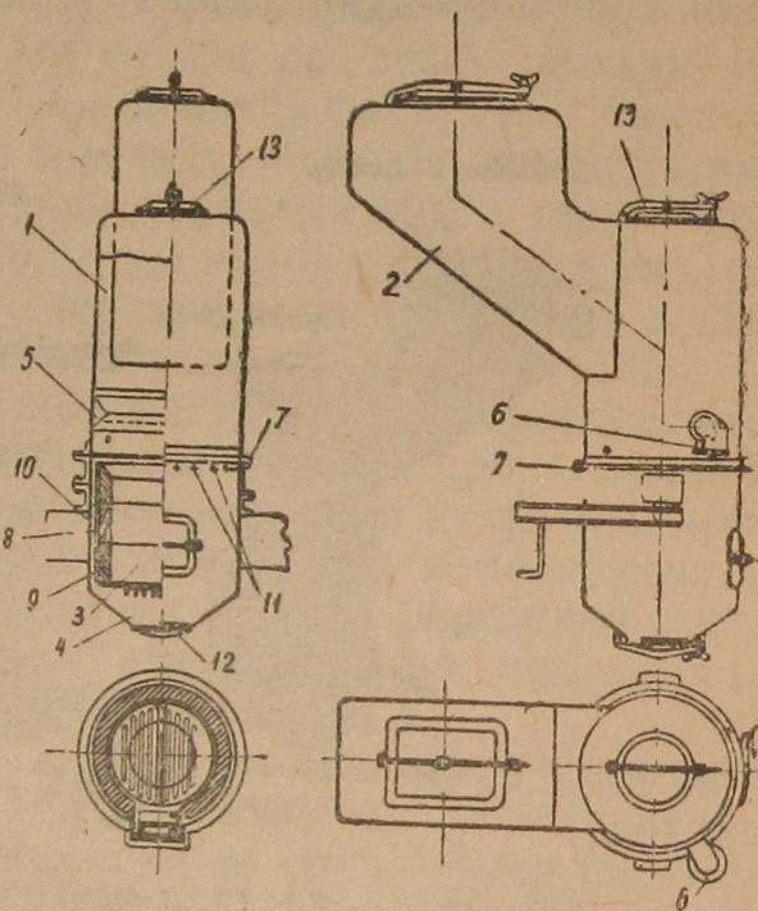


Рис. 52. Схема газогенератора установки У-6.

Процесс газификации топлива основывается на движении воздуха через воздушную камеру, образуемую стенкой корпуса и топливником. В камере воздух подогревается и в дальнейшем поступает под колосниковую решетку.

Полученный в результате газификации газ отсасывается из генератора через газоотводный патрубок (6) и направляется в охладитель (рис. 53).

Охладитель батарейно-трубчатой конструкции составлен из шести тонкостенных газовых труб (2), диаметром 38 × 41 мм и длиной 800 мм, вваренных в коллекторные трубы (3) диаметром 65—70 мм. Батарея располагается поперек рамы в горизонтальном положении с небольшим наклоном назад и омывается потоком воздуха, проходящим под кузовом. Пробки (1) служат для очистки трубок батареи. Общая поверхность охлаждения равна 0,6 м². Температура охлажденного газа колеблется от +40 до +50°С.

Из батареи охладителя газ поступает по газопроводу в комбинированный очиститель (рис. 54). В очиститель цилиндрической формы, высотой 1050 мм и диаметром 350 мм газ поступает по патрубку (5), расположенному в нижней части корпуса очистителя. По пути следования газ проходит через ряд отверстий в конус (1) с откидным дном (6), в который насыпан фильтрующий материал — железные стружки, прикрытые древесной шерстью. После первой фильтрации газ направляется в матерчатый фильтр из фланели (2), расположенный в верхней части очистителя, откуда после вторичной фильтрации отсасывается через газопровод (7) в смеситель. Очиститель имеет сверху люк (3) для промывки и установки фильтров, а внизу люк (4) для очистки. Корпус очистителя — сварной из листовой 1 мм стали. Смеситель по конструкции относится к типу параллельно-поточных и рассмотрен на стр. 68.

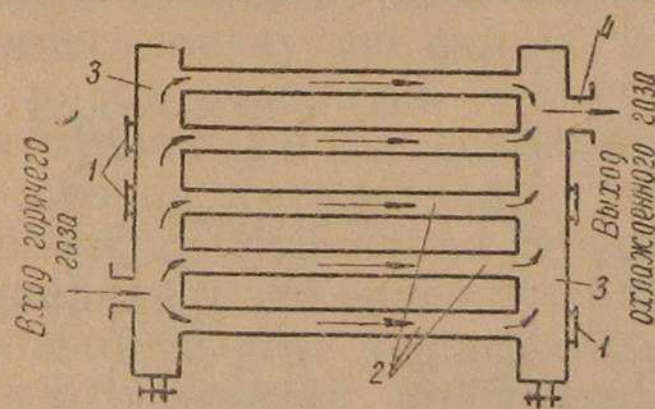


Рис. 53. Схема газоохладителя установки У-6.

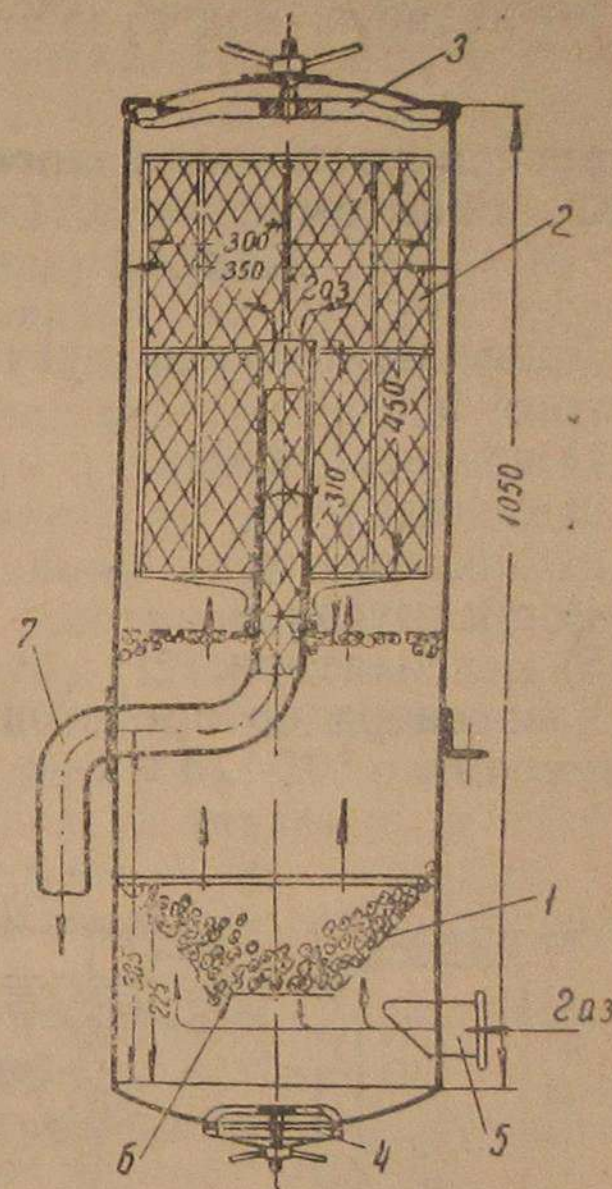


Рис. 54. Схема газоочистителя установки У-6.

Ко всасывающему коллектору снизу присоединяется карбюратор ГАЗ-Зенит для увеличения маневренности автомобиля путем возможного пуска на бензине и присадки бензина в пути. Ручной вентилятор центробежного типа введен в установку для разжига газогенератора. Одним отверстием он связан через патрубок с газопроводом, идущим от газогенератора, а другим — через трубопровод — с атмосферой. В патрубке, соединяющем вентилятор с газопроводом, установлена заслонка выключения (см. рис. 51).

Вся газогенераторная установка монтируется следующим образом.

Газогенератор устанавливается с правой стороны рамы сзади кабины; батарея охладителя помещается на месте

снятого запасного колеса и крепится к раме; соединение охладителя с газогенератором осуществлено 50-мм газопроводом, расположенным вдоль правого лонжерона, а соединение с очистителем — газопроводом, идущим вдоль левого лонжерона; очиститель монтируется с левой стороны рамы за кабиной на общей раме с газогенератором; вентилятор для разжига генератора присоединяется к газопроводу, соединяющему генератор с охладителем, недалеко от последнего, под кузовом автомобиля сзади шасси.

Древесноугольные газогенераторные установки НАТИ Г-23 для автомобиля ЗИС-13 и НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА (экспериментальные).

Древесноугольная установка НАТИ Г-23 (рис. 55) состоит из:

- 1) газогенератора,
- 2) охладителя,
- 3) очистителя,
- 4) смесителя и
- 5) вентилятора.

Газогенератор предназначен для работы на мелком угле размерами 10×25 мм с применением горизонтального

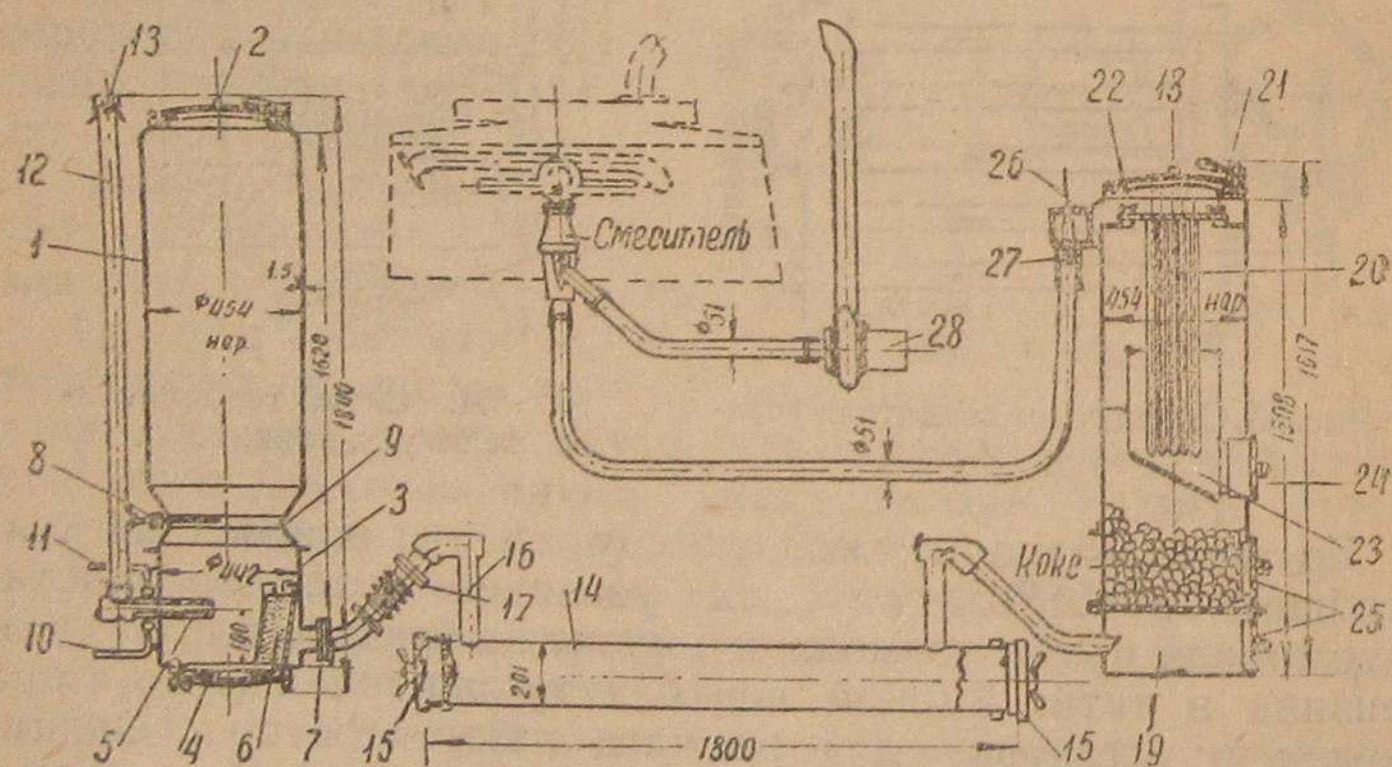


Рис. 55. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-23 для автомобиля ЗИС-13

процесса газификации и центрально-фурменной боковой подачей воздуха.

Форма газогенератора цилиндрическая, полная высота его 1840 мм, диаметр — 454 мм, вес загружаемого угля — 51 кг.

Основными частями газогенератора являются: бункер (1), изготовленный из 1,5-мм листовой стали, с загрузочным люком (2), топливник (3) из 6-мм листовой стали, откидной зольниковый люк (4), воздушная фурма (5), стальная решетка (6) для предохранения от уноса газом угольной мелочи, газоотводящий патрубок (7) и заслонка (8).

Заслонка (8) вставляется в специально сделанную для нее щель в центре горловины (9), соединяющей бункерную часть газогенератора с топливной, для поддержания угля в бункере при чистке топливника. При работе газогенератора заслонка вынимается, а щель в горловине закрывается крышкой с уплотняющей прокладкой.

Воздушная фурма (5) расположена на высоте 190 мм от дна топливника; диаметр проходного отверстия для воздуха в фурме равен 25 мм. Она изготовлена из красной меди в виде цилиндра с двойными стенками, образующими пространство для циркуляции охлаждающей фурму воды. Вода поступает в фурму из системы охлаждения двигателя через трубку (10), идущую от водяного насоса, и отводится через трубку (11), идущую к верхнему патрубку головки блока цилиндров. Воздух перед поступлением в фурму проходит через вертикальную трубу (12) с колпаком (13).

Защитная решетка (6) подвешивается в топливнике на крючках и может быть вынута через зольниковый люк. Она имеет вогнутую форму, поставлена наклонно и снабжена рядом отверстий диаметром 8 мм.

Загрузочный и зольниковый люки закрываются крышками с асбестовой прокладкой.

Процесс газификации топлива в данном газогенераторе характеризуется концентрированной зоной горения около воздушной фурмы и поперечным движением генераторного газа к отводящему патрубку.

Из отводящего патрубка газ переходит в охладитель (14), сделанный в виде цилиндра длиной 1800 мм и диаметром 210 мм. Благодаря падению скорости движения газа в охладителе одновременно с охлаждением происходит и первичная, грубая очистка газа. Для удаления накапливающихся в охладителе примесей цилиндр снабжен двумя крышками (15). Охладитель соединяется с газоотводящим патрубком газогенератора через газопровод (16) с компенсатором (17), обеспечивающим необходимую гибкость.

Из охладителя газ поступает в очиститель-газгольдер (18). Очиститель имеет форму цилиндра высотой 1617 мм и диаметром 454 мм, внутри которого на решетке (19) насыпан фильтрующий материал — кокс, обеспечивающий первую стадию очистки по типу поверхностных очистителей. Матерчатый фильтр (20) обеспечивает вторичную очистку. Он изготовлен из пяти отдельных металлических

каркасов, прикрепленных к общей крышке (21), причем на каждый каркас натянут двойной матерчатый чехол. Крышка вместе с фильтрами может быть вынута через верхний люк (22) очистителя. Для сбора примесей под матерчатым фильтром установлена коробка (23) с наклонным дном и люком (24) для очистки. Загрузка кокса и чистка нижней части прибора производятся через два боковых люка (25).

Газ при входе в очиститель меняет свою скорость и направление, вследствие чего частично освобождается от примесей. При дальнейшем движении вверх газ проходит двойную очистку в поверхностном и матерчатом очистителях, после чего отводится через патрубок (26). Для

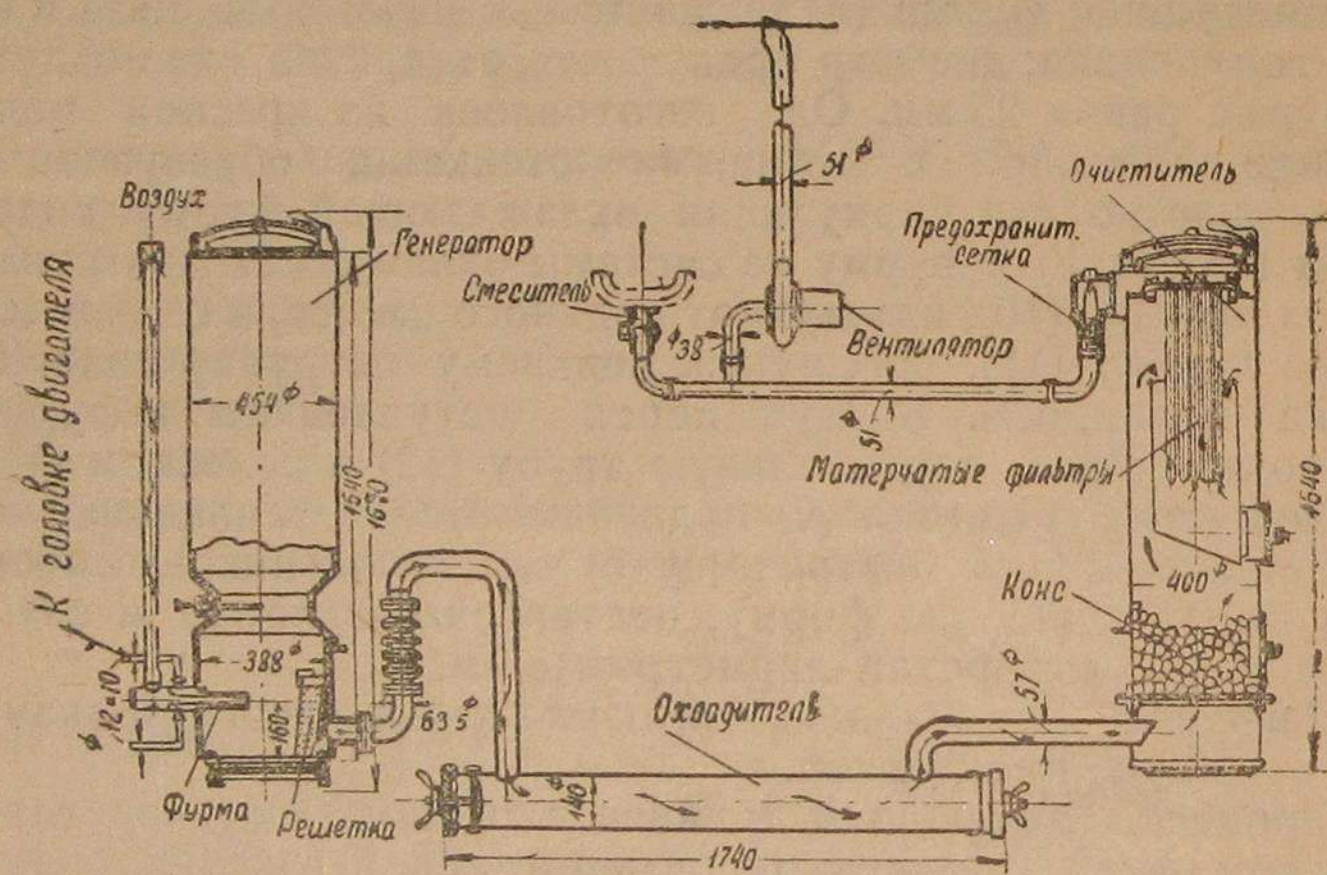


Рис. 56. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА.

контроля за работой очистителя отводящий патрубок снабжен контрольным сетчатым фильтром (27), засорение которого указывает на плохую работу всего очистителя.

Из очистителя газ поступает в стандартный смеситель установки ЗИС автомобиля ЗИС-13.

Для разжига газогенератора в установку введен электровентилятор (28), питающийся током от общей сети электрооборудования автомобиля.

Установка НАТИ Г-23 предназначена для автомобиля ЗИС-13, особенности конструкции которого приведены при рассмотрении газогенераторной установки ЗИС.

Монтаж элементов газогенераторной установки осуществлен следующим образом: газогенератор расположен с левой стороны водителя за кабиной, очиститель-газгольдер с правой стороны водителя за кабиной, охладитель прикре-

плен на кронштейнах к раме в поперечном направлении за газогенератором и очистителем. Смеситель установлен на фланце всасывающего коллектора. Электровентилятор включен в воздухопровод, идущий в смеситель.

Между газогенератором и очистителем установлен ящик для топлива емкостью 90 кг.

Научным автотракторным институтом построена и испытана однотипная с рассмотренной установка для автомобиля ГАЗ-АА под маркой НАТИ Г-21, отличающаяся от НАТИ Г-23 только меньшими размерами. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-21 и ее техническая характеристика приводятся ниже (рис. 56).

Таблица 11

Техническая характеристика газогенераторного автомобиля ГАЗ-АА с опытной установкой НАТИ Г-21, работающей на мелком древесном угле.

1.	Грузоподъемность автомобиля (вес полезного груза)	1250 кг
2.	Мощность двигателя при $n = 2200$ об/мин.	29 л. с.
3.	Степень сжатия	6,4
4.	Полезная площадь кузовной платформы	3,9 м ²
5.	Максимальная скорость автомобиля с полезной нагрузкой на горизонтальном участке шоссе	52—55 км/час.
6.	Вес газогенераторной установки в сборе без топлива и без ящика для запасного угля	250 кг
7.	Вместимость генератора (загрузка топливом)	35 кг
8.	Расход древесного угля на 1 км пути по шоссе с полной нагрузкой	0,35 кг
9.	Дальность хода автомобиля по шоссе при полной загрузке генератора	60—70 км
10.	Время разжига холодного генератора вентилятором и пуска двигателя на газе без применения бензина	3—4 мин.
11.	Время разжига холодного генератора двигателем, работающим на бензине, и перевода двигателя на газ (без применения вентилятора для разжига)	1—2 мин.
12.	Продолжительность работы автомобиля без очистки генератора от шлака	250 км
13.	Продолжительность работы автомобиля без очистки грубого очистителя	250 км
14.	Продолжительность работы автомобиля без очистки матерчатого фильтра	1000 км

Древесная газогенераторная установка Д-6 для автомобиля ГАЗ-АА (модель 1933 г.) С. И. Декаленкова.

Газогенераторная установка Д-6, работающая по принципу обратного процесса газификации топлива с периферийно-щелевой подачей воздуха (рис. 57), состоит из:

- 1) газогенератора,

- 2) охладителя-очистителя,
- 3) смесителя.

Газогенератор цилиндрической формы имеет основные части — бункер (1), корпус топливника (2), топливник (3), опорный конус (4), газосборную коробку (5), зольник (6).

Бункер с загрузочным люком, закрывается крышкой (7), которая при открытии люка отодвигается в сторону на стержне при помощи ручки (8) замка. В нижней части бункера находится приваренное кольцо (9) для соединения с корпусом топливника.

Корпус (2) топливника в верхней части имеет фланец для соединения через асбестовую прокладку с бункером,

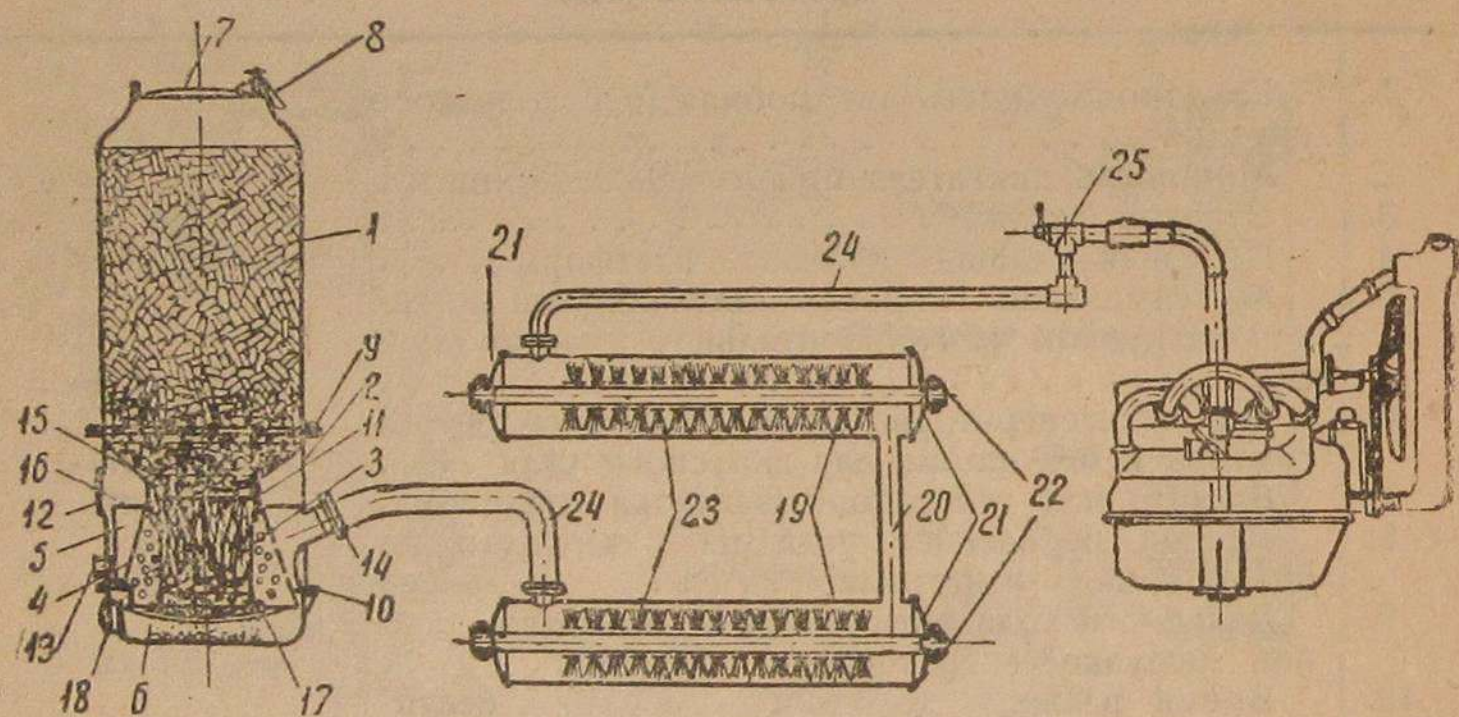


Рис. 57. Схема газогенераторной установки Д-6 для автомобиля ГАЗ-АА.

а в нижней части — фланец (10) для соединения с зольниковой коробкой (6).

Корпус топливника на уровне воздушной щели (11) имеет смотровой люк (12) с крышкой и, кроме того, два отверстия (13) с вваренным в них патрубками диаметром 40 мм. Патрубки расположены взаимно-противоположно и предназначены для подачи воздуха в топливник.

В корпусе помещен конической формы топливник (3), отлитый из чугуна, к которому в верхней части приклепывается конус (15) из 3-мм листовой стали. После отливки топливника в нем фрезеруется воздушная щель (11) высотой 3 мм и общей длиной 260 мм. Нижний конец конуса (15) образует кольцевой воздушный канал для этой

щели. Верхний конец конуса входит своим бортом в паз, образованный корпусом топливника и нижней частью бункера.

Уплотнение в месте соединения конуса с бункером достигается асбестовым шнуром.

После фрезеровки щели в топливнике его верхняя и нижняя части остаются соединенными ребрами, которые отлиты вместе с топливником.

При отливке топливника в его кольцевой выступ вваривается железное кольцо, к которому впоследствии приваривается дисковая диафрагма (16), составляющая верхнюю часть газосборной камеры.

Нижняя часть газосборной камеры соединена через отогнутый край с фланцами корпуса топливника и зольника, между которыми зажимается этот край. Для отвода газа газосборная камера имеет патрубок (14), выведенный наружу через отверстие в корпусе топливника.

Тяжелый топливник поддерживается опорным конусом (4), нижний конец которого ставится на кольцо колосниковой решетки, приваренное к стенке зольника (6). В опорном конусе просверлено 188 отверстий, диаметром 7 мм каждое, служащих для пропуска газа в газосборную камеру и грубой его фильтрации. Конус изготовлен из 5-мм железа.

Последней частью газогенератора является зольник (6), который соединяется с корпусом топливника и сделан сварным из 3-мм листовой стали. В зольнике подвешена сферической формы качающаяся колосниковая решетка (17), изготовленная из круглого 10-мм железа.

Для очистки и разжига в зольнике сделан люк (18), плотно закрывающийся крышкой через асбестовую прокладку. Общая высота газогенератора 1400 мм, диаметр 504 мм, емкость — 50 кг древесных чурок (0,158 м³).

Процесс газификации топлива при рассмотренном устройстве газогенератора связан с поступлением воздуха в отверстия (13), следованием его через пространство, образованное корпусом топливника и стенкой газосборной камеры, с соответствующим подогревом и проходом через щель в топливник.

Газ, полученный в результате газификации топлива, поступает из топливника в опорный конус и проходит в газосборную камеру, откуда отсасывается через газоотводящий патрубок и направляется в охладитель-очиститель.

Охладитель-очиститель газа представляет собой два стальных цилиндра (19), сваренных из 1,5-мм стали с охлаждающей поверхностью в 1,3 м², длиной 1000 мм и диаметром 200 мм каждый. Цилиндры соединены между собою трубками (20) длиной 400 мм. Концы цилиндров закры-

ваются крышками (21) через асбестовую шнуровую прокладку и плотно прижимаются к отбортованным краям.

Крышки с двух сторон надеваются на полый стержень (22), проходящий через всю длину цилиндра, и притягиваются при помощи гаек, навинчиваемых на резьбу концов трубы.

Для очистки газа в каждом цилиндре помещены 25 фильтрующих проволочных щеток (23). Щетки имеют круглую форму, сделаны из тонкой стальной проволоки, диаметром в 0,1 мм и все смонтированы на общем стержне (22). С газогенератором и смесителем цилиндр соединяется через газопроводы (24). Для спуска конденсата каждый цилиндр имеет спусковой краник.

Из охладителя-очистителя газ направляется в смеситель (25).

Смеситель (рис. 58) состоит из тройника (1) 38 мм диаметром, в один конец которого вставляется бронзовый стаканообразный золотник (2) с крапом (3), в другой — конец газопровода, идущего от охладителя-очистителя, и в третий — начало газопровода, соединяющего смеситель со всасывающим коллектором двигателя.

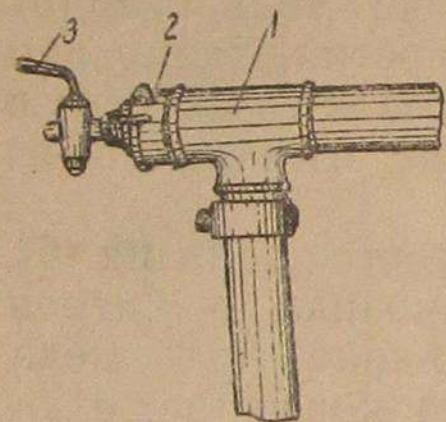


Рис. 58. Схема смесителя установки Д-6.

В золотнике и в связанном с ним конце тройника высверлены шесть 10-мм отверстий, через которые в смеситель засасывается воздух и проходное сечение которых может регулироваться вращением золотника. Этот же золотник служит и для полного прекращения подачи воздуха в смеситель. Для

более точного регулирования количества воздуха служит кран (3).

Помимо регулируемых воздушных отверстий имеется 12 постоянных отверстий диаметром 3 мм, находящихся в газопроводе газовой смеси. Дроссель газовой смеси находится в патрубке, приваренном ко всасывающему коллектору двигателя. Карбюратор ГАЗ-Зенит оставлен на своем месте.

При монтаже газогенератор устанавливается с правой стороны шасси за кабиной, а очиститель-охладитель — на месте запасного колеса под рамой и крепится 4 хомутами к задней траверсе рамы и поперечному угольнику, соединенному с задними концами лонжеронов.

Смеситель монтируется в кабине и соединяется резиновым шлангом с патрубком всасывающего коллектора.

Древесная газогенераторная установка Д-8 (1934 г.) для автомобиля ЗИС-5 (серийная).

Установка Д-8 изготовлена для автомобиля ЗИС-5 с сохранением схемы газогенераторной установки Д-6, но с конструктивными изменениями, вытекающими из необхо-

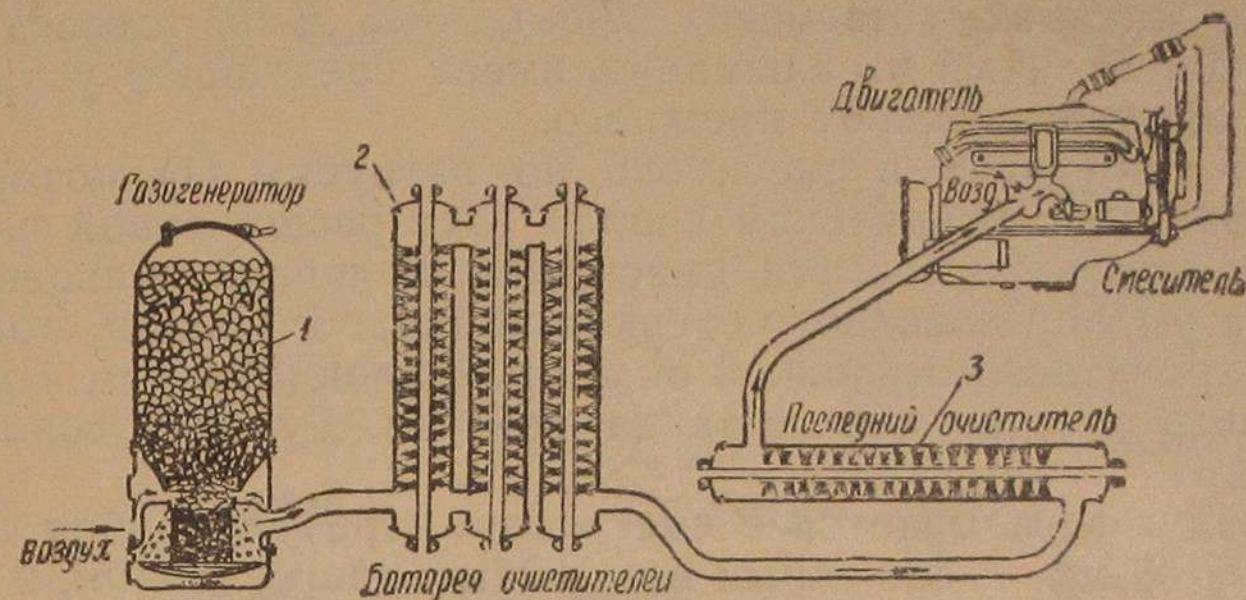


Рис. 59. Схема газогенераторной установки Д-8 для автомобиля ЗИС-5.

димости приспособить ее к машине большего тоннажа (рис. 59).

Газогенератор (1) повторяет в себе все элементы газогенератора установки Д-6, отличаясь от него лишь увеличенными размерами и емкостью. Топливник выполнен из двух частей разных металлов, что делает его более прочным и обеспечивает большую жаропрочность. Высота газогенератора установки Д-8 равна 1600 мм, диаметр — 640 мм, а емкость бункера определяется весом загружаемого древесного топлива — чурок, равным 117 кг.

Охладитель-очиститель имеет четыре цилиндра для прохода газа, причем три из них соединены в батарею (2), устанавливаемую под рамой автомобиля на месте запасного колеса, а четвертый (3) выделен и поставлен ближе к смесителю под подножкой с левой стороны шасси.

Длина цилиндра батареи охладителей-очистителей увеличена до 1200 мм, диаметр — до 220 мм, а число фильтрующих щеток в каждом цилиндре равно 16. Длина ци-

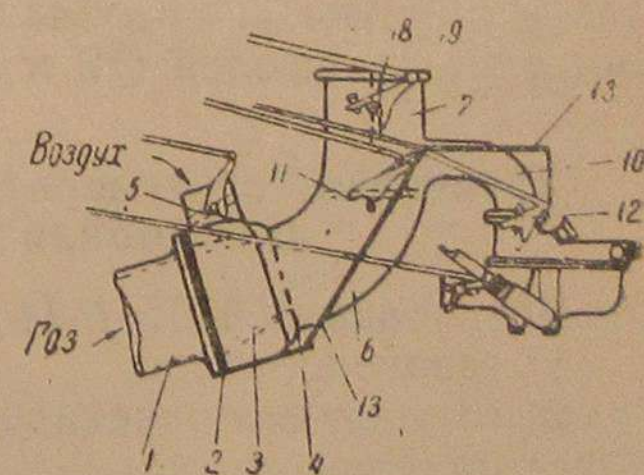


Рис. 60. Схема смесителя установки Д-8.

линдра последнего очистителя — 1400 мм, диаметр — 220 мм, число щеток — 20.

В смесителе диаметр тройника увеличен до 50 мм, а диаметр шести воздушных отверстий в стакане золотника и в воздушном патрубке тройника — до 11 мм.

Воздушные отверстия регулируются также поворотом золотника рукояткой штанги, соединенной с золотником.

В последних установках Д-8 (Д-8-а, Д-10) смеситель (рис. 60), отлитый из алюминия, имеет следующее устройство, отличающееся от прежнего.

Газ поступает в смеситель по патрубку (1), который заканчивается коническим соплом (3) в расширенной части коленообразного корпуса смесителя. Величина кольцевого зазора (4), образованного стенкой корпуса и соплом, может регулироваться установкой ряда прокладок (2) и тем самым изменять сечение для прохода воздуха. Диаметр сопла — 43 мм.

Воздух засасывается в смеситель через патрубок диаметром 43 мм, снабженный воздушным дросселем (5), и поступает в камеру смешения, откуда по трубе (6) проходит в патрубок (7) с дросселем газовой смеси (8); фланцем (9) смеситель присоединяется к всасывающему коллектору двигателя. Колено (10) служит для соединения смесителя с пусковым карбюратором ГАЗ-Зенит.

Вспомогательный дроссель (11), установленный на пути следования газовой смеси к основному дросселю смеси (8), соединен тягами с дросселем смеси (12) в карбюраторе и служит для перевода двигателя с бензина на газ и обратно. Пружины (13) фиксируют постоянство положения дросселей (12 и 11).

Древесная газогенераторная установка НАТИ Г-14 для автомобиля ГАЗ-АА (серийная).

Установка НАТИ Г-14 (рис. 61) состоит из:

- 1) газогенератора,
- 2) охладителя-очистителя,
- 3) очистителя,
- 4) вентилятора,
- 5) смесителя.

Газогенератор работает по принципу обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха и высокой жаронапряженностью. Основными его частями (рис. 62) являются: бункерный кожух (1), наружный кожух (2), топливник (3) и зольник (4).

Бункер (1) имеет в верхней части загрузочный люк с крышкой (5), которая с помощью рессорного затвора (6) герметически закрывает люк.

Бункерный кожух имеет фланец (7), которым он соединяется через болты с фланцем наружного кожуха*).

Бункерный кожух (1) заканчивается приваренным снизу топливником (3), изготовленным из углеродистой стали и покрытым внутри алюминием (алитированный).

В топливнике сделаны десять воздушных фурм (8), диаметром 8 мм каждая, окруженных кольцевой воздушной камерой (9), сообщающейся с наружным воздухом через

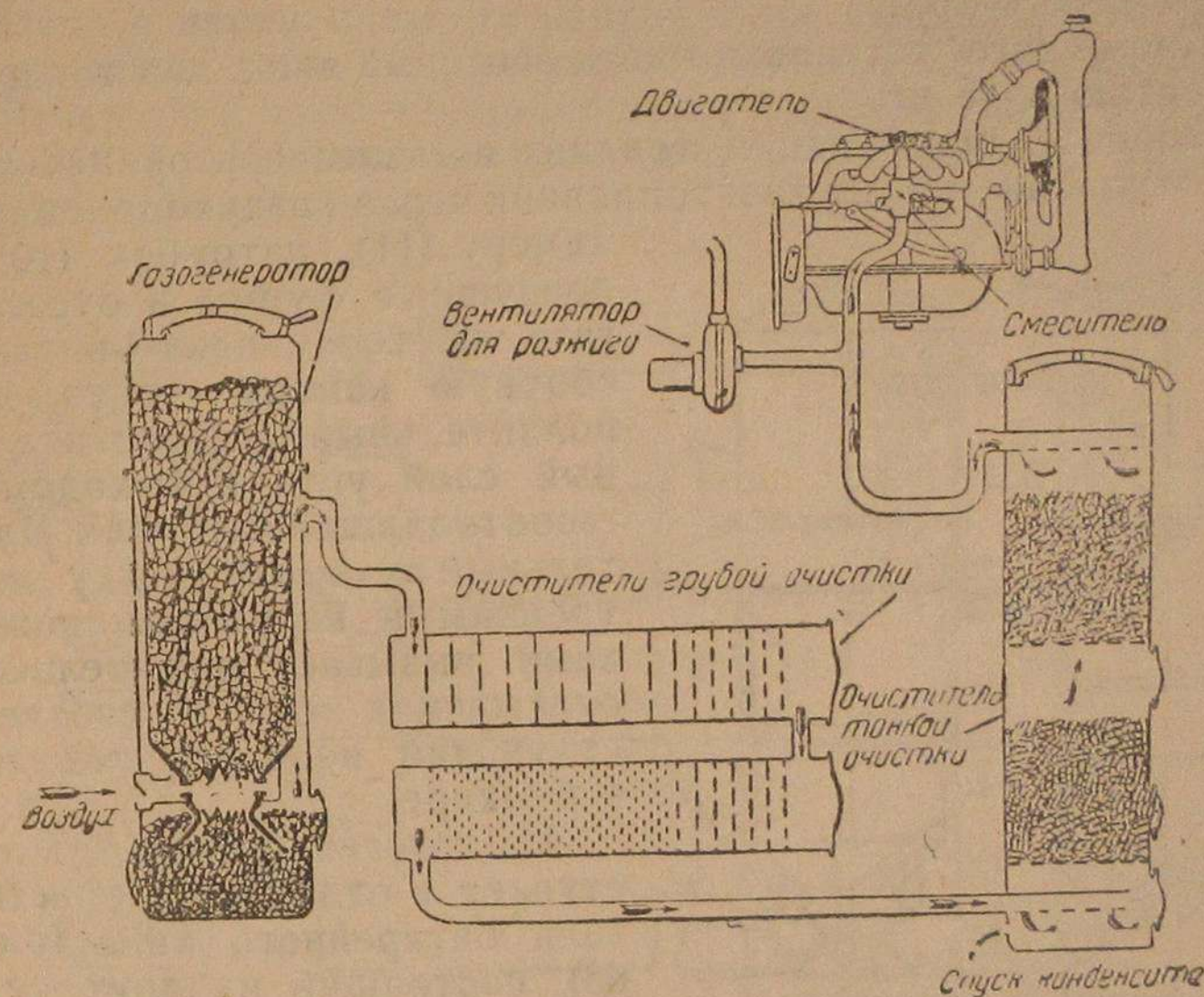


Рис. 61. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14 для автомобиля ГАЗ-АА.

патрубок (10), выведенный к отверстию воздухоприемной камеры (11) наружного кожуха.

Воздухоприемная камера снабжена обратным клапаном (12), который автоматически закрывает воздухоподводящее отверстие давлением газа при остановке двигателя. Диаметр топливника по фурменному поясу — 200 мм, диаметр его наиболее узкой части — 120 мм.

Наружный кожух (2), образующий между собой и внутренним кожухом газосборную камеру, вверху имеет газоотводящий патрубок (13), а внизу переходит в зольник (4).

* В последних выпусках газогенераторных установок НАТИ Г-14 фланец (7) перенесен в верхнюю часть газогенератора, благодаря чему газосборная камера окружает бункер по всей его высоте.

В нижней части наружного кожуха расположена воздухоприемная камера (она же используется и для разжига).

Люк (14) служит для очистки зольника, а люк (15) для загрузки дополнительного восстановительного слоя угля в пространство между топливником и кожухом.

Газогенератор высотой 1600 мм и диаметром 450 мм изготовлен из 2-мм листовой стали. Бункер объемом в 0,15 м³ загружается 12 кг угля для первоначального разжига и 40 кг древесных чурок.

Кроме того, установка имеет запасный ящик для топлива емкостью в 45 кг.

Процесс газификации топлива в газогенераторе связан с поступлением воздуха в топливник через воздухоприемную камеру (11), патрубков (10) и воздушные фурмы и отсосом газа из топливника в газосборную камеру через дополнительный восстановительный слой угля и выходом в газоотводящий патрубок. Длительный путь газа между внутренним и наружным кожухами вызывает значительное охлаждение его и соответствующий подогрев топлива в бункере.

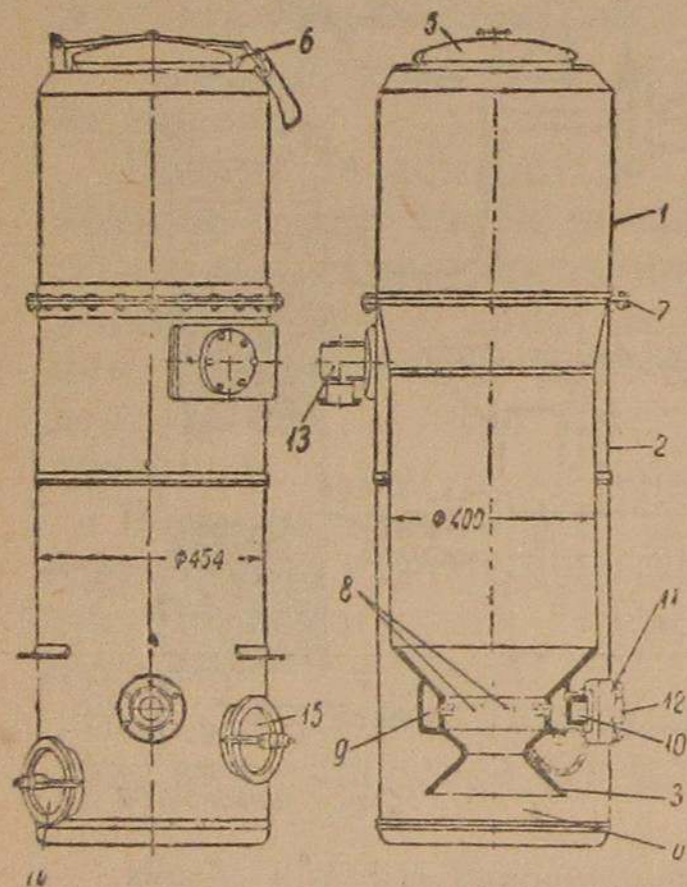


Рис. 62. Схема газогенератора установки НАТИ Г-14.

238 × 130 мм, внутри которого вставлены фильтрующие железные пластинки (2), смонтированные на четырех длинных стержнях и удерживаемые на них распорными втулками.

Пластинки имеют различное количество отверстий с различными диаметрами, причем по расположению дисков отверстия в дисках между собой не совпадают.

Первая секция имеет 65 пластин. В 25 из них сделано 62 отверстия в каждой диаметром 15 мм и с расстоянием одно от другого 30 мм, и 40 пластин с 142 отверстиями, диаметром 10 мм и расстоянием в 20 мм.

Вторая секция имеет 68 пластин с 142 отверстиями, диаметром 8 мм и расстоянием 10 мм. Для очистки секций служат крышки (3), сняв которые можно вынуть все пла-

стины. Спуск конденсата производится через спускные трубки.

Газ поступает из генератора в первую секцию через патрубок (4), где проходит через отверстия пластин и по патрубку (5) направляется во вторую секцию, откуда, пройдя другой ряд пластин, выходит через патрубок (6).

Так как прохождение газа через отверстия пластин связано с изменением его направления, скорости движения и ударами, то в результате газ очищается от крупных частиц угля и золы. Одновременно, благодаря наличию значительной поверхности охлаждения секций газ подвергается и охлаждению.

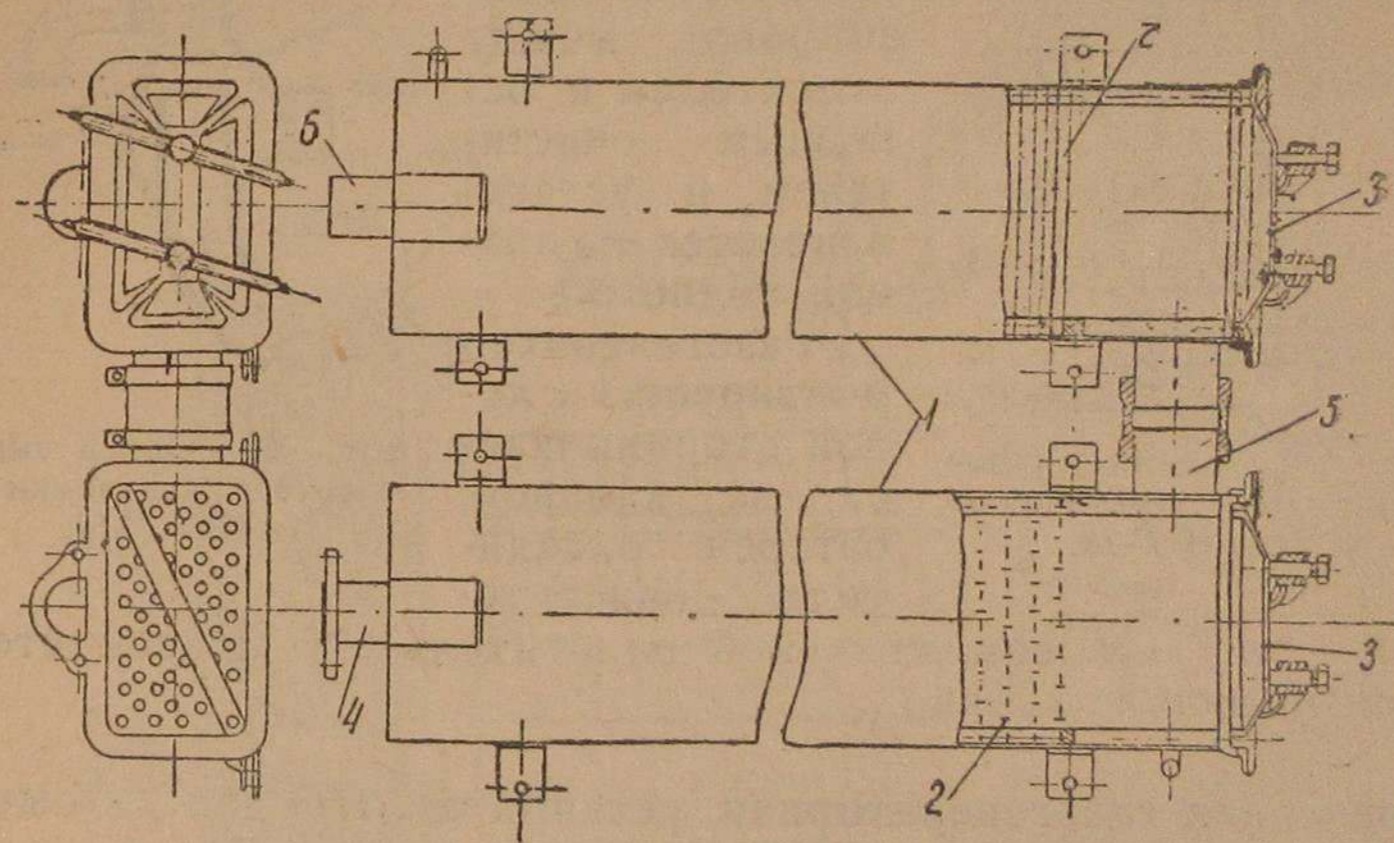


Рис. 63. Схема газоохладителя-очистителя установки НАТИ Г-14.

Из батареи охладителей-очистителей газ переходит в тонкий очиститель (рис. 64) цилиндрической формы высотой 1590 мм, диаметром 400 мм, изготовленный из 1,5-мм листовой стали. Газоподводящий патрубок (1) сделан в нижней части прибора, из которой газ при своем движении вверх к выводному патрубку (2) проходит через два слоя колец Рашига, насыпанных на решетку (3).

Очистка прибора от накопившихся примесей производится через люк (4), постоянный спуск конденсата — через трубку (5), фильтрующие кольца насыпаются и промываются через люки (6). Крышка очистителя по конструкции аналогична крышке газогенератора.

Очищенный газ поступает в смеситель типа *НАТИ* (рис. 65).

Для маневровых работ к смесителю присоединяется карбюратор *ГАЗ-Зенит*. В последних выпусках вместо карбюратора *ГАЗ-Зенит* ставится карбюратор *Солекс-2*.

Для разжига газогенератора в установке *НАТИ Г-14* имеется электровентилятор. Крыльчатка вентилятора приводится во вращение электрическим мотором постоянного тока, напряжением 6 вольт, силой тока 14 ампер, с числом оборотов 3000 в минуту.

Вентилятор включается в газопровод между смесителем и основным очистителем и устанавливается на правой подножке.

Газогенератор монтируется с левой стороны шасси за кабиной, батарея охладителей - очистителей - под кузовом, основной очиститель - с правой стороны шасси за кабиной.

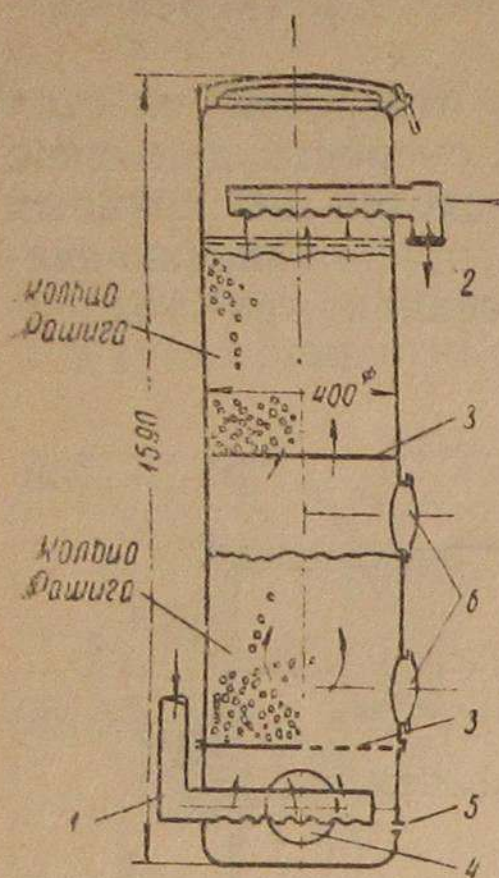


Рис. 64. Схема газоочистителя установки *НАТИ Г-14*.

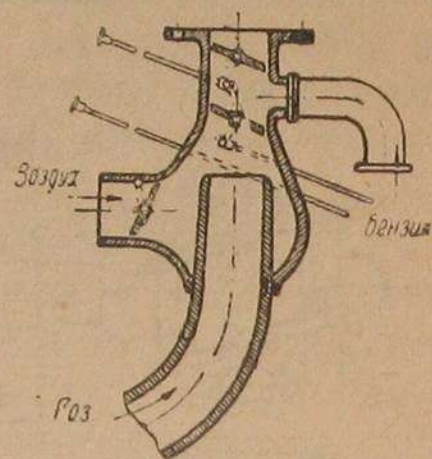


Рис. 65. Схема смесителя установки *НАТИ Г-14*.

снизу приварен топливник (3) из 8-мм огнеупорной хромоникелевой стали.

Загрузочный люк бункера герметически закрывается крышкой при помощи прижимной планки (4), пружины (5) и уплотняющего графитированного шнура. Крышка с пружиной служит предохранительным клапаном для бункера в случае повышения давления при возможной вспышке газа в бункере.

Примечание. В последних выпусках установок *ЗИС* прижимная планка и пружина крышки загрузочного люка заменены рессорной планкой с эксцентриковым затвором.

Это примечание относится и к крышке тонкого очистителя.

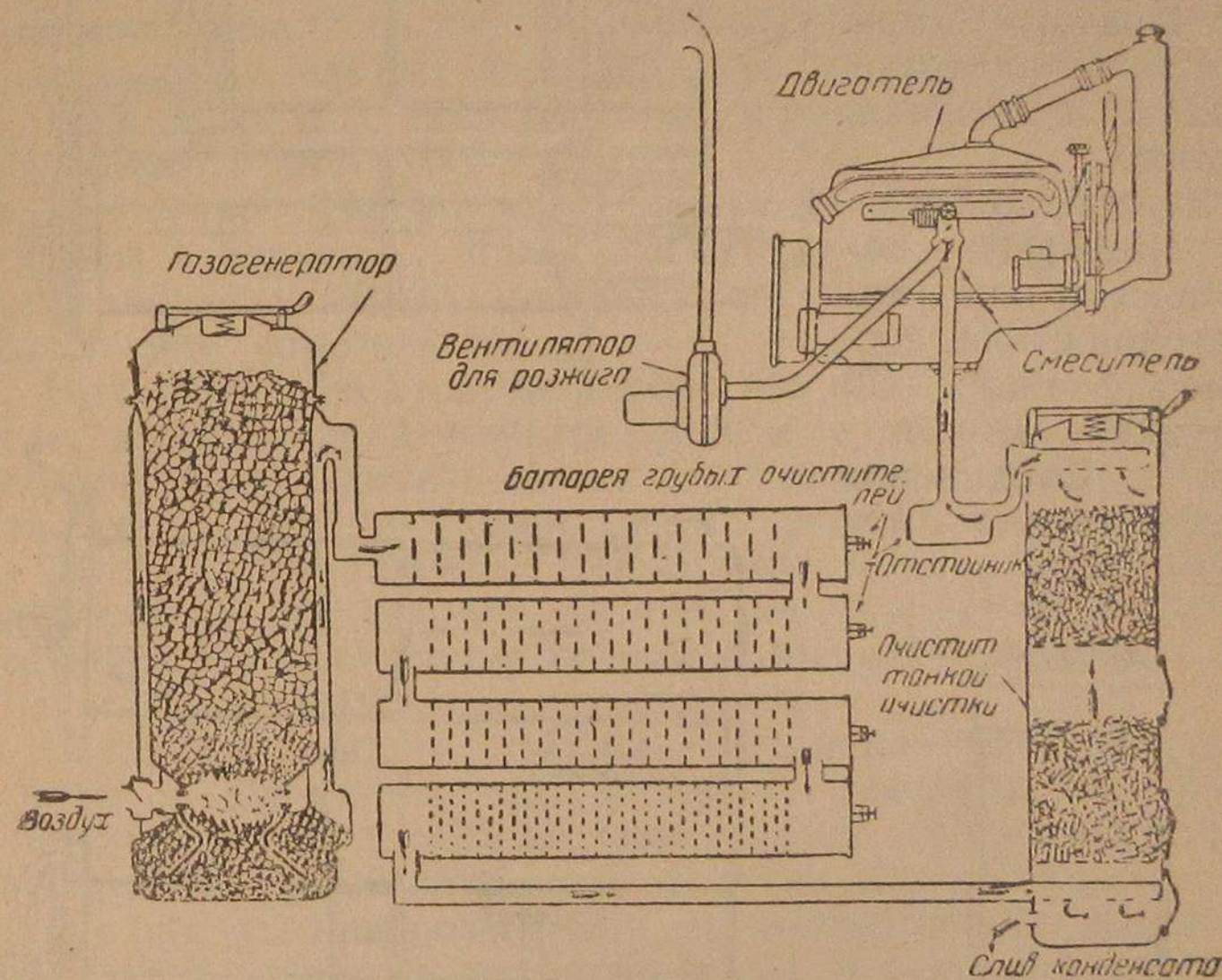


Рис. 66. Схема газогенераторной установки *ЗИС* для автомобиля *ЗИС-13*.

Древесная газогенераторная установка *ЗИС* для автомобиля *ЗИС-13* (серийная).

Газогенераторная установка *ЗИС* для автомобиля *ЗИС-13* сконструирована заводом имени Сталина. Установка предназначена для работы на древесных чурках нормального размера с применением обратного процесса газификации и периферийно-фурменной подачей воздуха.

Газогенераторная установка *ЗИС* состоит из следующих частей (рис. 66):

- 1) газогенератора,
- 2) очистителя-охладителя,
- 3) второго очистителя,
- 4) смесителя,
- 5) электровентилятора.

Газогенератор (рис. 67) имеет два кожуха. Первый - бункерный (1) из 2-мм хромоникелевой стали с загрузочным люком (2) в верхней части. К бункерному кожуху

Топливник (3) выполнен в виде двух усеченных конусов, сопряженных между собою вершинами. Верхний конус переходит в пояс воздушных фурм (6), который примыкает к бункерному кожуху.

Десять воздушных фурм со вставленными и заваренными в них соплами диаметром 10 мм расположены на равном расстоянии по фурменному поясу.

К фурменному поясу и переходной части бункера приварена воздушная камера (7), изготовленная из 4-мм стали*).

* В последних выпусках топливник изготавливается цельнолитым.

В камеру вварена гайка (8), служащая для соединения с воздухоприемной коробкой (9) наружного кожуха. Необходимый для горения воздух подводится в воздушную камеру через отверстие (10) коробки, снабженное обратным клапаном, который служит для прекращения доступа воздуха в газогенератор при остановке автомобиля и стоянке в гараже.

Второй кожух — наружный (11), изготовленный из 2,5-мм листовой стали, соединен фланцем (12) с бункерным кожухом. Соединение осуществлено при

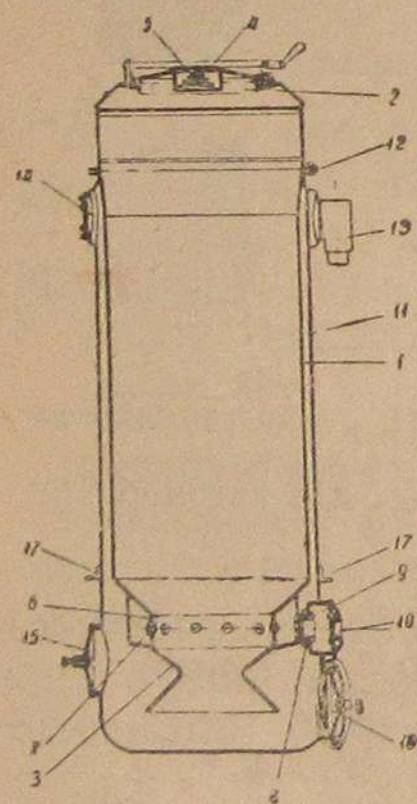


Рис. 67. Схема газогенератора установки ЗИС для автомобиля ЗИС-13.

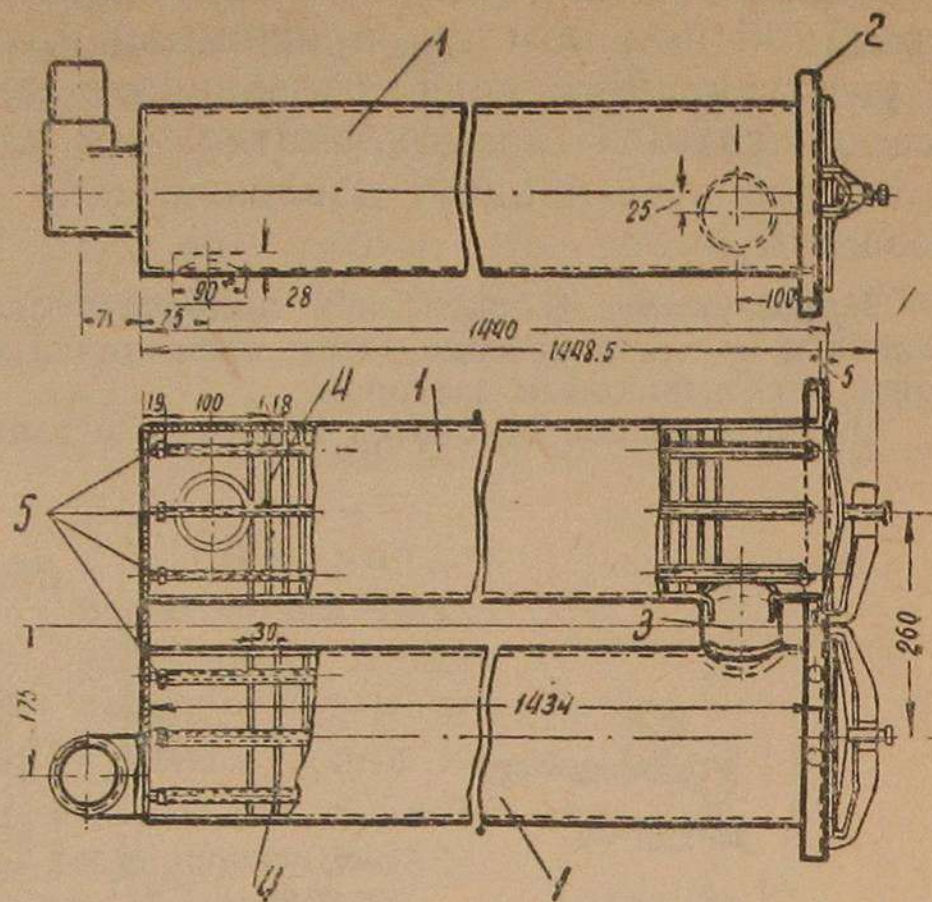


Рис. 68. Схема газоохладителя-очистителя установки ЗИС.

помощи нажимного кольца с асбестовым уплотнением 25 восьмимиллиметровыми болтами. В верхней части наруж-

ный кожух имеет патрубок (13) для соединения с газоотводящей трубой. Этот патрубок берет начало от газосборного полукольца (14), расположенного под соединительным фланцем. В это полукольцо газ равномерно отбирается через два отверстия, соединяющие полукольцо с газосборной камерой. Газосборное полукольцо имеет два люка для очистки от мелких частиц угля.

В нижней части наружный кожух имеет два люка (15) для загрузки дополнительного восстановительного слоя угля и один люк (16) для очистки генератора от золы. Все люки при помощи скоб и прижимных винтов прикрываются круглыми крышками через асбестовые прокладки. Опоры (17) из 5-мм листовой стали, приваренные к наружному кожуху, служат для крепления газогенератора к раме.

Наружный и бункерный кожухи образуют между собою газосборную камеру.

Движение газа по этой камере связано с подогревом топлива в бункерном кожухе и с отдачей тепла окружающему воздуху, благодаря чему достигается интенсивное охлаждение самого газа.

Выходящий из газогенератора газ поступает в очиститель, выполняющий одновременно и функции охладителя. Очиститель-охладитель (рис. 68) выполнен в виде батареи, состоящей из четырех цилиндров (1), изготовленных из 1,5-мм листовой стали. Диаметр каждого цилиндра равен 200 мм и длина 1440 мм. Общая поверхность охлаждения всей батареи достаточно велика и обеспечивает необходимое охлаждение идущего по ней газа.

Батарея цилиндров сведена в две секции по 2 цилиндра в каждой. Цилиндры каждой секции вварены в опорный лист (2) из 2,5-мм листовой стали. Секции расположены одна над другой, причем газ поступает сначала в верхнюю секцию, а затем в нижнюю. Цилиндры между собой соединены короткими жесткими патрубками (3), а секции батарей — при помощи гибкого шланга. Диаметр соединительных патрубков и шланга равен 90 мм.

Каждый из цилиндров имеет внутри металлические диски-фильтры (4), насаженные на три стержня (5) и во избежание смещения удерживаемые распорными трубками, установленными между дисками. В порядке последовательности прохождения газа число дисков, отверстий в них, диаметр отверстий и расстояние между дисками изменяются для обеспечения наилучшей фильтрации.

Эти изменения иллюстрируются следующими цифрами (см. табл. на стр. 94).

Такое устройство и последовательность расположения дисков с постепенно усиливающейся фильтрацией проходящего через них газа гарантирует хорошую его очи-

№№ цилиндров батарей	Число дисков в одном цилиндре	Число отверстий в каждом диске одного цилиндра	Диаметр отверстия в каждом диске одного цилиндра в мм	Расстоян. между дисками одного цилиндра в мм
1	40	53	15	15
2	64	120	10	10
3	64	120	10	10
4	111	202	8	8

стку от механических примесей. Для улучшения качества очистки и охлаждения газа в батарее поддерживается постоянный уровень конденсата, благодаря тому, что вертикальные соединительные патрубки цилиндров выступают внутри цилиндров на 28 мм, а горизонтальные смещены по отношению к центру цилиндров на 25 мм. Такое соединение цилиндров обеспечивает сток излишка конденсата из цилиндров во вторичный очиститель.

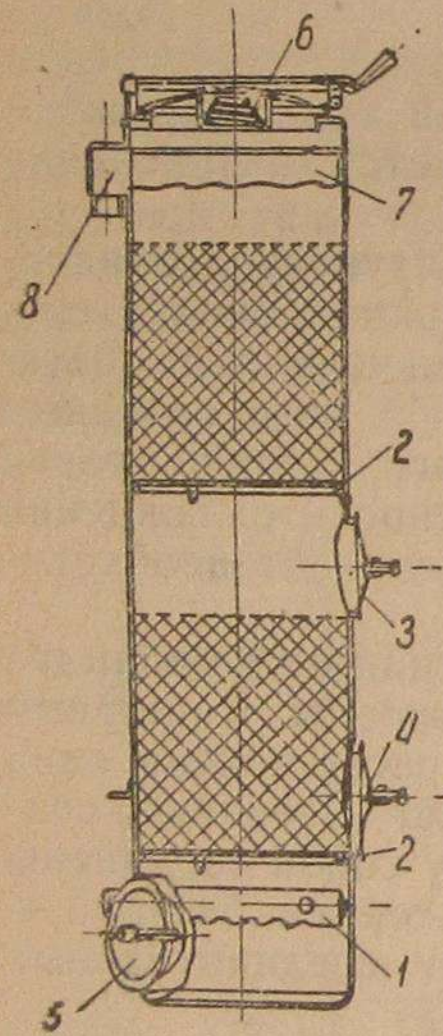


Рис. 69. Схема газочистителя установки ЗИС.

Второй очиститель предназначен для тонкой очистки газа, поступающего из очистителя-охладителя.

Очиститель имеет вид вертикального цилиндра высотой 1440 мм, диаметром 384 мм (рис. 69), к которому газ подводится снизу через трубку (1) диам. 60 мм, имеющую 8 входных отверстий, обращенных вниз. Внутри цилиндра находятся на опорных кольцах две сетки (2), на которые насыпается фильтрующий материал — кольца Рашига, сделанные в виде тонких 0,4-мм стальных трубочек размером 15×15 мм.

Имеющиеся в цилиндре два люка служат: один (3) для загрузки фильтрующего материала, а другой (4) — для выгрузки. Нижний люк (5) устроен

для удаления отфильтрованных примесей и полного спуска конденсата. В стенке очистителя имеется отверстие для стока конденсата, уровень которого определяет максимальный уровень конденсата в очистителе.

Вверху цилиндра очистителя находится крышка (6), по конструкции аналогичная крышке загрузочного люка газогенератора.

Газ из очистителя отводится через трубку (7) диаметром 60 мм, снабженную рядом отверстий для прохода газа. Выходная трубка, сваренная в стенку очистителя, переходит в газоотводящий патрубок (8).

Смеситель (рис. 70) образует газозвоздушную смесь путем веерообразного пересечения потоков воздуха и газа. Воздух поступает в смеситель по изготовленному заодно с корпусом (1) патрубку (2), в котором установлен грибовидный регулировочный клапан (3)*.

Положение клапана в патрубке влияет на качественную регулировку газозвоздушной смеси.

Количество воздуха, проходящего мимо головки клапана, можно регулировать опусканием или подъемом последнего в приливе патрубка и закреплением в нужном положении контргайкой (4). Форма головки клапана

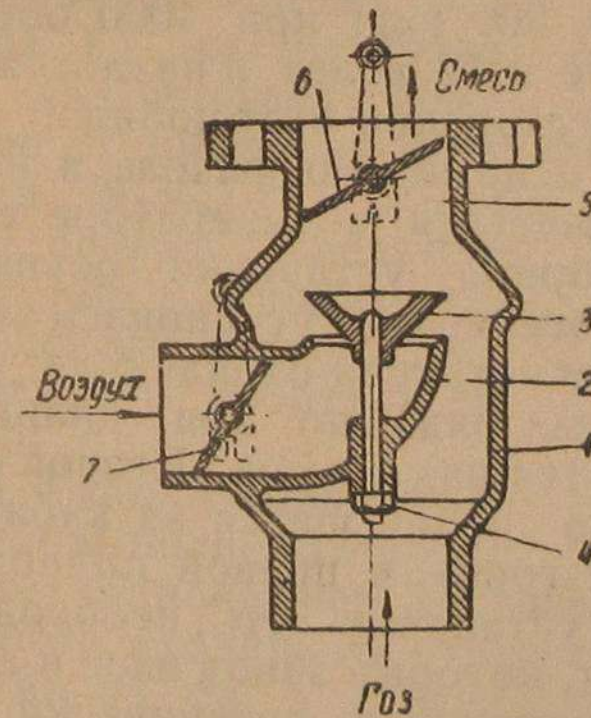


Рис. 70. Схема смесителя установки ЗИС.

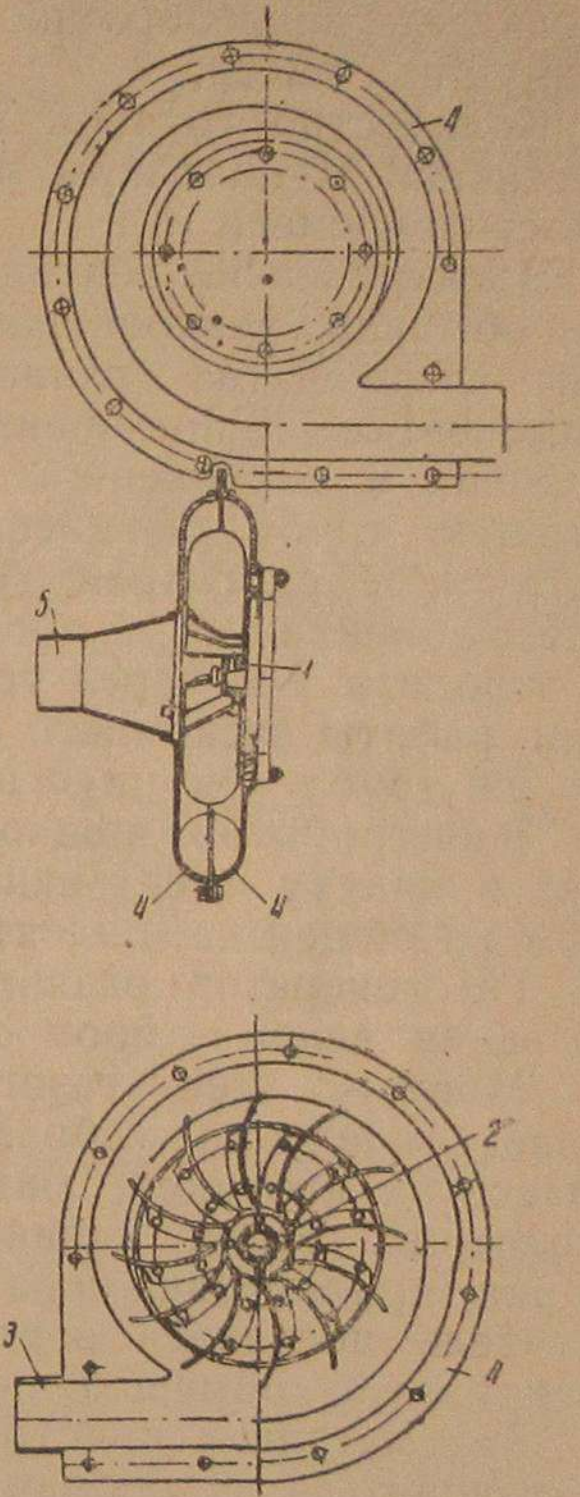


Рис. 71. Схема центробежного вентилятора установки ЗИС.

обеспечивает получение веерообразного потока воздуха. Помимо регулировочного клапана в воздушном патрубке установлен воздушный дроссель (7) для дополнительной регулировки количества входящего в смеситель воздуха.

*) В последних выпусках установок ЗИС грибовидный клапан смесителя снят.

В смеситель поступает чистый воздух, так как воздушный патрубок смесителя соединен с высокой трубой, заканчивающейся на уровне козырька кабины автомобиля.

Газ, идущий из вторичного очистителя, поступает в смеситель через патрубок, соединенный с корпусом смесителя при помощи стопорного болта, и, обтекая конец воздушного патрубка с клапаном, пересекает воздушный поток и создает вихреобразное состояние образующейся газозвоздушной смеси.

Количество готовой газозвоздушной смеси, идущей из смесителя в цилиндры через патрубок (5), регулируется дросселем смеси (6).

Электрический вентилятор (рис. 71) представляет собой тип обычного центробежного вентилятора, крыльчатка которого насажена на удлиненной оси (1) якоря электромотора. Крыльчатка (2) помещена в корпусе (4), состоящем из двух половин и соединенном одним отверстием (3) через воздушную трубу с атмосферой и другим (5) — с воздушным патрубком смесителя. Такое соединение позволяет при работе вентилятора просасывать газ через всю установку и отводить его через трубу в атмосферу, а по прекращении работы засасывать в смеситель чистый воздух через ту же трубу и корпус вентилятора.

Электромотор мощностью в 200 ватт при 4000 оборотах в минуту имеет напряжение в 12 вольт и питается током из общей сети электрооборудования автомобиля.

Газогенератор разжигается с помощью факела и отсасывания вентилятором образующегося в генераторе газа.

Монтаж всей газогенераторной установки осуществляется следующим образом: газогенератор установлен слева шасси за кабиной; батарея очистителя-охлаждителя расположена сзади кабины в два ряда по два цилиндра в ряд, причем одна пара находится над другой. Второй очиститель поставлен вертикально справа шасси за кабиной; вентилятор помещен под брызговиком правой подножки.

Рассматривая конструкцию установки ЗИС, необходимо остановиться на тех изменениях, которые завод внес в автомобиль ЗИС-5, так как эти изменения органически связаны с работой автомобиля на генераторном газе.

Учитывая неизбежное понижение эксплуатационных качеств автомобиля при переводе двигателя на твердое топливо, завод пошел по пути внесения ряда коррективов в существующую конструкцию автомобиля для смягчения эксплуатационных недостатков.

Таковыми изменениями, сделавшими автомобиль ЗИС действительно газогенераторной машиной, явились:

1. Установка новой головки цилиндра типа Уайт с уменьшенной камерой сжатия, обеспечивающей степень сжатия

$E = 7$ против нормальной $E = 4,8$ (рис. 72), с увеличенным проходным сечением для газа над крышкой цилиндра.

2. В виду повышения степени сжатия и необходимости обеспечить пуск двигателя непосредственно на газе установлено более мощное и надежное электрооборудование напряжением в 12 вольт из двух аккумуляторных батарей типа З-СТА-16-IX, емкостью в 144 а/ч каждая, динамо-машина мощностью 225 ватт типа ГА-27, усиленный стартер типа МАФ, с заменой батарейного зажигания зажиганием от магнето типа СС-6.

3. Для увеличения маневренности автомобиля на специальном фланце всасывающего коллектора установлен карбюратор типа Солекс-2 с диаметром диффузора 18,5 мм, с диаметром центрального отверстия жиклера 0,8 мм, диаметром боковых отверстий жиклера 1,9 мм. Карбюратор обеспечивает получение от двигателя мощности N-34,7 л. с. при 1200 об/мин., вследствие чего он используется только для питания двигателя при работе в гараже.

4. Всасывающий коллектор выполнен отдельно от выхлопного, чем устранен ненужный для газа подогрев. Диаметр входящего отверстия коллектора доведен до 46 мм против 41 мм, а сечение проходных каналов коллектора сделано 42×42 мм против $36,5 \times 36,5$ мм.

5. Подача топлива механическим насосом заменена подачей самотеком из нового бензинового бака емкостью в 7,5 л, расположенного на щитке автомобиля над капотом со стороны, противоположной карбюратору.

6. Для улучшения динамических качеств автомобиля передаточное число двойной главной передачи увеличено с 6,4 до 6,6 путем установки пары цилиндрических шестерен с числом зубьев 14 и 46 вместо имевшихся 16 и 44.

7. Для сохранения грузоподъемности кузова в 3 тонны и удобного размещения деталей газогенераторной уста-

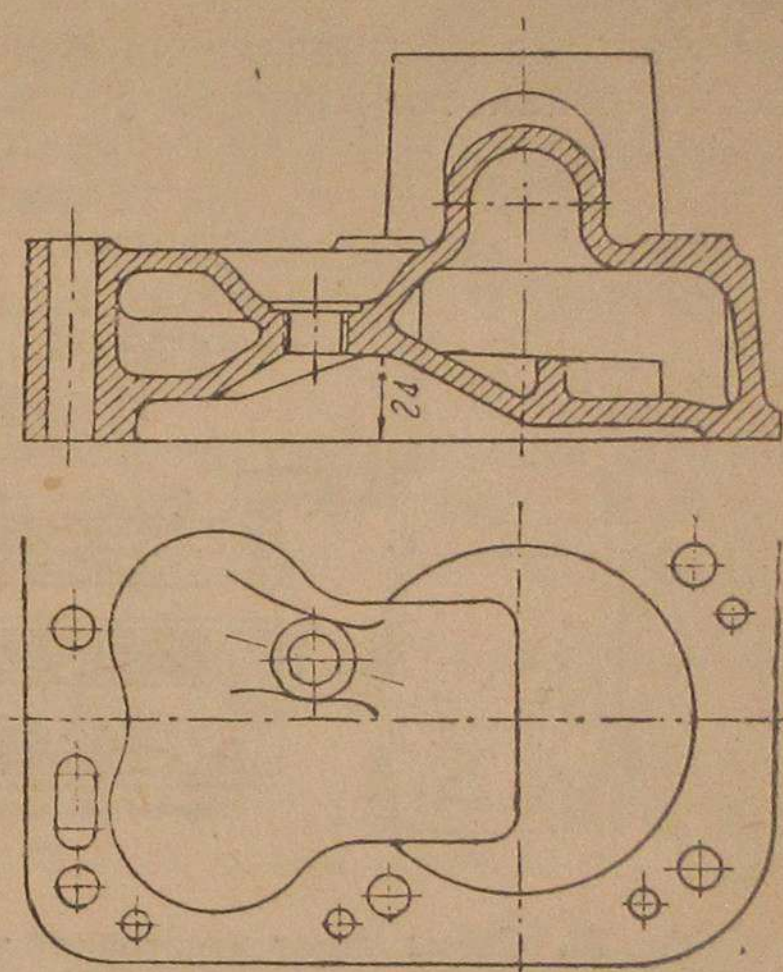


Рис. 72. Головка двигателя автомобиля ЗИС-13 ($E = 7$).

новки рама автомобиля ЗИС-5 заменена более длинной рамой автомобиля ЗИС-8.

Газогенераторная установка ЗИС для автомобиля ЗИС-21 (серийная).

Газогенераторный автомобиль ЗИС-21 с установкой ЗИС представляет собой усовершенствованную модель автомобиля ЗИС-13. Новая конструкция газогенераторной установки монтируется на стандартном шасси автомобиля ЗИС-5.

Установка предназначена для работы на древесных чурках нормального размера с применением обратного про-

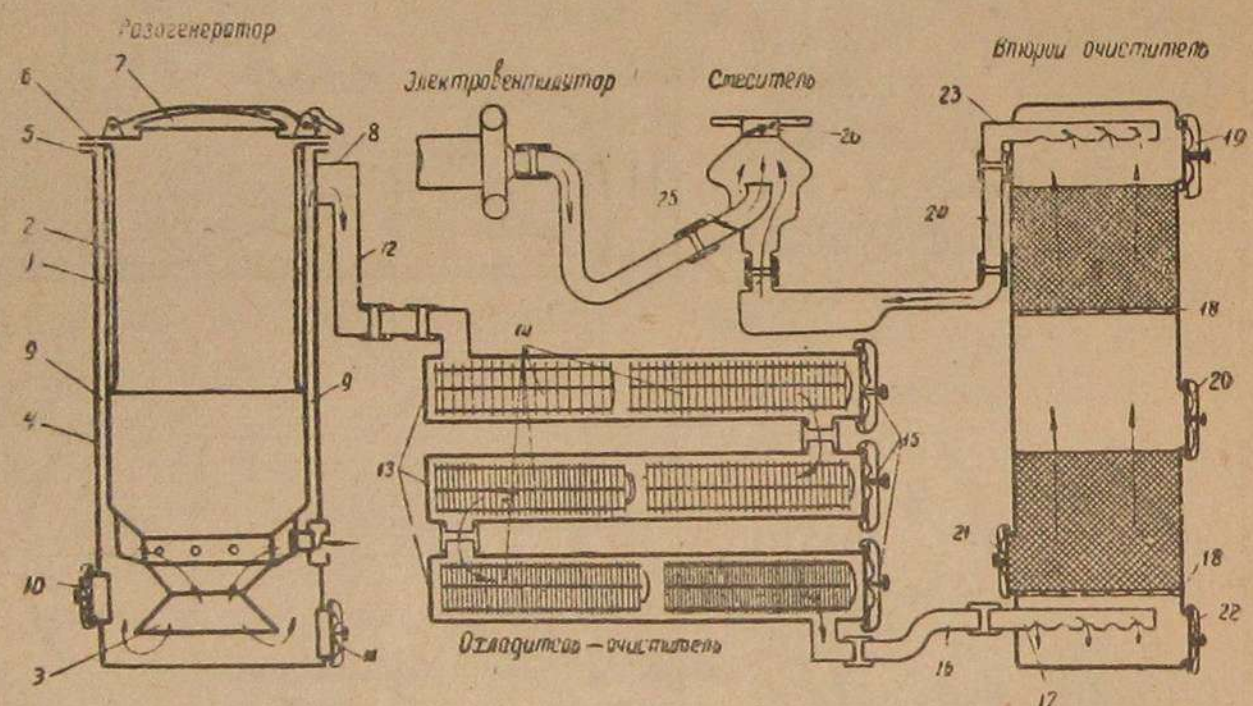


Рис. 73. Схема газогенераторной установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21.

цесса газификации и периферийно-фурменной подачи воздуха.

Газогенераторная установка ЗИС состоит из следующих частей (рис. 73):

- 1) газогенератора,
- 2) очистителя-охладителя,
- 3) второго очистителя,
- 4) смесителя,
- 5) электровентильатора.

Газогенератор состоит из двух кожухов. Первый — бункерный (1) имеет в верхней части медную рубашку (2) для предохранения от коррозии. Внизу бункерный кожух заканчивается цельнолитым топливником (3), по своим размерам и конструкции одинаковым с топливником газогенератора, устанавливаемого на автомобиле ЗИС-13 (см. стр. 91).

Второй кожух — наружный (4) в верхней части соединяется фланцем (5) с бункерным кожухом и диском (6), на котором монтируется крышка (7) загрузочного люка.

Патрубок (8), непосредственно приваренный к наружному кожуху, служит для отбора газа из газосборной камеры (9).

В нижней части наружный кожух имеет люк (10) для загрузки дополнительного восстановительного слоя угля и люк (11) для очистки генератора от золы. Конструкции люков и затворов к ним однотипны с имеющимися на автомобиле ЗИС-13.

Газ, выходящий из газогенератора, по составному газопроводу (12) поступает в очиститель-охладитель, выполненный в виде батареи, состоящей из трех цилиндров (13).

Между собой цилиндры соединены резино-асбестовыми шлангами. Каждый цилиндр имеет внутри две группы металлических дисков-фильтров (14), оцинкованных для предохранения от коррозии. Каждая группа дисков насаживается на три стержня. В дисках проделаны отверстия для прохода газа.

В порядке последовательности прохождения газа диаметр отверстий в дисках и расстояние между дисками уменьшаются. Для чистки цилиндры снабжены люками с крышками (15).

Второй очиститель, предназначенный для тонкой очистки газа, выполнен в виде вертикального цилиндра и соединен составным газопроводом (16) с батареей охладителей-очистителей. Газ по патрубку (17) попадает в очиститель и проходит два слоя оцинкованных колец Рашига, насыпанных на сетки (18).

Люки (19) и (20) служат для засыпки фильтрующего материала, а люк (21) — для выгрузки его.

Нижний люк (22) устроен для удаления отфильтрованных примесей и спуска конденсата.

По патрубку (23) и составному газопроводу (24) газ из очистителя поступает в смеситель, конструкция которого одинакова со смесителями двигателя ЗИС-13 (см. стр. 95).

Количество воздуха, поступающего в смеситель, регулируется воздушным дросселем (25), а количество газовой смеси регулируется дросселем смеси (26).

Для разжига газогенератора служит электровентильатор, устройство которого аналогично с электровентильатором на автомобиле ЗИС-13.

Монтаж газогенераторной установки осуществляется следующим образом: газогенератор установлен справа шасси в углублении кабины водителя и монтируется на двух лапах-кронштейнах. Каждый кронштейн крепится к раме автомобиля шестью сквозными болтами. Батарея охладителя-очистителя располагается под кузовом по-

перек рамы. Цилиндры батареи крепятся к раме автомобиля специальными лапами, имеющими резиновые амортизаторы. Второй очиститель поставлен вертикально слева шасси около кабины водителя (как у автомобиля ЗИС-13) и смонтирован на двух кронштейнах. Вентилятор помещен под брызговиком правой подножки. Двигатель и электрооборудование автомобиля ЗИС-21 однотипны с двигателем и электрооборудованием автомобиля ЗИС-13 (см. стр. 96).

Рычаги управления смесителем и карбюратором, находящиеся в кабине водителя, видны на рис. 74.

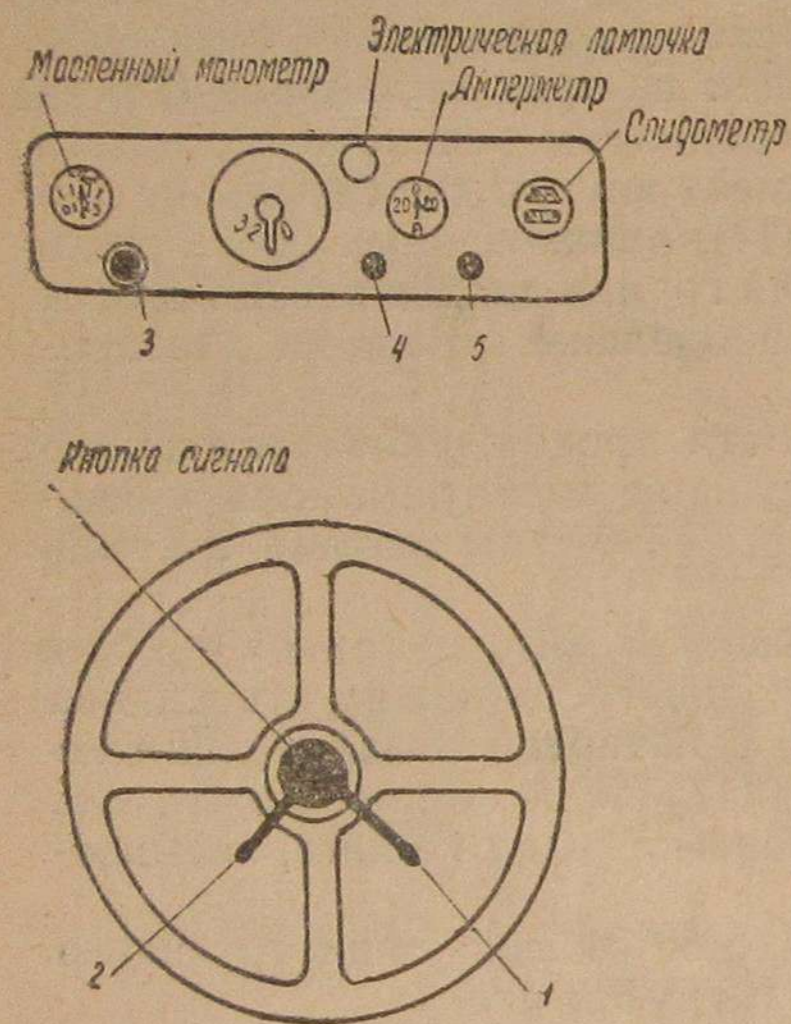


Рис. 74. Схема рычагов управления автомобиля ЗИС-21.

степень очистки газа и экономный расход топлива, составляющий около 0,85—0,90 кг на 1 км пути.

КОНСТРУКЦИИ ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.

Древесная газогенераторная установка Лесотехнической академии им. С. М. Кирова (ЛТА) для тракторов СТЗ—ХТЗ-30 (экспериментальная).

Древесная газогенераторная установка ЛТА для тракторов СТЗ—ХТЗ-30 выполнена с расчетом на использование в ней древесного топлива в виде дробленой щепы или

чурок специальной заготовки размером $20 \times 20 \times 50$ мм и влажностью до 30%, по принципу обратного процесса горения с центрально-фурменной нижней подачей воздуха.

Газогенераторная установка состоит из следующих частей (рис. 75):

- 1) газогенератора,
- 2) первого очистителя,
- 3) второго очистителя,
- 4) охладителя,
- 5) смесителя.

В виду того, что очистители (циклонного типа) и газоохладитель (радиаторного типа) рассмотрены, коснемся лишь устройства газогенератора.

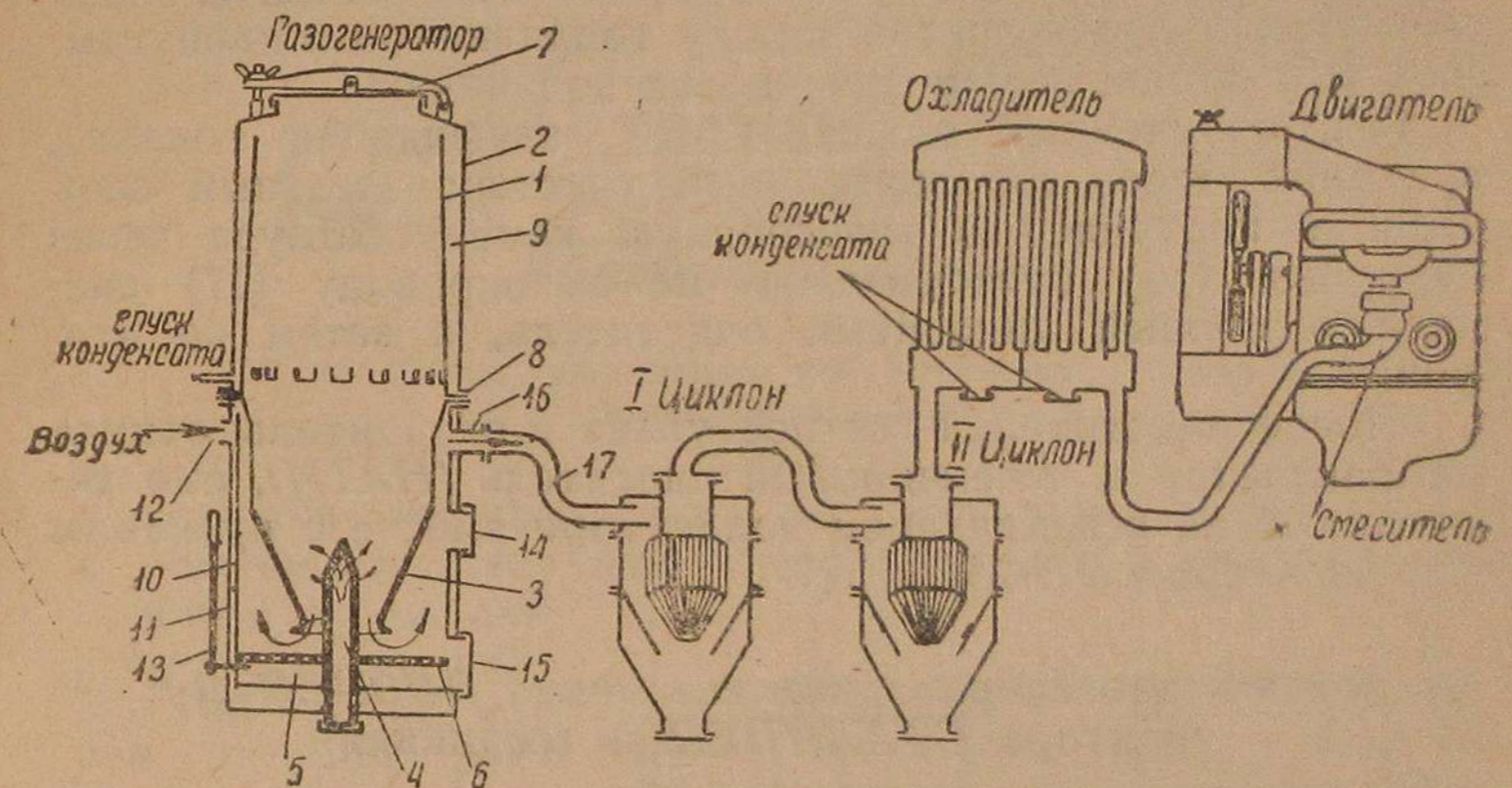


Рис. 75. Схема газогенераторной установки ЛТА для трактора СТЗ-ХТЗ-30.

Основными деталями газогенератора являются бункерный кожух (1), наружный кожух (2), топливник (3), воздушная фурма (4), зольник (5) и колосниковая решетка (6).

Наружный кожух цилиндрической формы имеет в верхней части герметически закрывающийся загрузочный люк (7), а в нижней — фланец (8) для соединения с топливником и его корпусом. Объем бункера равен $0,16 \text{ м}^3$, наибольший диаметр — $0,45 \text{ м}$. Наружный и бункерные кожухи образуют паросборную камеру (9), предназначенную для отбора влаги и части продуктов сухой перегонки. Продолжением бункерного кожуха служит конический топливник (3). Топливник и его корпус (10) образуют между собой газосборную камеру. Корпус топливника окружен кожухом (11). Кожух

и корпус топливника образуют воздушную камеру для прохода и подогрева воздуха, поступающего через отверстие (12).

Из воздушной камеры воздух проходит в пространство, образованное двойным дном газогенератора, откуда через центральную воздушную фурму поступает в топливник.

Воздушная фурма имеет три ряда периферийных отверстий диаметром 15 мм, расположенных по шесть в каждом ряду.

Топливник отделяется от зольника колосниковой решеткой (6), лежащей на угольниках, приваренных к стенкам корпуса топливника.

Для встряхивания колосниковой решетки служит рычаг (13). В корпусе топливника имеются два люка. Люк (14) служит для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля в пространство между топливником и корпусом. Люк (15) предназначен для чистки зольника.

Газ, полученный в результате газификации топлива, проходит через дополнительный восстановительный слой угля и поступает в газосборную камеру, откуда через патрубок (16) отсасывается по газопроводу (17) сначала в первый циклонный очиститель, а затем во второй.

После очистителей газ поступает в охладитель, откуда направляется в эжекционный смеситель (НАТИ), смонтированный на всасывающем коллекторе вместе с пусковым карбюратором ЭНСАЙН RW.

Древесная газогенераторная установка ПИОНЕР Д-9 для трактора СТАЛИНЕЦ-60 (серийная).

Установка Пионер Д-9 для трактора Сталинец-60 (рис. 76) по конструкции аналогична установке Д-8 для автомобиля ЗИС-5, причем газогенератор и смеситель в обеих установках имеют однотипное устройство.

Батареи охладителя-очистителя выполнены также по одной схеме, но в установке для трактора батарея состоит из пяти цилиндров, из которых два (1) соединены непосредственно с газогенератором и служат для первой очистки газа.

Цилиндры частично заполнены стальными дисками со срезанными сегментами, а частично круглыми металлическими щетками, надетыми на соединительный трубчатый стержень с нарезными концами, на которые надеваются крышки и притягиваются гайками к бортовым концам цилиндров через асбестовое уплотнение.

Газ, прошедший через первые два цилиндра батареи охладителя-очистителя, поступает в остающиеся три, но

предварительно пропускается через циклонный очиститель (2), установленный между элементами батареи.

Этот очиститель имеет простейшее устройство (рис. 77), состоящее из металлического корпуса (1), к которому газ

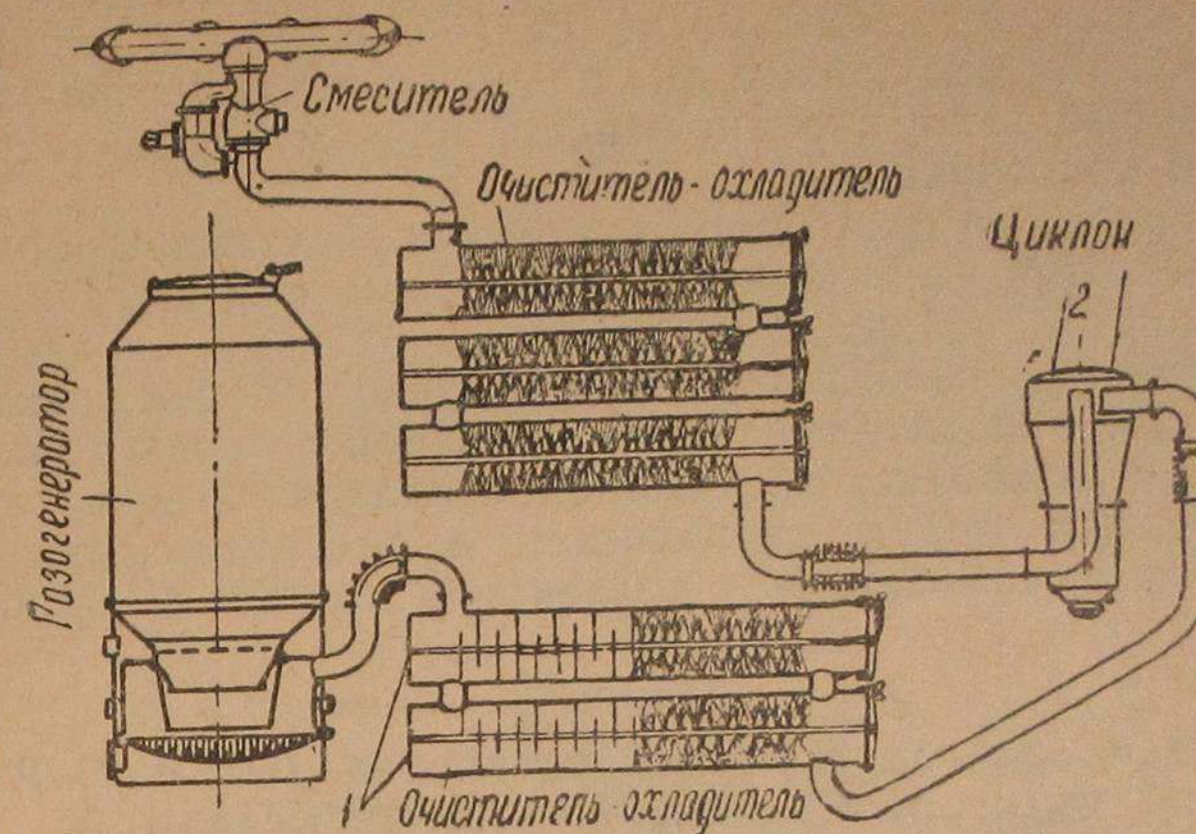


Рис. 76. Схема газогенераторной установки Д-9 для трактора Сталинец-60.

подводится по касательно поставленному патрубку (2), и отводящего патрубка (3), помещенного в нижней части прибора и соединенного с отсасывающей трубой, конец которой расположен под верхней крышкой.

Такое устройство обеспечивает спиральное движение газа и резко изменяет его направление при выходе в отводящий патрубок, отчего взвешенные механические примеси газа откидываются к стенкам прибора и падают на дно, имеющее люк (4) для очистки и отверстие (5) для спуска конденсата.

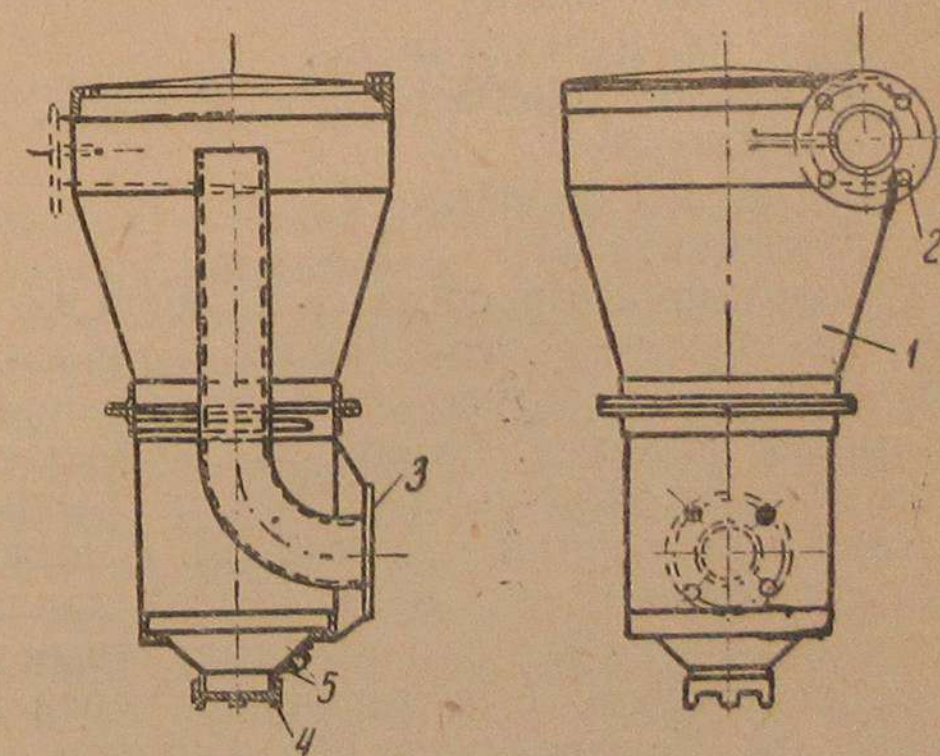


Рис. 77. Схема циклонного очистителя установки Д-9.

Из циклонного очистителя газ переходит в три цилиндра батареи охладителя-очистителя, которые заполнены металлическими щетками, и здесь подвергается последнему этапу очистки.

Таким образом, полный процесс очистки является трехступенчатым, что однако не способствует ее высокому качеству, так как первые два цилиндра почти не работают, а остальные дают плохую очистку из-за малоудовлетворительной конструкции.

Установка на тракторе монтируется следующим образом: газогенератор устанавливается с левой стороны сиденья тракториста, первые два цилиндра батареи охладителя-очистителя располагаются сзади сиденья поперек трактора, циклонный очиститель ставится с правой стороны трактора на линии маховика, три цилиндра охладителя-очистителя укрепляются перед радиатором, а смеситель присоединяется к всасывающему коллектору вместе с карбюратором.

Древесная газогенераторная установка НАТИ Г-19 для трактора СТЗ-НАТИ-1-ТА (серийная).

Газогенераторная установка НАТИ Г-19 спроектирована для работы на древесных чурках с применением обратного процесса газификации и периферийно-фурменной подачи воздуха (рис. 78).

Составными элементами установки являются:

- 1) газогенератор,
- 2) первый очиститель,
- 3) второй очиститель,
- 4) охладитель,
- 5) третий очиститель,
- 6) смеситель.

Газогенератор состоит из двух кожухов: бункерного (1) и наружного (2), топливника (3) и зольника (4). Соединение бункерного и наружного кожухов осуществлено вверху при помощи фланцев. Бункерный кожух емкостью в 60 кг топлива имеет загрузочный люк с крышкой (5), прижимаемой к люку рессорной планкой (6). В нижней части бункерный кожух переходит в цельнолитой топливник (3) с рядом воздушных фурм, окруженных кольцевым воздушным поясом (7), сообщающимся с атмосферой через воздухоприемную камеру (8). Камера снабжена обратным клапаном (9). Под топливником расположена подвижная колосниковая решетка (10), которая может приводиться во вращение рукояткой (11). Люк (12) служит для очистки зольника.

Бункерный и наружный кожухи образуют между собой пространство газосборной камеры (13). Генераторный газ,

выходя из топливника, проходит в газосборную камеру, откуда поступает в отводящий патрубок (14), обеспечивая своим движением полный подогрев топлива в бункере. Отдавая тепло на подогрев топлива и через наружный кожух в атмосферу, газ значительно охлаждается.

Из генератора газ входит в два последовательно соединенных очистителя (15 и 16) циклонного типа, рассмотренные ранее (см. стр. 67) и отличающиеся от них только размерами.

Пройдя грубую очистку, газ поступает в охладитель (17) радиаторного типа. Охладитель состоит из нижнего резервуара (18), разделенного перегородкой на два отделения, сердцевины (19), верхнего резервуара (20) и соединительных

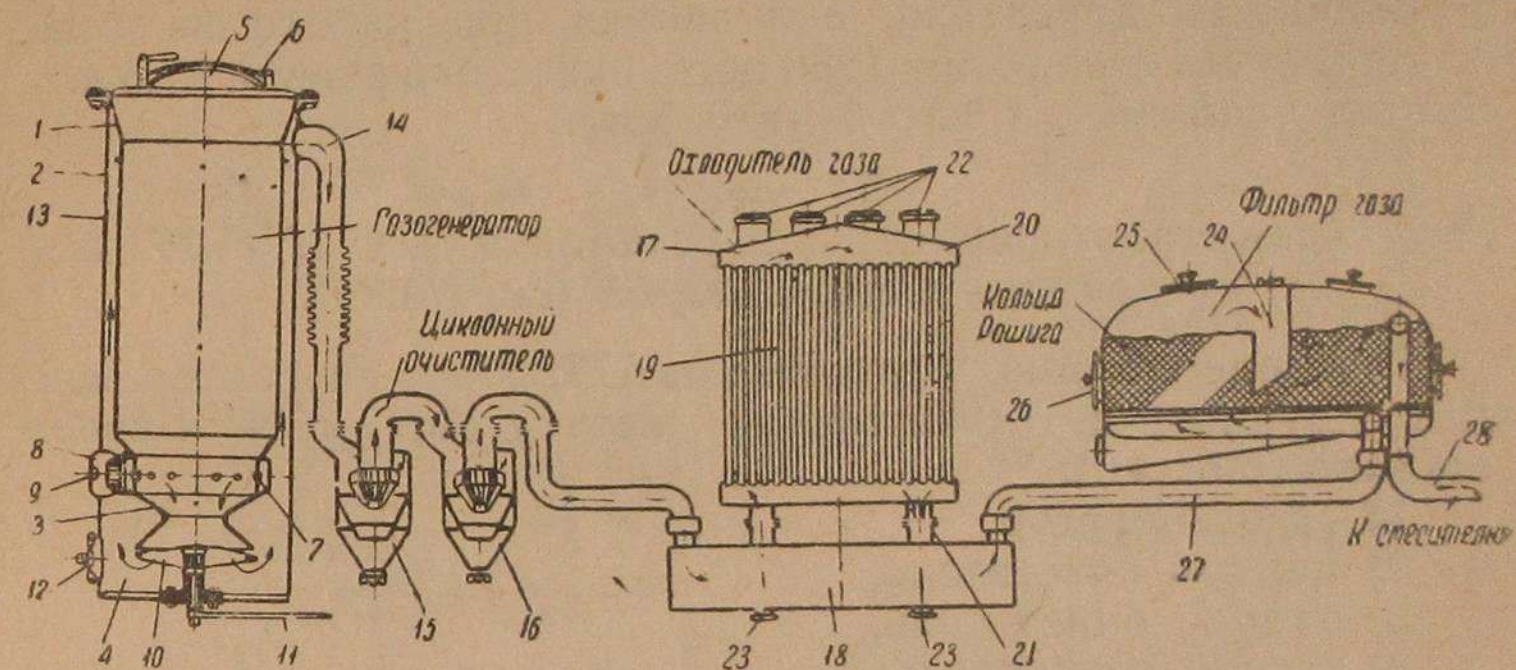


Рис. 78. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-19 для трактора СТЗ-НАТИ-1-ТА.

патрубков (21). Пробки (22) служат для чистки охладителя, а пробки (23) — для спуска конденсата.

После охладителя газ направляется для тонкой очистки в третий очиститель поверхностного типа. Этот очиститель выполнен в виде бака, разделенного каналом (24) на два отделения. Каждое отделение заполнено кольцами Рашига, насыпанными на поддерживающие сетки. Люки (25 и 26) служат для насыпания и удаления колец.

Газ входит в очиститель по патрубку (27), проходит через первый слой колец в первом отделении и, спустившись по каналу (24) во второе отделение, проходит через второй слой колец и отводится через патрубок (28).

После тонкой очистки газ идет в эжекционный смеситель типа НАТИ.

Газогенератор смонтирован с левой стороны сиденья водителя, два циклонных очистителя — за сиденьем, тонкий очиститель — на месте топливных баков.

В двигатель трактора *СТЗ-НАТИ-1-ТА* внесены следующие изменения: степень сжатия для пуска доведена до 4,3, степень сжатия для работы доведена до 8,3.

Два значения степени сжатия обеспечены наличием двух камер сгорания — основной и дополнительной, соединенных между собой при помощи третьих клапанов. При пуске двигателя третьи клапаны открыты и основная камера сообщается с дополнительной, благодаря чему степень сжатия имеет показатель 4,3.

После того как двигатель пущен и переведен на питание газом, третьи клапаны закрываются и вспомогательная камера разобщается с основной. В этом случае степень сжатия равна 8,3 вместо нормальной — 4. Для питания бензином на двигателе установлен карбюратор типа *Солекс*.

Мощность двигателя, полученная при работе на газе, на тормозном стане при 1250 об/м. оказалась равной 47,5 л. с. Расход топлива в 1 час равен 40 кг.

Древесная газогенераторная установка *НАТИ Г-25* для трактора *Сталинец-65* (серийная).

Газогенераторная установка *НАТИ Г-25*, спроектированная Научным автотракторным институтом, имеет в своем составе (рис. 79):

- 1) газогенератор,
- 2) первый очиститель,
- 3) второй очиститель,
- 4) третий очиститель,
- 5) четвертый очиститель,
- 6) смеситель.

Газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха предназначен для работы на древесных чурках размером $80 \times 70 \times 50$ мм. Он состоит из наружного кожуха (1), бункерного кожуха (2) емкостью в 100 кг, переходящего в топливник (3), изготовленный из жароупорной стали, защитного кожуха (4), сделанного из меди и поставленного для предохранения бункерного кожуха от возможного разъедания уксусной кислотой, выделяющейся при сухой перегонке дерева, и зольника (5). Вверху газогенератор снабжен загрузочным люком (6) и имеет болтовой шов (7), соединяющий наружный, бункерный и защитный кожухи. Зольник отделен от топливника колосниковой решеткой (8). Люк (9) служит для очистки зольника и колосниковой решетки. Воздух подводится в топливник через два входных канала (10) с предохранительными обратными клапанами (11), кольцевой воздушный пояс (12) и пять стальных фурм (13), расположенных по периферии топливника. Газ отводится из топливника в газосборное простран-

ство, образованное наружным и бункерным кожухами, и через отсасывающий патрубок (14) поступает в очистительные приборы. Движение газа из топливника к отсасывающему патрубку подогревает весь бункер и одновременно значительно охлаждает сам газ.

Из генератора газ последовательно переходит в первый и второй очистители (15 и 16), относящиеся по конструкции к типу динамических-циклонных.

Пройдя первичную очистку в циклонах, газ поступает в четырехсекционную батарею инерционно-ударного очистителя (17). Каждая секция этого очистителя сделана в виде цилиндра, внутри которого смонтированы диски с отверстиями, обеспечивающие движение газа, связанное с много-

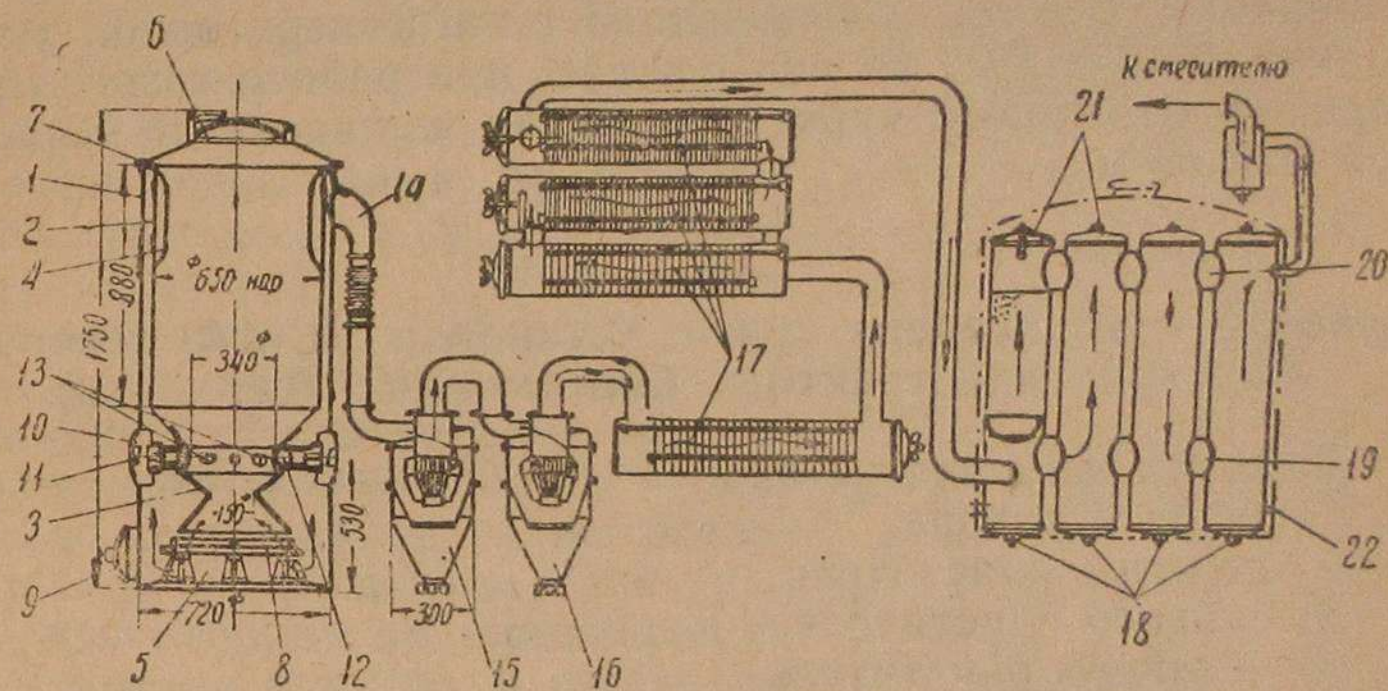


Рис. 79. Схема газогенераторной установки *НАТИ Г-25* для трактора *Сталинец-65*.

кратным изменением направления, ударами о диски и фильтрацией.

После грубой очистки газ направляется для тонкой очистки в очиститель поверхностного типа (18). Последний устроен в виде батареи из четырех секций, соединенных вверху и внизу трубками (19 и 20). В каждую секцию засыпаются кольца Рашига, служащие материалом для фильтрации газа. Их засыпают через люки (21), которые используются также и для промывки колец. Для спуска конденсата предусмотрены трубки (22).

Специальных охлаждающих приборов установка не имеет, и газ охлаждается прохождением его через значительную поверхность очистительных приборов.

Очищенный газ засасывается в перпендикулярно-поточный смеситель эжекционного действия типа *НАТИ*. Двигатель-мотор *М-17* трактора *Сталинец-65*, предназначенный для работы на соляровом масле, в связи с переводом его на

питание генераторным газом подвергся некоторым изменениям, вследствие чего ему присвоена марка МГ-17 (газогенераторный).

Изменения, произведенные в двигателе, заключаются в следующем: степень сжатия снижена до 7,86, сняты питаельные приборы, установлена система двойного зажигания от магнето Электрозавода БС-4 (на месте топливного насоса смонтированы два магнето и в каждом цилиндре поставлены по две электрических свечи), диаметр каждого цилиндра увеличен на 10,3 мм (155,3 мм вместо — 145 мм), общий литраж цилиндров доведен до 15,6 л, и весь тепловой процесс построен по четырехтактному циклу Отто. Пусковой мотор дает возможность пуска газогенераторного двигателя на газе. Благодаря введению в двигатель МГ-17 указанных изменений трактор *Сталинец-65* с газогенераторной установкой НАТИ Г-25 на испытаниях, при работе газогенератора на березовых чурках, развивал мощность до 70 л. с. при 870 об/мин.

Древесная газогенераторная установка ЛС-1(3) лесосудмашстроя для трактора Сталинец-60 (серийная).

Газогенераторная установка ЛС-1(3) состоит из:

- 1) газогенератора,
- 2) первого очистителя,
- 3) второго очистителя,
- 4) третьего очистителя,
- 5) четвертого очистителя,
- 6) смесителя.

Газогенератор работает на древесных чурках размером 80 × 70 × 60 мм по обратному процессу газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха (рис. 80). Газогенератор сделан из 1,5-мм листовой стали, наверху его находится загрузочный люк с крышкой (2), имеющей прижимную планку (3) и затвор (4). Верхняя часть газогенератора составлена из кожухов (5) и (6), образующих паросборную камеру, в которую через отверстия (7) в кожухе (6) отводятся пары влаги и часть продуктов сухой перегонки дерева. Паросборная камера соединена с трубкой (1). Эта трубка служит для слива образующегося в камере конденсата. При отвинчивании болтов соединительного шва (8) можно снять всю верхнюю часть газогенератора.

Продолжением кожуха (6) служит кожух (9), который вместе с первым и представляет бункер генератора, заканчивающийся внизу приваренным к нему топливником (10), изготовленным из углеродистой стали. Кожух (9) окружен наружным кожухом (11), переходящим в корпус топ-

ливника. Кожух (11) и кожух (9) с топливником (10) также являются самостоятельными деталями и соединены с верхней частью болтовым швом (8). В корпусе топливника находится зольник (12) с люком (13) для очистки. Зольник отделен колосниковой решеткой (14), которая при помощи рукоятки (15) может поворачиваться в горизонтальной плоскости на опорном стержне (16). Через люк (17) в пространство между топливником и его корпусом насыпается уголь для образования увеличенной восстановительной зоны.

Воздух, необходимый для газификации топлива, через приемный канал (18), снабженный обратным клапаном, поступает в кольцевой пояс (19), откуда через 12 фурм (20) диаметром 12 мм проходит в топливник (10). Газ, полученный в результате газификации топлива, отсасывается из топливника вниз и, пройдя слой угля, поднимается в газосборное полукольцо (21), откуда через отсасывающий патрубок (22) направляется в приборы для очистки. Движение генераторного газа из топливника в газосборное полукольцо сопровождается значительным его охлаждением, так как с одной стороны он соприкасается со стенками бункера и расходует тепло на подогрев топлива, а с другой стороны излучает тепло через наружный кожух в атмосферу.

Газ, вышедший из генератора (1), подвергается первичной очистке в двух последовательно соединенных между собою динамических очистителях-циклонах (2) и (3) одинакового устройства. Каждый циклон (рис. 81) имеет касательно расположенный к его корпусу газоподводящий патрубок (4), завихритель (5), состоящий из ряда изогнутых пластинок, отводящего патрубка (6) и съемного дна (7) для выбрасывания собираемых примесей.

Из циклонных очистителей газ переходит в батарею инерционного очистителя (8) в составе двух секций. Каждая секция сделана в виде цилиндра, внутри которого находится корытообразно изогнутый лист (9), снабженный скребками (10) для задерживания примесей, осывающихся из газа при проходе последнего через секцию. Через люки (11) удаляются накопленные примеси.

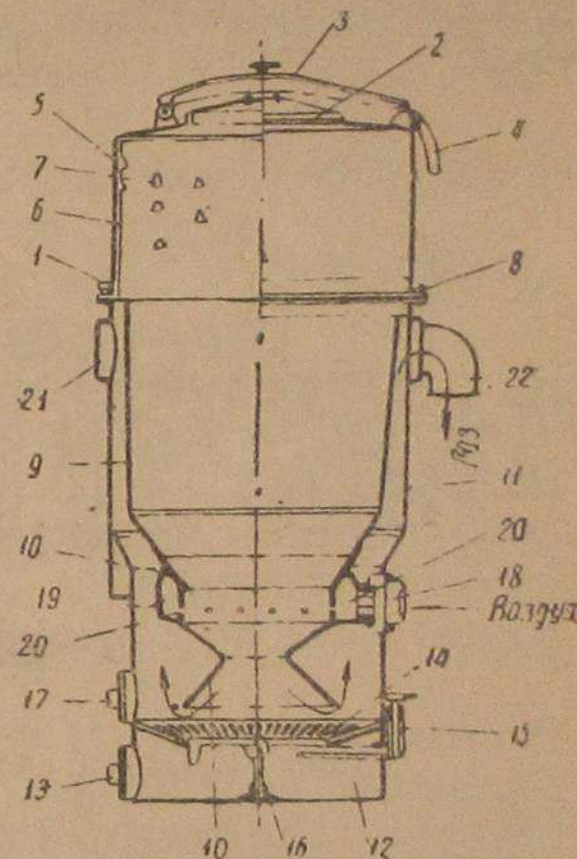


Рис. 80. Схема газогенераторной установки ЛС-1(3) для трактора Сталинец-60.

Из инерционного очистителя газ поступает в последний очиститель (13), где подвергается тонкой очистке. Этот очиститель (13) относится к типу поверхностных, но изготовлен также в виде батареи из четырех секций. Первая, вторая и четвертая секции представляют собой вертикальные цилиндры, в каждом из которых имеются две решетки (14 и 15) с поставленными на них проволочными корзинками (16 и 17). В эти корзины насыпаются кольца Рашига. Третья секция сделана тоже в виде цилиндра, но снабжена только одной неполной вертикальной перегородкой (18). Все секции соединены между собой последовательно и имеют для загрузки и выемки корзин с кольцами Рашига и для промывки люки (19) с крышками. Циклонные очистители соединены металлическими газопроводами при помощи эластичных компенсаторов (20) с газогенератором и инерционным очистителем.

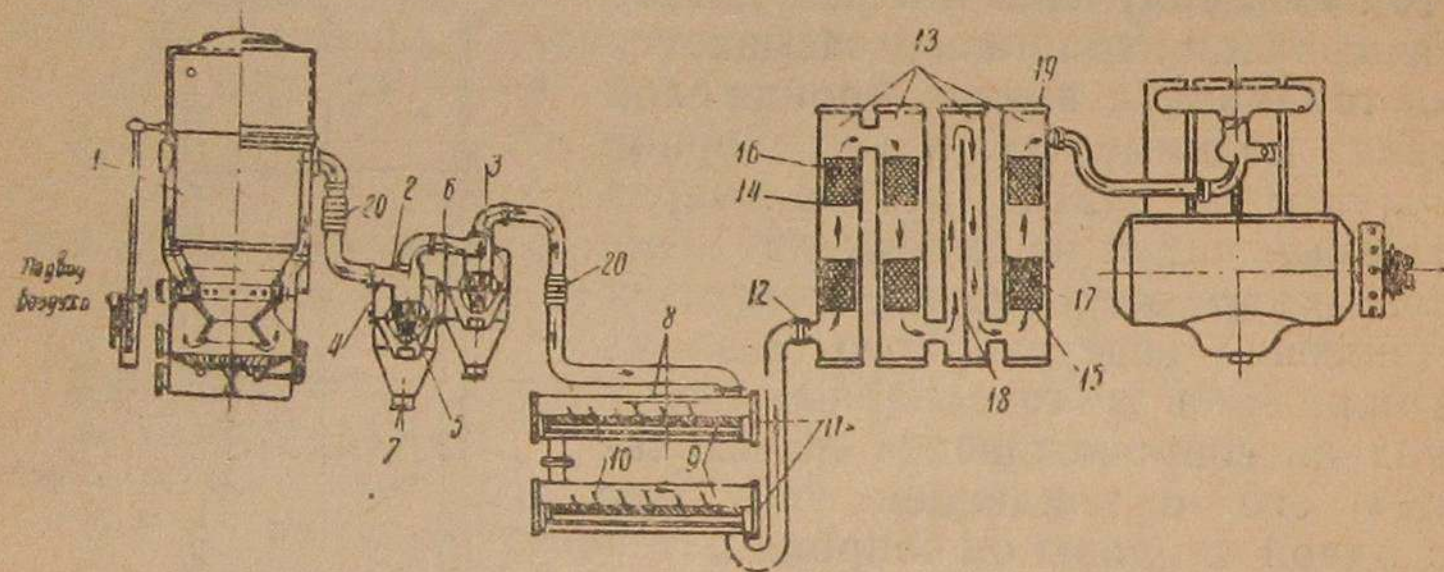


Рис. 81. Схема газогенератора установки ЛС-1(З).

Соединение инерционного очистителя с поверхностным тонким очистителем осуществлено при помощи гибкого шланга (12).

Из тонкого очистителя газ засасывается в перпендикулярно-поточный смеситель эжекционного действия типа НАТИ. Благодаря значительной поверхности всех очистительных приборов газ охлаждается параллельно с его очисткой, из-за чего специальных охладителей в установке нет.

Монтаж установки ЛС-1(З) осуществлен следующим образом: газогенератор установлен с левой стороны от водителя, над гусеницей, циклонные очистители расположены впереди газогенератора, инерционный очиститель — под сиденьем водителя, батарея поверхностных очистителей установлена перед радиатором трактора. Инструментальный ящик поставлен на правом крыле.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА.

МЕТОД РАСЧЕТА.

Тепловой расчет газогенератора производят для определения расхода топлива, воздуха и установления теплового режима газификации.

Методы расчета стационарных газогенераторов прямого процесса газификации, достаточно детально разработанные проф. Грум-Гржимайло и Доброхотовым, неприменимы для расчета газогенераторов обратного процесса газификации, так как в газогенераторах прямого процесса газификации продукты сухой перегонки, получающиеся из топлива, не попадают в зону высоких температур и механически смешиваются с генераторным газом.

Состав генераторного газа, образующегося в результате прямого процесса газификации, можно определить сложением количества продуктов газификации с продуктами, полученными при сухой перегонке топлива.

В газогенераторах обратного процесса газификации продукты сухой перегонки проходят через активную зону. Часть из них, вступая в реакцию с кислородом воздуха, сгорает, а часть разлагается, образуя новые производные.

Кроме того, в генераторах обратного процесса газификации сухая перегонка протекает быстрее, чем в генераторах прямого процесса.

Из-за отсутствия точных данных о горении и разложении продуктов сухой перегонки при обратном процессе газификации при расчетах генераторов обратного процесса задают заранее характерный состав топлива и состав газа, полученного в генераторе соответствующей конструкции. Тогда, сравнивая количество соответствующих элементов топлива и генераторного газа, подсчитываются величины, характеризующие обратный процесс газификации.

Такой метод расчета называется методом баланса.

Тепловой расчет методом баланса состоит из определения материального и теплового балансов газогенератора.

В материальном балансе определяется расход топлива и воздуха, участвующих в образовании генераторного газа заданного состава, а также подсчитываются выход и влагосодержание газа, получающегося из 1 кг рабочего топлива.

Тепловой баланс составляется на основе подсчета выделившегося и поглощенного в химических реакциях тепла и дает возможность определить температуру образующегося генераторного газа и коэффициент полезного действия газогенератора.

Обычно баланс определяется или на 100 кг-мол *) генераторного газа или на 100 кг топлива. Оба метода совершенно равноценны, но рекомендуется применять первый, который дает некоторые упрощения в арифметических подсчетах.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС.

Наиболее характерный состав сухого газа **), полученного в различных транспортных установках, указан в таблице 13.

Таблица 13

Газогенератор	Топливо	Объемный состав газа в процентах					
		CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂
Берлие	Древесные чурки	19,5	16,3	2,5	9,8	1,7	50,2
Сагам	"	16,0	16,0	2,0	9,2	2,0	54,8
Кромаг	"	20,7	18,6	1,7	10,5	—	48,5
Д-9	"	15,5	12,2	2,6	9,5	4,2	56,1
НАТИ-2	"	20,3	11,3	2,1	20,0	0,8	—
НАТИ-3	"	18,4	16,4	3,0	11,4	0,6	50,5
ЗИС	"	21,0	16,0	1,0	9,0	—	53,0
ЛТА	Щепа	19,4	19,2	1,5	9,0	—	50,9
ЦНИИВТ	Швырок	18,5	15,3	0,9	12,2	0,4	52,7
ПАНАР	Древ. уголь	30,0	7,0	0,5	2,3	—	60,2
У-6	"	28,6	2,1	2,3	5,2	0,5	61,3
ЛТА	"	26,4	11,2	0,9	4,7	0,4	56,4

Как видно из таблицы, в состав генераторного газа входит кислород, который вместе с воздухом попадает в газ через неплотности в соединениях газогенераторной установки. Так как при нормальном процессе газификации в получающемся газе кислорода содержатся самые незначительные количества, измеряемые десятими долями процента, то воздух, попавший через неплотности в соединениях газогенераторной установки, исключается из состава газа.

Процентное содержание воздуха, попавшего в газ через неплотности, определяется по формуле:

$$L = \frac{100}{21} O_2,$$

*) Одна килограмм-молекула вещества называется молем. 1 моль вещества для всех совершенных газов при одинаковых давлениях и температурах будет занимать один и тот же объем, равный 22,41 м³ при 0°C и 760 мм рт. ст.

**) Сухим газом называется газ, не содержащий влаги. Он получается в газоанализаторах, где при определении составных компонентов газа находящаяся в нем влага конденсируется и в состав газа не входит.

где O₂ — процентное содержание кислорода в газе *).
Для определения нормального состава генераторного газа, с исключением из него попавшего воздуха, все составные части газа перемножаются на поправочный коэффициент:

$$K = \frac{100}{100 - L}.$$

После введенной поправки состав сухого генераторного газа в процентах к объему будет:

Углекислота	CO ₂ %	
Окись углерода	CO %	
Метан	CH ₄ %	
Водород	H ₂ %	
Азот	N ₂ %	
Кислород	O ₂ %	(но не более 0,5%)
Всего:		100%

Содержание основных элементов в компонентах генераторного газа определяется по формулам:
Углерода в 100 кг-мол. газа $\Sigma C_r = (CO_2 + CO + CH_4)$ кг-мол.
Водорода в 100 кг-мол. газа $\Sigma H_r = (H_2 + 2CH_4)$ кг-мол.
Кислорода в 100 кг-мол. газа $\Sigma O_r = (CO_2 + 0,5 CO + O_2)$ кг-мол.
Азота в 100 кг-мол. газа $\Sigma N_r = N_2$ кг-мол.

В приведенных уравнениях компоненты генераторного газа выражены в объемных процентах **).

Для составления материального баланса выбирают какое-либо твердое топливо, в 1 кг которого в весовых процентах содержится:

Углерода	C %	
Водорода	H ₂ %	
Кислорода	O ₂ %	
Азота	N ₂ %	
Воды	H ₂ O %	
Золы	A %	
Всего		1,00 кг

По правилу Дюлонга считается, что весь кислород топлива связан с водородом, образуя воду, носящую название воды Дюлонга.

*) Если в газе содержится не более 0,4—0,5% кислорода, исключать его из состава газа не следует.

**) Тяжелые углеводороды из-за их незначительного количества в газе в расчете не учитываются.

Применяя это правило для газогенераторов обратного процесса газификации, находим расчетный состав топлива:

Углерод С	C^r % по весу
Водород $H_2 - \frac{2}{16} O_2$	H_2^r % по весу
Азот N_2	N_2^r % по весу
Вода $H_2O + \frac{18}{16} O_2$	$(H_2O)^r$ % по весу
Зола А	A^r % по весу

Всего 1,00 по весу	

Баланс углерода.

Практически установлено, что углерод топлива не полностью участвует в процессе газификации, частично проваливаясь в зольник и частично уносясь в виде угольной мелочи, сажи и смолы. По данным Главдортранса, потери углерода в автотракторных газогенераторах составляют 1,6—1,7%, по данным инж. Вознесенского (Архангельский лесотехнический институт) — 1,25—1,4%, по данным Лесотехнической академии им. Кирова — 1,5—1,6%.

Проценты вычислены от веса рабочего топлива, поэтому потеря углерода в процентах от веса углерода топлива должна быть соответственно пересчитана.

Если обозначить через C_n^r — потерю углерода, то количество углерода перешедшего в газ, будет равно:

$$(C^r - C_n^r) \%$$

или

$$\frac{C^r - C_n^r}{100} \text{ кг}$$

на 1 кг рабочего топлива.

Учитывая, что объем 1 кг-мол. газа при нормальных условиях, т. е. температуре 0°С и давлении 760 мм рт. ст. равен 22,4 м³ и что атомный вес углерода равен 12 определим содержание углерода в 1 м³ газа:

$$\frac{12}{100 \cdot 22,4} (CO_2 + CO + CH_4) \text{ кг/м}^3.$$

Определив по данной формуле содержание углерода в 1 м³ газа и зная количество углерода в одном килограмме топлива, выход генераторного газа из одного килограмма топлива можно получить из выражения:

$$V_r = \frac{22,4}{12} \frac{(C^r - C_n^r) \cdot 100}{100 \cdot (CO_2 + CO + CH_4)} \text{ м}^3/\text{кг}$$

или

$$V_r = \frac{C^r - C_n^r}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

При нормальных условиях 100 кг-мол. газа занимают объем $22,4 \times 100 \text{ м}^3$ и содержат $12(CO_2 + CO + CH_4)$ кг углерода, поэтому для получения 100 кг-мол. газа требуется вводить в газогенератор:

$$G_r = \frac{12(CO_2 + CO + CH_4) \cdot 100}{C^r - C_n^r} \text{ кг}$$

рабочего топлива.

Баланс азота.

При образовании 100 кг-мол. газа в газогенератор вместе с топливом вводится

$$\frac{G_r \cdot N_2^r}{28 \cdot 100} \text{ кг-мол. азота.}$$

В 100 кг-мол. газа содержится ΣN_2^r кг-мол. азота; следовательно, на каждые 100 кг-мол. газа из воздуха поступает

$$N_2^v = \Sigma N_2^r - \frac{G_r \cdot N_2^r}{28 \cdot 100} \text{ кг-мол. азота.}$$

Зная количество азота, поступающего с воздухом, можно определить количество воздуха, расходуемого на газификацию. Так как в воздухе по объему содержится 79% азота, то количество воздуха, необходимого для получения 100 кг-мол. газа, будет равно:

$$L_{100} = \frac{100}{79} N_2^v \text{ кг-мол.}$$

Количество воздуха, идущего на газификацию 1 кг топлива, определится по формуле:

$$L_{1 \text{ кг}} = \frac{100}{79} \frac{N_2^v}{G_r} \text{ кг-мол.}$$

Примем молекулярный вес воздуха равным 28,95. Тогда количество воздуха для газификации 1 кг топлива, выраженное в килограммах, составит:

$$L_{1 \text{ кг}} = 28,95 \cdot \frac{100}{79} \frac{N_2^v}{G_r} \text{ кг}$$

или в кубических метрах при 0°С и 760 мм рт. ст.

$$V_{1\text{кг}}^{\text{в}} = 22,4 \cdot \frac{100}{79} \frac{N_2^{\text{в}}}{G_{\text{т}}} \text{ м}^3 \text{ воздуха на 1 кг топлива.}$$

Баланс кислорода.

Находящийся в компонентах генераторного газа кислород складывается из кислорода воздуха $O_2^{\text{в}}$, кислорода разложившейся влаги топлива и воды Дюлонга $O_2^{\text{H}_2\text{O}}$.

Кислорода в газе содержится:

$$\Sigma O_{2\text{г}} = (CO_2 + 0,5 CO) \text{ кг-мол.}$$

на 100 кг-мол. газа.

Уравнение баланса выразится формулой:

$$\Sigma O_{2\text{г}} = O_2^{\text{в}} + O_2^{\text{H}_2\text{O}}.$$

Количество кислорода, поступившего с воздухом:

$$O_2^{\text{в}} = \frac{21}{79} N_2^{\text{в}} \text{ кг-мол.}$$

Следовательно, кислород, полученный за счет разложения влаги топлива и воды Дюлонга, определится из уравнения:

$$O_2^{\text{H}_2\text{O}} = (CO_2 + 0,5 CO) - \frac{21}{79} N_2^{\text{в}} \text{ кг-мол.}$$

на 100 кг-мол. газа.

Баланс водорода.

Как было уже указано, содержание водорода в 100 кг-мол. газа равно:

$$\Sigma H_{2\text{г}} = (H_2 + 2CH_4) \text{ кг-мол.}$$

Водород частично получается из свободного водорода топлива $H_2^{\text{т}}$, а также из разложившейся влаги топлива, воздуха и воды Дюлонга.

Поэтому уравнение баланса выразится формулой:

$$\Sigma H_{2\text{г}} = H_2^{\text{т}} + H_2^{\text{H}_2\text{O}}.$$

Учитывая, что в топливе, расходуемом на получение 100 кг-мол. газа, содержится водорода:

$$H_2^{\text{т}} = \frac{H_2^{\text{т}} \cdot G_{\text{т}}}{2 \cdot 100} \text{ кг-мол.}$$

Количество водорода, образовавшегося за счет влаги воздуха, топлива и воды Дюлонга, находим по формуле:

$$H_2^{\text{H}_2\text{O}} = (H_2 + 2CH_4) - \frac{H_2^{\text{т}} \cdot G_{\text{т}}}{2 \cdot 100} \text{ кг-мол.}$$

Образование $H_2^{\text{H}_2\text{O}}$ кг-мол. водорода требует численно одинакового количества кг-мол. воды, т. е.

$$H_2O = H_2^{\text{H}_2\text{O}} \text{ кг-мол.}$$

Для определения влагосодержания генераторного газа следует из общего количества воды, вводимой в газогенератор и состоящей из воды Дюлонга, влаги топлива и воздуха, вычесть влагу, разлагающуюся в генераторе, т. е. H_2O кг-мол.

На каждые 100 кг-мол. газа в газогенератор вводится воды:

а) с влагой топлива и водой Дюлонга:

$$W_{\text{т}} = \frac{(H_2O)^{\text{т}} \cdot G_{\text{т}}}{18 \cdot 100} \text{ кг-мол.}$$

б) с воздухом:

$$W^{\text{воз}} = 22,4 \cdot L_{100} \cdot v \cdot \alpha \text{ кг,}$$

где: v — количество воды в кг, находящейся в 1 м³ насыщенного воздуха (берется по таблице), α — степень насыщения для данных атмосферных условий.

Вследствие малого количества влаги, вносимой в генератор с воздухом, значение $W^{\text{воз}}$ обычно не принимается во внимание.

Таким образом, общее количество влаги, поступающей в газогенератор, равно:

$$W = \frac{G_{\text{т}} (H_2O)^{\text{т}}}{100} + W^{\text{воз}} \text{ кг.}$$

Так как на образование водорода уходит H_2O кг-мол., то влаги в газе в виде пара будет:

$$W^{\text{пар}} = W - 18 (H_2O) \text{ кг.}$$

При 0°С и 760 мм рт. ст. 100 кг-мол. газа занимают объем в $100 \times 22,4$ м³, а $W^{\text{пар}}$ кг пара или

$$\frac{W^{\text{пар}}}{18} \text{ кг-мол.}$$

пара будет соответственно занимать объем в

$$22,4 \frac{W_{\text{пар}}}{18} \text{ м}^3.$$

Следовательно, весь объем влажного газа, полученного из G_T кг топлива, равен:

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

а влагосодержание 1 м³ генераторного газа при этих условиях определится по формуле:

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

Таким образом, материальный баланс, составленный из балансов углерода, азота, кислорода и водорода, дает возможность определить расход топлива и воздуха, участвующих в газификации, а также выход и влагосодержание газа.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС.

При составлении теплового баланса необходимо знать какое количество тепла поглощается или выделяется в процессе той или другой химической реакции.

В современной литературе встречаются различные цифровые данные, характеризующие тепловой эффект одной и той же реакции. Это расхождение происходит потому, что для расчетов пользуются опытными данными различных авторов.

Тепло, выделяющееся при сгорании углерода, по данным академика М.А. Павлова равно 8137 кал/кг, а по данным исследований американского ученого Гудинефа — 8075 кал-кг. Для расчета теплового баланса рекомендуется брать среднее значение из двух приведенных данных, т. е. 8100 кал-кг, так как эта цифра совпадает с большинством данных о теплоте, выделяемой при сгорании углерода (Шустер, Шюле и др.)

Указанная величина теплоты сгорания углерода и принимается для дальнейших тепловых расчетов.

Для определения теплового эффекта той или другой реакции необходимо знать еще теплотворные способности различных составляющих генераторного газа.

Приводимая ниже таблица теплотворных способностей газов составлена по данным проф. Шюле, вычисленным при температуре 0°С и давлении 760 мм рт. ст.

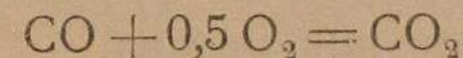
Таблица 14

Наименование газа	Высшая теплотворная способность 1 м ³ в кал.	Нижшая теплотворная способность 1 м ³ в кал.	Нижшая теплотворная способность 1 моля газа в кал.
Окись углерода CO	3 050	3 050	68 320
Водород H ₂	3 070	2 570	57 570
Метан CH ₄	9 470	8 510	190 620
Светильный газ	4 500	4 000	89 600

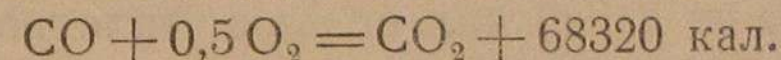
На основании приведенных в таблице данных, ниже подсчитано количество тепла, выделяющегося или поглощаемого при основных реакциях процесса газификации.

Метод подсчета основан на том, что тепловые эффекты правой и левой стороны химического равенства должны быть одинаковы.

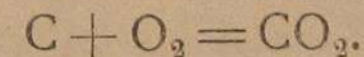
1. Реакция горения окиси углерода:



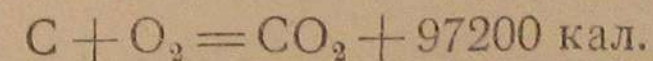
Теплотворная способность 1 моля окиси углерода по данным таблицы 14 равна 68320 кал. Теплота горения углекислоты равна нулю, поэтому рассматриваемая реакция с учетом теплового эффекта примет вид:



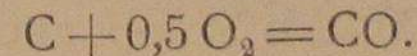
2. Реакция горения углерода:



Теплотворная способность 1 кг углерода равна 8100 кал., следовательно, при горении кг-атома углерода выделяется 128100 кал., а так как теплота горения CO₂ равна нулю, то реакция с учетом теплового эффекта примет вид:



3. Реакция образования окиси углерода (неполное горение углерода):



Теплотворная способность 1 кг-атома углерода равна 97200 кал., а теплотворная способность 1 моля окиси углерода равна 68320 кал-мол., следовательно, эта реакция протекает с выделением

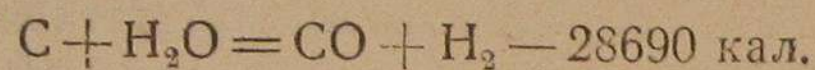
$$97200 - 68320 = 28880 \text{ кал. тепла по уравнению:}$$

$$\text{C} + 0,5 \text{O}_2 = \text{CO} + 28880 \text{ кал.}$$

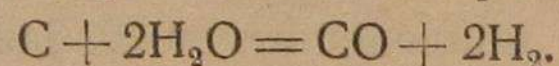
4. Реакция образования водорода.
Водород образуется по двум реакциям.
Первая реакция образования водорода:



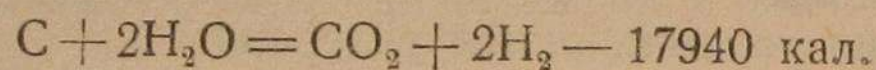
Теплотворная способность 1 кг-атома углерода (97200 кал.) меньше суммы теплотворных способностей моля окиси углерода (68320 кал.) и моля водорода (57570 кал.) на величину 28690 кал. и поэтому указанная реакция идет с поглощением тепла:



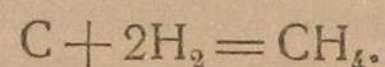
Вторая реакция образования водорода:



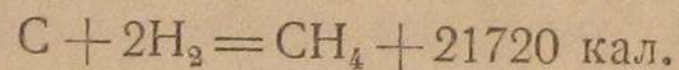
Теплотворная способность 1 кг-атома углерода меньше теплотворной способности двух молей водорода на величину 17940 кал. и поэтому эта реакция протекает с поглощением тепла:



5. Реакция образования метана.
Образование метана идет по реакции:



Теплотворная способность 1 кг-атома углерода и двух молей водорода на 21720 кал. больше теплотворной способности метана, поэтому реакция сопровождается выделением тепла:



Полученные данные позволяют подсчитать количество тепла, выделившегося или поглощенного при образовании отдельных составляющих генераторного газа, определенных в материальном балансе.

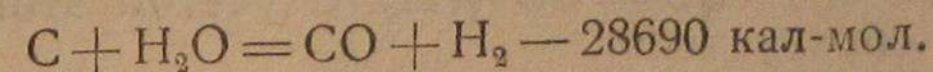
Образование водорода.

Опыты Хаслам и Руссель показывают, что при температуре $+1000 - +1100^\circ C$ в углеродистой среде, при участии в газификации 50% введенных водяных паров, 40% из них разлагаются по реакции $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ и 60% по реакции $C + H_2O = CO + H_2$ (см. раздел: „Основы теории газификации топлива“). Это положение следует учитывать при подсчетах образующегося количества углекислоты, окиси углерода и водорода.

В материальном балансе было установлено, что в 100 кг-мол. генераторного газа содержится ΣH_2^T кг-мол. водорода.

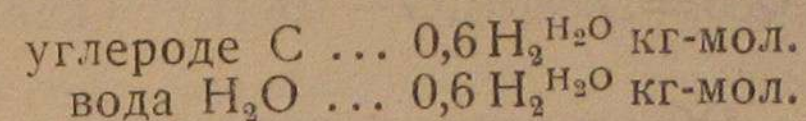
Из них H_2^T кг-мол. образуется из свободного водорода, топлива и $H_2^{H_2O}$ кг-мол. в процессе разложения воды.
Образование водорода из воды протекает по двум реакциям:

1. По реакции:

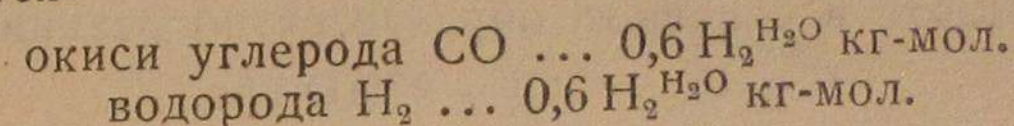


образуется 60% водорода.

Участвует в реакции:



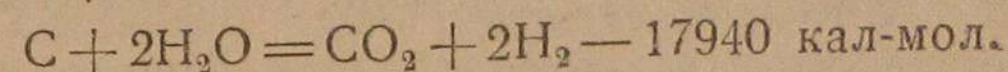
Образуется:



Поглощается тепла:

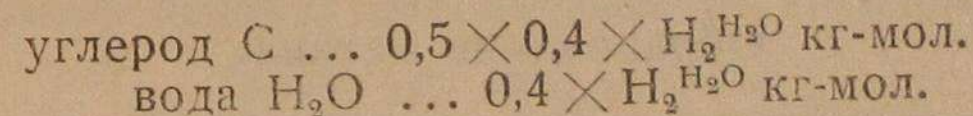
$$28690 \times 0,6 H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

2. По реакции:

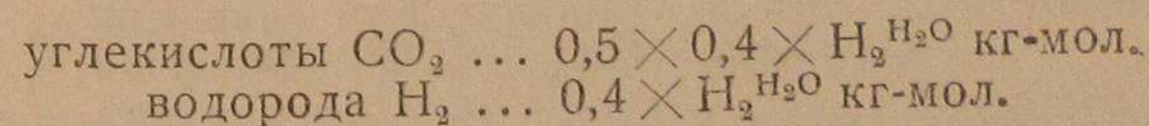


образуется 40% водорода.

Участвует в реакции:



Образуется:



Поглощается тепла

$$17940 \times 0,4 \times H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

Всего при образовании водорода поглощается тепла:

$$Q_{H_2} = 28690 \times 0,6 H_2^{H_2O} + 17940 \times 0,4 \times H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

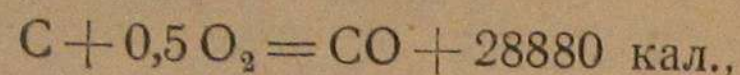
или

$$Q_{H_2} = 24390 H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

Образование окиси углерода.

Окись углерода образуется путем восстановления ее из углекислоты, но по закону Гесса количество тепла, выделяющегося или поглощаемого при химических процессах, зависит только от начального и конечного состояния участвующих в этих процессах элементов.

Поэтому принимается, что окись углерода в основном получается по реакции:



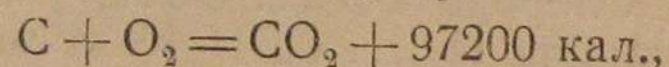
но частично, в количестве $0,6 H_2 H_2O$ кг-мол. образуется и по реакции $C + H_2O = CO + H_2$. С учетом этой реакции по основной образуется:

$(CO - 0,6 H_2 H_2O)$ кг-мол. окиси углерода и при этом выделяется тепла:

$$Q_{CO} = 28880 (CO - 0,6 H_2 H_2O) \text{ кал.}$$

Образование углекислоты.

Углекислота в основном образуется по реакции:



но частично в количестве $0,5 \times 0,4 \times H_2 H_2O$ кг-мол. она образуется и по реакции $C + 2 H_2O = CO_2 + 2 H_2$. Таким образом по основной реакции получается:

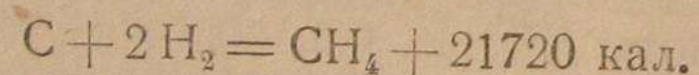
$$(CO_2 - 0,2 H_2 H_2O) \text{ кг-мол. углекислоты.}$$

Тепла при этом выделяется:

$$Q_{CO_2} = 97200 (CO_2 - 0,2 H_2 H_2O) \text{ кал.}$$

Образование метана.

Обычно принимается, что метан образуется в результате реакции:



Необходимый для образования метана водород получается по рассмотренным реакциям.

При образовании CH_4 кг-мол. метана выделяется тепла $Q_{CH_4} = 21720 \cdot CH_4$ кал.

При составлении теплового баланса, кроме теплового эффекта химических реакций, следует учитывать еще ряд других источников выделения и поглощения тепла.

Поправка Менделеева на воду Дюлонга. Д. И. Менделеев установил, что при разложении топлива, содержащего клетчатку, на каждую кг-мол. воды Дюлонга выделяется 18400 кал. тепла.

Ранее указывалось, что в 1 кг рабочего топлива содержится по весу $18/16 O_2\%$ воды Дюлонга, что в пересчете на 1 кг рабочего топлива составляет:

$$\frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} \text{ кг воды,}$$

где O_2 — процентное содержание кислорода в рабочем топливе.

Общее количество воды Дюлонга в G_T кг рабочего топлива будет:

$$\frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} G_T \text{ кг}$$

или

$$\frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} \cdot \frac{G_T}{18} \text{ молей.}$$

Количество тепла, выделяющегося при образовании воды Дюлонга, можно узнать из выражения:

$$Q_d = \frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} \cdot \frac{G_T}{18} \cdot 18400 \text{ кал.}$$

или

$$Q_d = 11,5 G_T \cdot O_2 \text{ кал.}$$

Тепло, внесенное с воздухом, входящим в газогенератор. В общем балансе газогенератора тепло, внесенное с воздухом, составляет малоощутимую величину и поэтому этим теплом обычно пренебрегают, за исключением случаев, когда производится специальный предварительный подогрев воздуха.

Тогда тепло воздуха подсчитывается по формуле:

$$Q_{воз} = C_p \cdot L_{100} \cdot t_v \text{ кал.},$$

где: C_p — молекулярная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, которая может быть определена по формуле: $C_p = 6,83 + 0,0006 t_v$;

L_{100} — количество кг-мол. воздуха, поступающего в газогенератор, для получения 100 кг-мол. генераторного газа.

Формула для определения L_{100} приведена при рассмотрении материального баланса.

t_v — температура воздуха, поступающего в генератор в $^{\circ}C$.

Тепло, внесенное в газогенератор с паром. Если в газогенератор подается пар, что имеет место в некоторых угольных конструкциях, то теплота, внесенная с паром, подсчитывается по формуле:

$$Q_{пар} = C_p^n \cdot G_n \cdot t_n \text{ кал.},$$

где: C_p^n — средняя молекулярная теплоемкость пара. Она может быть определена по формуле $C_p^n = 8,24 + 0,000824 t_n$;

G_n — количество кг-мол. пара;

t_n — температура входящего в генератор пара в $^{\circ}C$.

Тепло, внесенное с топливом. Тепло, внесенное с топливом, представляет очень малую величину, но может быть подсчитано по формуле:

$$Q_{\text{топ}} = C_p^T \cdot G_T \cdot t_T \text{ кал.}$$

где: C_p^T — теплоемкость 1 кг рабочего топлива;

G_T — количество топлива в кг, расходуемого на образование 100 кг-мол. газа;

t_T — температура топлива, загруженного в генератор.

Тепло, идущее на испарение влаги. При рассмотрении материального баланса было установлено, что в генераторном газе содержится $W^{\text{пар}}$ кг пара или $\frac{W^{\text{пар}}}{18}$ кг-мол. пара.

Согласно данным Dieterici, теплота испарения 1 кг-мол. воды равна 10710 кал. (594,7 кал. на 1 кг).

Следовательно, на испарение влаги требуется:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 10710 \cdot \frac{W^{\text{пар}}}{18} \text{ кал.}$$

Внешние потери тепла на лучеиспускание и конвекцию в окружающую среду. Часть теплоты газогенератора теряется путем конвекции (теплопередачи), а часть лучеиспусканием. Эти потери принимаются в среднем равными 10% от общего количества тепла в газогенераторе.

Тепло, идущее на нагрев продуктов газификации (физическая теплота газов и золы). При рассмотрении материального баланса установлено, что при нормальных условиях на 100 кг-мол. генераторного газа приходится $\frac{W^{\text{пар}}}{18}$ кг-мол. влаги. Поэтому теплосодержание генераторного газа складывается из теплосодержания сухого генераторного газа и теплосодержания водяного пара.

Теплосодержание компонентов влажного генераторного газа определяется по формуле:

$$Q_{\text{газа}} = \left(\text{CO} \cdot C_p^{\text{CO}} + \text{CO}_2 \cdot C_p^{\text{CO}_2} + \text{H}_2 \cdot C_p^{\text{H}_2} + \text{CH}_4 \cdot C_p^{\text{CH}_4} + \right. \\ \left. + \text{N}_2 \cdot C_p^{\text{N}_2} + \frac{W^{\text{пар}}}{18} \cdot C_p^{\text{H}_2\text{O}} \right) t_{\text{газ}} \text{ кал.,}$$

где:

CO, CO₂, H₂, CH₄, N₂ — составляющие генераторного газа в кг-молях.

C_p^{CO} , $C_p^{\text{CO}_2}$, $C_p^{\text{H}_2\text{O}}$ и $C_p^{\text{CH}_4}$ — средние теплоемкости одного моля соответствующего газа при постоянном давлении и температуре $t_{\text{газ}}$.

$t_{\text{газ}}$ — температура газа, выходящего из газогенератора.

Для определения средних теплоемкостей можно пользоваться таблицей, составленной на основании опытов Гольборна, Геннинга, Пира и др.

Таблица 15

Средняя теплоемкость одного моля между 0° и t при постоянном давлении.

Температура в °С	C_p^{CO} , $C_p^{\text{O}_2}$, $C_p^{\text{H}_2}$, $C_p^{\text{N}_2}$	$C_p^{\text{H}_2\text{O}}$	$C_p^{\text{CO}_2}$
0		8,16	8,67
100		8,29	9,20
300		8,45	1,00
500	$6,98 + 0,000266 t$	8,59	10,58
700		8,75	10,97
900		8,89	11,28
1 000		9,00	11,43

Чтобы получить значение C_p для 1 кг, достаточно данные таблицы разделить на молекулярный вес соответствующего газа. Определяя теплоемкость 1 м³ газа, следует данные таблицы делить или на 22,41 или на 24 в зависимости от того, ведется ли расчет при 0° или 760 мм давления или при 1 атм. и 10° С.

Теплоемкость метана в таблице не указана и для определения ее следует пользоваться формулой:

$$C_p^{\text{CH}_4} = 7,7 + 0,008t.$$

Расход тепла на нагревание золы и углерода, уносимого в виде мелочи или сажи, может быть учтен по уравнению:

$$Q_{\text{зола}} = \frac{A^r}{100} \cdot G_T \cdot C_{\text{зол}} \cdot t + \frac{C_p^r}{100} \cdot G_T \cdot C_{\text{угл}} \cdot t \text{ кал.,}$$

где

$$\frac{A^r}{100} \cdot G_T \text{ и } \frac{C_p^r}{100} \cdot G_T$$

весовое содержание золы и потерь углерода, имеющих место при образовании 100 кг-мол. генераторного газа.

$C_{\text{зол}}$, $C_{\text{угл}}$ — соответствующие весовые теплоемкости золы и углерода.

t — температура, до которой нагреваются зола и углерод. Обычно для простоты ее приравнивают к температуре выходящего из генератора газа.

После подсчета количества выделившегося и поглощенного тепла по всем рассмотренным элементам составляется сводная таблица теплового баланса.

Сводная таблица теплового баланса.

Приход тепла

- I. Количество тепла, выделившегося при образовании CO , CO_2 , CH_4
 по реакции $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 \dots Q_{\text{CO}_2} = 97200(\text{CO}_2 - 0,2 \text{H}_2\text{H}_2\text{O})$ кал.
 по реакции $\text{C} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO} \dots Q_{\text{CO}} = 28880(\text{CO} - 0,6 \text{H}_2\text{H}_2\text{O})$ кал.
 по реакции $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4 \dots Q_{\text{CH}_4} = 21720 \text{CH}_4$ кал.
- II. Количество тепла, выделившегося при разложении клетчатки $\dots Q_d = 11,5 \cdot G_T \cdot \text{O}_2$ кал.
- III. Количество тепла, внесенного в газогенератор с воздухом $\dots Q_{\text{воз}} = C_p \cdot L_{100} \cdot t_v$ кал.
- IV. Количество тепла, внесенного в газогенератор с паром $\dots Q_{\text{пар}} = C_p^{\text{п}} \cdot G_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}}$ кал.
- V. Количество тепла, внесенного в газогенератор с топливом $\dots Q_{\text{топ}} = C_p^{\text{т}} \cdot G_{\text{т}} \cdot t_{\text{т}}$ кал.
- Общее количество тепла, выделившегося в газогенераторе: $Q_{\text{пр}}$ кал.

Расход тепла

- I. Количество тепла, поглощенного при образовании водорода $\dots Q_{\text{H}_2} = 24390 \text{H}_2\text{H}_2\text{O}$ кал.
- II. Количество тепла, идущего на испарение влаги $\dots Q_{\text{H}_2\text{O}} = 10710 \frac{W_{\text{пар}}}{18}$ кал.
- III. Количество тепла, потерянного в окружающую среду (конвекция и лучеиспускание) $\dots Q_{\text{ок}} = Q_k + Q_{\text{л}}$ кал.
- IV. Количество тепла, идущего на нагревание продуктов газификации
- $$Q_{\text{газ}} = \left(\text{CO} \cdot C_p^{\text{CO}} + \text{CO}_2 \cdot C_p^{\text{CO}_2} + \text{H}_2 \cdot C_p^{\text{H}_2} + \text{CH}_4 \cdot C_p^{\text{CH}_4} + \right. \\ \left. + \text{N}_2 \cdot C_p^{\text{N}_2} + \frac{W_{\text{пар}}}{18} \cdot C_p^{\text{H}_2\text{O}} \right) \cdot t_{\text{газ}} \text{ кал.}$$
- $$Q_{\text{зол}} = \frac{1}{100} (A^{\text{т}} \cdot C_{\text{зол}} + C_{\text{п}}^{\text{т}} \cdot C_{\text{угл}}) G_{\text{т}} \cdot t \text{ кал.}$$

Общее количество расходуемого в газогенераторе тепла:

$$Q_{\text{рас}} \text{ кал.}$$

При проведении расчета теплового баланса Q прихода должно равняться Q расхода.

Практически при расчетах имеет место расхождение. Следует расхождение считать допустимым, если оно не превышает $\sim 1\%$.

Для оценки степени использования твердого топлива в газогенераторе и характеристики качества конструкции

газогенератора принято пользоваться коэффициентом полезного действия. Последний представляет собой отношение низшей теплотворной способности генераторного газа к низшей теплотворной способности топлива, из которого этот газ получен.

Коэффициент полезного действия газогенератора определяется по формуле:

$$\eta_{\text{г}} = \frac{H_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}}}{H_{\text{раб}}},$$

где $H_{\text{г}}$ — низшая теплотворная способность 1 м^3 генераторного газа при 0°C и 760 мм ртутного столба.

Теплотворная способность генераторного газа определяется как сумма произведений теплотворных способностей отдельных составляющих газа на процентное содержание их в газе.

Ранее (в табл. 14) указывалась теплотворная способность составляющих генераторного газа. Поэтому она может быть подсчитана по формуле:

$$H_{\text{г}} = 30,50 \cdot \text{CO} + 25,70 \text{H}_2 + 85,10 \text{CH}_4 \text{ кал/м}^3,$$

где:

CO , H_2 , CH_4 — составляющие генераторного газа в процентах.

$V_{\text{г}}$ — выход газа из 1 кг рабочего топлива в м^3 при нормальных условиях.

$V_{\text{г}}$ определяется по формуле, вывод которой дан при рассмотрении материального баланса:

$$V_{\text{г}} = \frac{C^{\text{т}} - C_{\text{п}}^{\text{т}}}{0,536 (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4)} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

$H_{\text{раб}}$ — низшая теплотворная способность 1 кг топлива вычисляется по формуле Менделеева для древесины:

$$H_{\text{раб}} = 81 \cdot \text{C} + 246 \cdot \text{H} - 26 \cdot \text{O} - 6 \text{W} \text{ кал/кг.}$$

После подстановки в формулу $\eta_{\text{г}}$ газогенератора значений для $H_{\text{г}}$, $V_{\text{г}}$ и $H_{\text{раб}}$ в окончательном виде получается:

$$\eta_{\text{г}} = \frac{(C^{\text{т}} - C_{\text{п}}^{\text{т}}) \cdot (30,05 \text{CO} - 25,70 \text{H}_2 + 85 \cdot 10 \text{CH}_4)}{0,536 (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4) \cdot (81 \text{C} + 246 \text{H} - 26,0 - 6\text{W})}$$

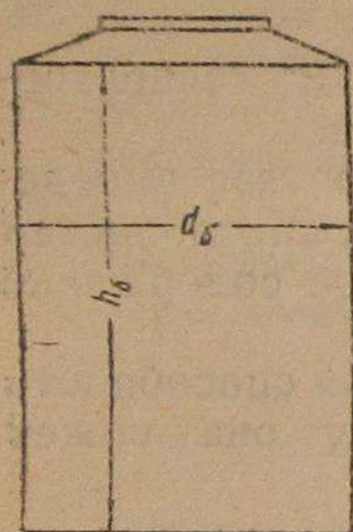
Численные значения $\eta_{\text{г}}$ для газогенераторов транспортного типа находятся в пределах:

$$0,70 - 0,80.$$

КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ БУНКЕРА.

Размеры бункера (рис. 82) рассчитываются из условия обеспечения непрерывной 1,5—2-часовой работы двигателя без загрузки топлива. Располагая данными, характеризующими двигатель, подсчитывают часовой расход рабочей смеси, отнесенный к 0°С и 760 мм рт. ст. по формуле:



$$V_{см} = 60 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot S \cdot \frac{i \cdot n}{2} \cdot \frac{273}{T_0} \cdot \frac{P_0}{760} \cdot \eta_v \text{ м}^3/\text{ч.},$$

где:

- d — диаметр цилиндра в метрах;
- S — ход поршня в метрах;
- i — число цилиндров;
- n — число оборотов двигателя в минуту;
- η_v — коэффициент подачи (коэффициент наполнения) двигателя при работе на генераторном газе, для данных внешних условий (давления P_0 и температуры T_0). Обычно η_v принимается равным 0,7—0,8.

T_0 и P_0 — абсолютная температура и давление в мм рт. ст. окружающей атмосферы.

Газовоздушная рабочая смесь состоит из генераторного газа, паров, содержащихся в генераторном газе, и воздуха. В случае газификации влажного топлива и наличия конденсата в системе охлаждения водяные пары насыщают генераторный газ. При работе на сухом древесноугольном топливе и отсутствии конденсата в охладителях количество влаги в газе равно:

$$\frac{W_{пар}}{18} \text{ кг-мол. на 100 кг-мол. газа (см. „Материальный баланс“).}$$

Объем водяных паров, поступающих в двигатель за час:

$$V_{пар} = \omega \cdot V_{газ} \text{ м}^3/\text{час.},$$

где:

- $V_{газ}$ — объем сухого генераторного газа, засасываемый двигателем в час;
- ω — коэффициент объемного содержания паров воды в генераторном газе.

Величина ω подсчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{P_s}{P - P_s},$$

где:

- P — давление генераторного газа перед входом в смеситель, обычно равное 0,93—0,98 кг/см²;
- P_s — давление пара, насыщающего генераторный газ при температуре t_s ; величина P_s берется из таблицы 16, составленной по Шюле.

Таблица 16

t_s	P_s кг/см ²	t_s	P_s кг/см ²	t_s	P_s кг/см ²	t_s	P_s кг/см ²
15	0,0174	35	0,0573	55	0,1602	75	0,3929
20	0,0238	40	0,0752	60	0,2028	80	0,4827
25	0,0323	45	0,0977	65	0,2547	85	0,5893
30	0,0433	50	0,1258	70	0,3175	—	—

Количество воздуха, содержащегося в паровоздушной смеси, засасываемой двигателем в час, может быть подсчитано по формуле:

$$V_{воз} = \alpha \cdot L_0 \cdot V_{газ} \text{ м}^3/\text{час.}$$

где:

- α — коэффициент избытка воздуха, обычно равный 1,1—1,2;
- L_0 — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ генераторного газа. Для подсчета L_0 служит формула:

$$L_0 = \frac{1}{21} \left\{ 0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 - \text{O}_2 \right\} \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где:

CO, H₂, CH₄, O₂ — компоненты генераторного газа, выраженные в процентах.

Следовательно, объем смеси влажного генераторного газа и воздуха, засасываемый двигателем за час, будет равен

$$V_{см} = V_{газ} + \omega \cdot V_{газ} + \alpha \cdot L_0 \cdot V_{газ} \text{ м}^3/\text{час.},$$

откуда:

$$V_{газ} = \frac{V_{см}}{1 + \omega + \alpha \cdot L_0} \text{ м}^3/\text{час.}$$

В материальном балансе был подсчитан выход из 1 кг топлива, который равнялся:

$$V_r = \frac{C^r - C_n^r}{0,536(CO_2 + CO + CH_4)} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$G_{\text{час}} = \frac{V_{\text{см}}}{(1 + \alpha \cdot L_0 + \omega) V_r} \text{ кг/час}.$$

Обозначая через Z время непрерывной работы двигателя на одной нагрузке и через G — насыпной вес 1 м³ топлива, определим объем бункера:

$$V_6 = \frac{Z \cdot G_{\text{час}}}{G} \text{ м}^3.$$

Значения G берутся из таблицы 17, составленной инж. Мезиным.

Таблица 17

Насыпные веса газогенераторного топлива.

Род топлива	Насыпной вес G кг/м ³	Влажность W в %	Приблизительные размеры в мм
Древесные чурки:			
Сосна.....	220	12%	40 × 50 × 50
Ель.....	230		
Береза.....	270		
Бук.....	275		
Дуб.....	290		
Антрацит.....	700		
Торф сухой.....	300—350		
Торф сырой.....	400—500		
Древесный уголь:			
Еловый.....	131	6,8%	
Сосновый.....	148		
Березовый.....	190		

Большинство автотракторных газогенераторов делается цилиндрической формы и поэтому выбор высоты и диаметра бункера проводится по формулам:

$$h_6 = 1,274 \frac{V_6}{d_6^2} \text{ м},$$

$$d_6 = 1,13 \sqrt{\frac{V_6}{h_6}} \text{ м},$$

где d_6 и h_6 — соответственно диаметр и высота бункера в метрах.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТОПЛИВНИКА.

На основе рассмотренной выше теории газификации Научно-исследовательским автомобильно-тракторным институтом был разработан следующий метод расчета топливника (рис. 83).

Расчет топливника по методу НАТИ.

Площадь сечения топливника на уровне воздушных фурм подсчитывается по формуле:

$$F = \frac{G_{\text{час}}}{R} \text{ м}^2,$$

где:

$G_{\text{час}}$ — часовой расход топлива в кг;

R — напряженность горения топлива (количество кг топлива, сгорающего в час на 1 м²) на уровне воздушных отверстий.

Практические величины напряженностей горения топлива для автотракторных газогенераторов указаны в таблице 18.

Таблица 18

Напряженность горения топлива на уровне подвода воздуха для автотракторных газогенераторов.

Род топлива	R кг/м ² час.
Дрова.....	700 — 1000
Древесный уголь.....	150 — 250

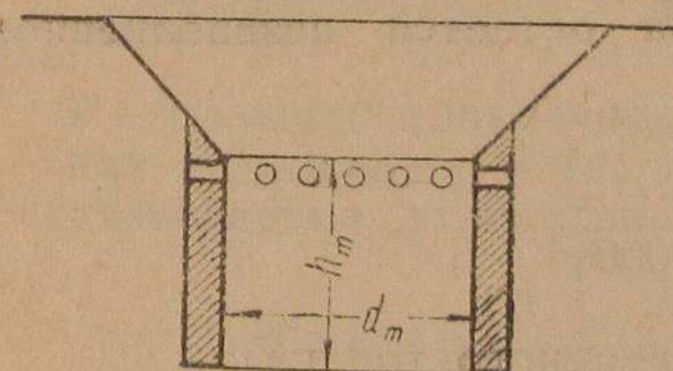


Рис. 83. Схема топливника.

Величина жаронапряженности выбирается с учетом беспрепятственного опускания топлива и с учетом создания высоких температур в топливнике для сжигания и разложения смол в случае работы на смолистых топливах (дрова, торф).

Большие значения жаронапряженности берутся для смолистого и влажного топлива.

Зная площадь сечения топливника и учитывая, что он в подавляющем большинстве случаев делается круглого сечения, диаметр его на уровне воздушных отверстий можно узнать из выражения:

$$d_r = 1,13 \sqrt{F} \text{ м}.$$

В зависимости от конструкции газогенератора топливники имеют цилиндрическую, коническую и диabloобразную форму. При газификации угля топливник обычно имеет цилиндрическую форму, а при газификации древесины и торфа — более сложную конфигурацию, суживаясь к концу или в середине и создавая тем самым условия для лучшего разложения продуктов сухой перегонки.

Скорость движения газов в топливнике на данной высоте его h определяется из выражения;

$$v = \frac{A+B}{\pi \rho} \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{a \operatorname{tg} \alpha - h} \right)^2 \text{ м/сек.},$$

где:

A и B — объемные количества газов, протекающих в секунду через сечение топливника на данной высоте h ;

A м³/сек. — объем газов, подлежащих восстановлению, а

B м³/сек. — объем газов инертных;

α — угол наклона образующей топливника;

a — радиус топливника в месте подачи воздуха, равный $\frac{d_r}{2}$ м;

h — высота сечения камеры в месте, для которого определяется скорость газов;

ρ — коэффициент, показывающий какая часть сечения топливника остается незаполненной топливом.

Он подсчитывается по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{G}{1000\gamma},$$

где:

G — насыпной вес газогенераторного топлива;

γ — удельный вес топлива.

Значения G приведены в таблице 17.

Для практических подсчетов величина $A+B$ с достаточной точностью может быть определена, как среднее арифметическое значение объемных количеств газов, протекающих через верхнее и нижнее сечения топливника. Сделав допущение, что вся окись углерода получается по реакции восстановления, можно считать, что в верхней части топливника объем углекислоты в составе проходящих через него газов по объему в два раза меньше объема окиси углерода, содержащейся в образовавшемся газе.

Тогда объем газов, протекающих через верхнее сечение топливника, равняется:

$$V' = V_{\text{газ}} \left(1 - \frac{\text{CO}}{200} \right) \text{ м}^3/\text{час.},$$

где:

$V_{\text{газ}}$ — часовой расход газа в м³, равный расходу газа в нижнем сечении топливника;

CO — процентное содержание окиси углерода в газе.

Среднее количество газов, протекающих через топливник в секунду, находится из выражения:

$$(A+B)_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{газ}} + V'}{2 \cdot 3600} \text{ м}^3/\text{сек.},$$

или

$$(A+B)_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{газ}} \left(1 - \frac{\text{CO}}{400} \right)}{3600} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При конструировании топливника сложной формы расчеты усложняются вычислением скоростей движения газов в различных его сечениях. Поэтому для упрощения расчета топливника допускается, что он имеет форму цилиндра с диаметром d_r .

Тогда средняя скорость движения газов в топливнике определяется из выражения:

$$V_{\text{ср}} = \frac{(A+B)_{\text{ср}}}{\rho \cdot F} \text{ м/сек.},$$

где:

F — площадь поперечного сечения топливника в м².

Как указывалось в теории газификации, время реакции восстановления углекислоты определяется по формуле:

$$k_1 \cdot t = \frac{2,3}{1+m} \lg \left(\frac{1}{m - \frac{1+m}{2} \cdot x} \right) + C,$$

где:

t — время восстановления углекислоты;

k_1 — константа скорости реакции, которая берется из таблицы 9;

m — концентрация углекислоты в начале реакции восстановления;

x — концентрация окиси углерода, восстановленной за время t ;

C — свободный член.

Величина C находится путем подстановки в формулу численных значений, соответствующих началу реакции.

Время, необходимое для восстановления CO_2 , имеющейся в генераторном газе, в CO , можно найти, задавшись концентрацией окиси углерода. Для определения времени вос-

становления CO_2 может быть применена сокращенная формула:

$$t = \frac{1}{k_1} \ln \left(\frac{a}{a-b} \right),$$

где:

k_1 — константа скорости реакции восстановления (берется по таблице 9);

a — количество углекислоты, подлежащей восстановлению;

b — количество молей восстановленной углекислоты.

Обе формулы дают приблизительно одинаковые результаты.

Время, необходимое для образования соответствующего количества окиси углерода, подсчитанное по вышеприведенным формулам, находится в пределах 0,6—1 секунды.

Зная скорость движения газов в топливнике и время, необходимое для восстановления углекислоты, из выражения:

$$h_r = v_{cp} \cdot t_m$$

можно определить высоту топливника.

Приведенный расчет высоты топливника дает вполне удовлетворительные результаты для газогенераторов с низкой напряженностью горения; в этом случае высота топливника обычно лежит в пределах 350—500 мм.

Для газогенераторов с высокой жаронапряженностью, в которых получают большие средние скорости движения газа, высота топливника, определенная по приведенной формуле, достигает нескольких метров, что является неосуществимым на практике.

Метод расчета газогенератора скоростного процесса газификации, в частности, расчет топливника предложен инж. Вознесенским *).

Если скорость движения газов в топливнике выше 0,6—0,7 м/сек., высота цилиндрического топливника может быть определена по формуле инж. Вознесенского:

$$h_r = \frac{\delta \cdot n}{D \cdot b \cdot F \cdot (C_0 - C) t \cdot 10^4} \text{ м,}$$

где:

δ — критическая толщина газовой пленки, равная 0,07 см;

D — коэффициент диффузии, равный 4,52 для температур +1100° С;

*) Вознесенский И. П. — Легкие газогенераторы. ОНТИ, 1938 г.

b — величина активной поверхности топлива в m^2 на $1 m^3$ насыпного топлива *);
 F — площадь сечения топливника в m^2 ;
 $(CO - C)$ — разность концентраций кислорода на границах газовой пленки, равная

$$\frac{6,02}{22,4 \cdot 5,04 \cdot 10^8};$$

t — время, необходимое для образования 100 кг-мол. газа, в сек. и равно $\frac{2240 \cdot 3600}{V_r \cdot G_r}$ сек. V_r — выход газа из 1 кг топлива, а G_r — расход топлива на 100 кг-мол. газа;

n — количество молей кислорода, необходимых для образования 100 кг-мол. генераторного газа, определяется по формуле:

$$n = 0,21 \cdot L_{100},$$

где:

L_{100} — количество воздуха, необходимое для получения 100 кг-мол. газа.

Таблица 19

№№ по пор.	Наименование	Размеры кусков			Объемн. вес (насып.) в кг $1 m^3$	Вес $1 m^3$ в кг	Вес одной чурки в кг	Число чурок в m^3 насыпном	Общая поверхность кусков топлива на насыпной m^3 в m^2
		см ²	поверхность в m^2	объем в m^3					
1	Чурки твердого дерева $W_{абс.} = 17\%$	5 × 6	0,0062	0,000030	285	610	0,0183	15 600	96,8
		5 × 20	0,0130	0,000100	290		0,0610	4 760	61,0
		8 × 20	0,0184	0,000160	300		0,0976	3 070	56,6
		8 × 28	0,0226	0,000224	345		0,1370	2 520	57,0
		16 × 20	0,0328	0,000360	360		0,2200	1 636	53,7
2	Чурки мягкого дерева $W_{абс.} = 17\%$	8 × 6	0,0092	0,00048	210	500	0,0240	8 750	80,5
		8 × 28	0,0226	0,000224	240		0,1120	2 140	48,4
		16 × 20	0,0328	0,000360	255		0,1800	1 413	46,4
3	Дрова дубовые	25 × 40	0,078	0,00100	572	760	0,7600	753	58,7
		50 × 50	0,160	0,00250	570		1,9000	300	48,0
		75 × 50	0,225	0,00375	562		2,850	197	44,3
		100 × 60	0,352	0,00600	553		4,560	121	42,7

*) Чем меньше топливо, тем больше его активная поверхность и тем меньше будет высота топливника. Данные для b приведены в таблице 19. Для топлива среднего размера (5 × 5 × 6 см) $b = 69 m^2/m^3$.

Величина L_{100} берется из материального баланса. Упрощенный вид формулы для определения высоты топливника газогенератора скоростного процесса будет:

$$H = 42 \cdot \frac{n}{F \cdot t} \text{ м.}$$

Высота топливника, подсчитанная для газогенератора скоростного процесса газификации, лежит в пределах 120—150 мм. Казалось бы, это давало возможность уменьшить размеры топливника, создавая более компактную установку. На самом же деле во всяком генераторе скоростного процесса газификации при малых нагрузках скорости газа в топливнике равны 0,1—0,3 м/сек., при которых генератор работает как обычно с восстановительным слоем.

Поэтому всякий транспортный газогенератор скоростного процесса газификации должен быть рассчитан и на работу с восстановительным слоем при малых нагрузках. Кроме того, в газогенераторах с малым восстановительным слоем не будут успевать полностью разлагаться продукты сухой перегонки. Высота топливника генератора скоростного процесса газификации обычно берется в пределах 300—400 мм.

РАСЧЕТ ВОЗДУШНЫХ ОТВЕРСТИЙ.

Количество воздуха, необходимое для газификации 1 кг топлива, определяется по формуле, выведенной в материальном балансе:

$$V_{1\text{кг}}^{\text{в}} = 22,4 \cdot \frac{100}{79} \cdot \frac{N_2^{\text{в}}}{G_{\text{т}}} \text{ м}^3/\text{кг топлива.}$$

Так как в генераторе в час газифицируется G кг/час топлива и поступающий в генератор воздух нагревается до температуры $t_{\text{в}}$, приведенный объем воздуха, засасываемый в топливник в час, будет:

$$V^{\text{в}} = V_{1\text{кг}}^{\text{в}} \cdot G_{\text{час}} \cdot \frac{273 + t_{\text{в}}}{273} \text{ м}^3/\text{час,}$$

где:

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха, входящего в топливник в °С,
 $G_{\text{час}}$ — определяется по формуле

$$G_{\text{час}} = \frac{V_{\text{см}}}{(1 + \alpha L_0 + \omega) V_{\text{т}}} \text{ кг/час.}$$

В формулу подсчета объема воздуха поправка на давление не вводится, так как давление у воздушных отверстий близко к атмосферному.

Способы подвода воздуха в топливник разнообразны и поэтому воздухоподводящие отверстия — (рис. 84) рассчитываются различно в зависимости от их формы. Скорости воздуха, входящего в топливник, обычно берутся в пределах 12—60 м/сек., но в некоторых конструкциях доходят до 90 м/сек.

Для газогенераторов с восстановительным слоем берутся меньшие скорости воздуха, а для газогенераторов скоростного процесса газификации — большие. Следует отметить, что при малых скоростях подвода воздуха при газификации древесины можно опасаться наличия низких температур в середине топливника, что неизбежно приводит к образованию газа, содержащего смолы.

Площадь сечения воздухоподводящих отверстий определяется по формуле

$$F_{\text{в}} = 2,78 \frac{V^{\text{в}}}{v_{\text{в}}} \text{ см}^2,$$

где:

$F_{\text{в}}$ — площадь сечения воздухоподводящих отверстий в см²;

$V^{\text{в}}$ — расход воздуха на газификацию в м³/час;

$v_{\text{в}}$ — скорость воздуха, входящего в топливник в м/сек.

В случае периферийно-фурменного подвода воздуха, диаметр одной фурмы находится из выражения

$$d_{\text{ф}} = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{в}}}{\pi \cdot n}} \text{ см.}$$

Число фурм n определяется конструктивными соображениями и может быть различно. В топливниках, газифицирующих древесину по скоростному процессу, количество фурм принимается равным 8—12.

В случае периферийно-щелевого подвода воздуха размеры воздушного отверстия могут быть получены из формулы:

$$F_{\text{в}} = a \cdot b \text{ см}^2,$$

где:

a — ширина воздушной щели в см;

b — высота воздушной щели в см.

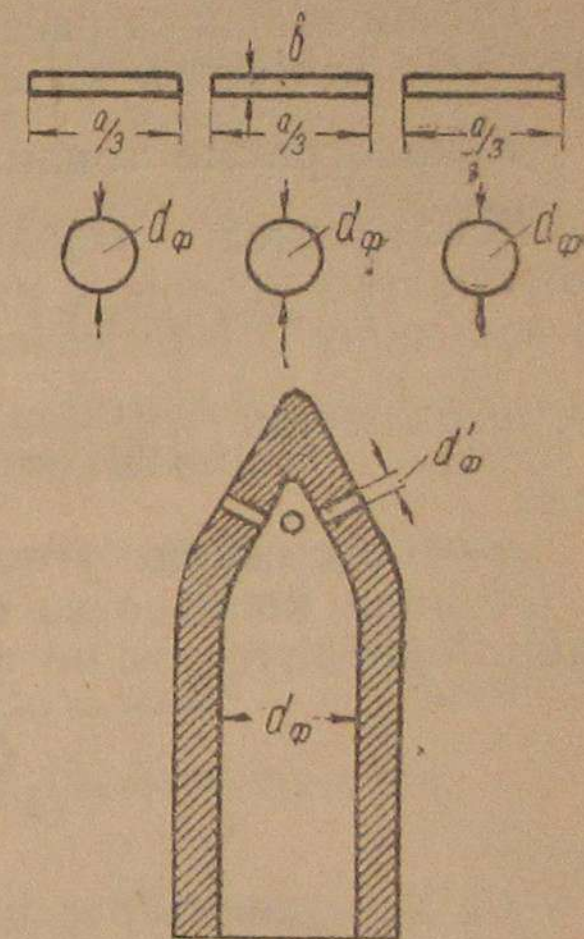


Рис. 84. Схема воздухоподводящих отверстий.

В случае центрально-фурменного подвода воздуха расчет основного воздухоподводящего отверстия производится по формуле:

$$d_{\phi} = 1,13 \sqrt{F_B} \text{ см.}$$

Расчет периферийных отверстий центральной фурмы производится по формуле расчета фурм периферийно-фурменного подвода воздуха.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОЛЬНИКА.

Объем зольника рассчитывается с учетом чистки его раз в сутки или раз в двое суток.

В килограмме топлива содержится $\frac{A^r}{100}$ кг золы, которая собирается в зольнике. Там же собирается и некоторое количество угольной мелочи. Количество этих остатков в зольнике с 1 кг газифицируемого топлива определяется из выражения: $\frac{A^r}{100(1-y)}$ кг,

где

y — содержание углерода в 1 кг остатков.

Общее количество остатков, накапливающихся в зольнике определяется по формуле:

$$\frac{A^r \cdot G_{\text{час}} \cdot t}{(1-y) \cdot \gamma_0 \cdot 10^3} \text{ м}^3,$$

где:

$G_{\text{час}}$ — часовой расход топлива в кг;

A^r — процентное содержание золы в топливе;

t — время между чистками зольника в часах;

y — содержание углерода в 1 кг остатков в кг;

γ_0 — удельный вес остатков.

Удельный вес остатков подсчитывается по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{1}{y \left(\frac{1}{\gamma_y} - \frac{1}{\gamma_z} \right) + \frac{1}{\gamma_z}},$$

где:

γ_y — удельный вес угольной пыли, обычно принимаемый равным $\gamma_y = 1,5$;

γ_z — удельный вес золы, равный 0,3;

y — содержание углерода в 1 кг очаговых остатков:

для дров $y = 0,17$ кг;

для древесного угля $y = 0,20$ кг;

для каменного угля $y = 0,20 - 0,30$ кг;

для торфяного кокса $y = 0,4$ кг.

Объем зольника выбирается с запасом на 30% — 50% и определяется по формуле:

$$V_{\text{зол}} = \frac{1,3 \cdot A^r \cdot G_{\text{час}} \cdot t}{(1-y) \cdot \gamma_0 \cdot 10^3} \text{ м}^3.$$

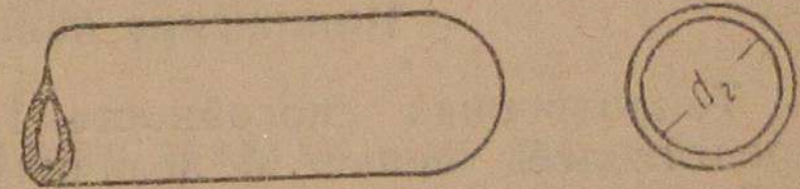
Зная объем зольника и принимая его диаметр равным диаметру бункера газогенератора, находим высоту зольника из выражения:

$$h_{\text{зол}} = 1,27 \frac{V_{\text{зол}}}{d_0^2} \text{ м.}$$

Конструировать газогенераторы с зольниками больших размеров не рекомендуется, так как в этом случае увеличивается пространство, имеющее температуру $+700 - +600^\circ \text{C}$, при которой протекает реакция распада окиси углерода.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГАЗОПРОВОДА.

Размеры газопроводов (рис. 85) выбираются с учетом минимального торможения в них проходящего газового потока. Через любой участок газогенераторной установки в час проходит:



$$V'_{\text{газ}} = V_{\text{газ}} \frac{273+t}{273} \text{ м}^3/\text{час},$$

Рис. 85. Схема газопровода.

где:

$V_{\text{газ}}$ — часовой расход газа при температуре 0°C и 760 мм рт. ст.

$V'_{\text{газ}}$ — действительный часовой расход газа, проходящего по выбранному участку газопровода, при температуре $t^\circ \text{C}$.

Поправка на изменение давления в виду ее незначительной величины не вводится.

Для простоты изготовления и монтажа газопроводы делаются круглого сечения. Диаметр газопровода определяется по формуле:

$$d_r = 0,114 \sqrt{\frac{(273+t) \cdot V'_{\text{газ}}}{v_r}} \text{ см},$$

где v_r — скорость газа м/сек.

Для уменьшения сопротивления движению газа следует выбирать меньшие значения v_r , но в этом случае получаются большие диаметры газопроводов.

Практикой установлено, что наиболее приемлемой скоростью газа в газопроводе, не дающей больших потерь на всасывание, следует считать 10—20 м/сек.

ПАДЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ, И МЕРОПРИЯТИЯ, КОМПЕНСИРУЮЩИЕ ЭТО ПАДЕНИЕ.

ПРИЧИНЫ ПАДЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ.

При переводе бензинового двигателя на питание генераторным газом неизбежно понижение его мощности.

Причинами, вызывающими это явление, служат следующие:

- а) понижение калорийности 1 м³ газовой смеси по сравнению с бензиновой;
- б) уменьшение коэффициента подачи;
- в) сокращение объема продуктов сгорания газовой смеси против поступившего объема свежей смеси;
- г) падение механического коэффициента полезного действия.

Понижение калорийности.

Теплотворная способность 1 м³ газовой смеси представляет меньшую величину, чем теплотворная способность 1 м³ бензино-воздушной смеси, и тесно связана с влажностью топлива. Теплотворная способность смеси может быть подсчитана по формуле:

$$H''_{см} = \frac{H_r}{1 + \alpha L_0},$$

где:

$H''_{см}$ — теплотворная способность 1 м³ смеси в калориях при 0°С и 760 мм рт. ст.;

H_r — низшая теплотворная способность 1 м³ генераторного газа в калориях, определенная по формуле

$$H_r = 30,5 CO + 25,7 H_2 + 85,1 CH_4 \text{ кал.}$$

где:

CO, H₂ и CH₄ — содержание компонентов генераторного газа в % (значения теплотворных способностей отдельных газообразных составляющих взяты из табл. 14). В том случае, если в газе содержатся тяжелые углеводороды (C_nH_m), в формуле теплотворной способности следует добавить член

$$(+142 \cdot C_n H_m),$$

в котором
 C_nH_m — % содержания в газе тяжелых углеводородов;
 α — коэффициент избытка воздуха (для газогенераторных двигателей примерно равняется 1,1—1,25);
 L₀ — теоретически необходимое количество м³ воздуха для сжигания 1 м³ генераторного газа, определяется из формулы:

$$L_0 = \frac{0,5(CO + H_2) + 2CH_4}{0,21} \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Если в газе содержатся тяжелые углеводороды (C_nH_m), то в числителе формулы теоретически необходимого количества воздуха следует добавить член (+3C_nH_m).

Вышеприведенная формула для определения теплотворной способности газовой смеси справедлива для температуры в 0°С и давления 760 мм рт. ст. Чтобы получить теплотворную способность 1 м³ газовой смеси при существующих атмосферных условиях (давление P₀ и температура T₀), следует пользоваться формулой:

$$H'_{см} = \frac{273}{760} \cdot \frac{P_0}{T_0} H''_{см},$$

где:

P₀ — давление окружающего воздуха в мм рт. ст.;

T₀ — абсолютная температура окружающего воздуха.

На теплотворную способность газовой смеси оказывают существенное влияние водяные пары, насыщающие газ. Калорийность 1 м³ смеси при данной температуре и давлении с поправкой на влажность газа может быть определена по формуле:

$$H_{см} = \frac{273 \cdot P_0}{760 \cdot T_0} \cdot \frac{H_r (1 - x)}{1 + \alpha L_0 (1 - x)} \text{ кал.},$$

где:

x — паросодержание газа в долях объема при заданных температуре газа перед смесителем и давлении перед смесителем (берется из таблицы 20).

Приведенная таблица дает парциальные объемы пара, насыщающего газ, но при работе на влажном топливе в газе может дополнительно содержаться вода в виде взвешенных частиц, которая, попадая в двигатель, снижает тепловой эффект рабочей смеси и отрицательно влияет на мощность двигателя; поэтому рекомендуется для газогенераторов брать топливо с влажностью не более 25%.

Подсчет теплотворной способности газовой смеси, произведенный по вышеуказанной формуле, определяет ее величину, близкую к 500 кал/м³.

Насыщение паром генераторного газа.

Температура в °С	Давление насыще- ния в кг/см ²	Парциальный объем пара в газе при $P=0,9$ кг/см ² м ³ /м ³	Парциальный объем пара в газе при $P=0,95$ кг/см ² м ³ /м ³
25	0,0323	0,0359	0,0340
30	0,0433	0,0482	0,0456
35	0,0573	0,0637	0,0603
40	0,0753	0,0836	0,0791
45	0,0997	0,1074	0,1028
50	0,1258	0,1398	0,1324

Уменьшение коэффициента подачи.

Коэффициент подачи или наполнения цилиндров двигателя, представляющий собой отношение веса поступившей рабочей смеси к весу смеси при давлении и температуре окружающего воздуха, взятой в объеме рабочей части цилиндра, может быть определен по формуле:

$$\eta_v = \frac{G_n}{G_0},$$

где:

G_n — вес поступившей смеси;

G_0 — вес смеси в объеме рабочей части цилиндра при температуре и давлении окружающего воздуха (T_0, P_0).

Так как в конце такта всасывания в цилиндре двигателя находится, кроме поступившей смеси, еще некоторый объем остаточных газов G_{oc} , занимающих объем камеры сжатия, общий вес смеси, находящейся в цилиндре двигателя будет равен:

$$G_a = G_n + G_{oc},$$

или

$$G_a = \eta_v G_0 + G_{oc}.$$

Принимая во внимание, что для каждого состояния газов имеет место уравнение

$$PV = GRT,$$

имеем

$$G = \frac{PV}{RT}.$$

Введя обозначения:

P_a — давление в конце такта всасывания;

P_0 — давление окружающего воздуха;

P_{oc} — давление остаточных газов;

T_a — абсолютная температура в конце всасывания;

T_0 — абсолютная температура окружающего воздуха;

T_{oc} — абсолютная температура остаточных газов;

V_p — рабочий объем цилиндра;

V_c — объем камеры сжатия;

$V_{ц}$ — полный объем цилиндра равный $V_p + V_c$ и подставляя данные в уравнение $G_a = \eta_v G_0 + G_{oc}$, находим

$$\frac{P_a \cdot V_{ц}}{R_a \cdot T_a} = \frac{P_0 V_p}{R_0 \cdot T_0} \cdot \eta_v + \frac{P_{oc} \cdot V_c}{R_{oc} \cdot T_{oc}}.$$

Принимая газовые постоянные равными между собой и учитывая, что:

$$\frac{V_{ц}}{V_c} = \frac{V_p + V_c}{V_c} = \varepsilon,$$

получаем формулу для подсчета коэффициента подачи:

$$\eta_v = \left(\varepsilon \frac{P_a}{T_a} - \frac{P_{oc}}{T_{oc}} \right) \frac{T_0}{(\varepsilon - 1) P_0}.$$

Как видно из формулы, коэффициент подачи зависит от давления и температуры конца всасывания, от давления и температуры остаточных газов и степени сжатия.

Давление всасывания всегда меньше атмосферного и зависит от суммы сопротивлений газогенераторной установки в целом, т. е.

$$P_a = P_0 - (P_{ген} + P_{очист} + P_{труб} + P_{смес} + др.).$$

Суммарное сопротивление транспортных газогенераторных установок по данным НАТИ и ЛТА, колеблется в пределах 0,10—0,15 кг/см².

Температура конца всасывания T_a может быть подсчитана по формуле:

$$T_a = \frac{T'_{см} + \gamma T_{oc}}{1 + \gamma},$$

где:

$T'_{см}$ — температура смеси в цилиндре с учетом подогрева от стенок цилиндра. Обычно подогрев, вследствие короткого времени контакта смеси со стенками цилиндра, равняется 6—12° С.

$$T'_{см} = T_{см} + (+6^\circ \dots + 12^\circ \text{С});$$

T_{oc} — температура остаточных газов колеблется в пределах $+700^{\circ} — +900^{\circ}C$, причем меньшая температура соответствует степени сжатия $\epsilon \approx 4,5$, а большая $\epsilon \approx 10$;

γ — коэффициент остаточных газов (отношение остаточных газов к новому заряду) может быть определен из выражения:

$$\gamma = \frac{T_{см} \cdot P_{oc}}{T_{oc} \cdot (P_{аз} - P_{oc})}$$

Для газогенераторных двигателей давление остаточных газов может быть принято равным в пределах $1,08 — 1,1 \text{ кг/см}^2$.

Температура смеси может быть определена по формуле:

$$T_{см} = \frac{M_{г} \cdot C_{p}^{г} \cdot T_{г} + M_{в} \cdot C_{p}^{в} \cdot T_{в}}{M_{г} \cdot C_{p}^{г} + M_{в} \cdot C_{p}^{в}}$$

где:

$M_{г}$ и $M_{в}$ — количество кг-мол. засасываемого в двигатель в час газа и воздуха;

$C_{p}^{г}$ и $C_{p}^{в}$ — молекулярные теплоемкости газа и воздуха при постоянном давлении;

$T_{г}$ и $T_{в}$ — абсолютные температуры газа и воздуха.

Для подсчета температуры смеси существует еще другая приближенная формула:

$$T_{см} = \frac{T_{г} (1 + \alpha L_0)}{1 + \frac{T_{г} \cdot \alpha \cdot L_0}{290}}$$

где:

$T_{г}$ — температура газа;

α — коэффициент избытка воздуха;

L_0 — теоретически необходимое количество м^3 воздуха для сжигания 1 м^3 газа.

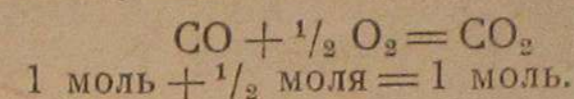
Из изложенного видно, что повышение температуры газа приводит к повышению температуры смеси и калорийность смеси падает обратно пропорционально увеличению температуры смеси. Влияние температуры газа на мощность двигателя характеризуется кривой (рис. 86). Коэффициент подачи, подсчитанный по вышеприведенной формуле, для газовых двигателей лежит в пределах $0,7 — 0,8$.

Сокращение объема продуктов сгорания.

При сгорании окиси углерода, водорода и углеводородов происходит изменение объема продуктов сгорания по

сравнению с объемом горючей смеси до сгорания. Это положение подтверждается следующим примером.

Пример. Один моль окиси углерода, соединясь с половиной моля кислорода, дает один моль углекислоты



Учитывая, что кислород для горения берется из воздуха, количество воздуха, участвующего в реакции, будет:

$$\frac{0,5}{2 \cdot 0,21} \text{ моль}$$

или для примера

$$\frac{0,5}{0,21} \text{ моль.}$$

Таким образом количество веществ, вступивших в реакцию горения, будет:

$$1 + \frac{0,5}{0,21},$$

а количество образовавшихся после их сгорания:

$$1 + \frac{0,5}{0,21} \cdot 0,79,$$

т. е. происходит уменьшение объема на величину, равную количеству кислорода, участвующего в реакции.

Отношение количества продуктов сгорания (в молях) к количеству нового заряда рабочей смеси называется химическим коэффициентом молекулярного изменения, обозначаемым ρ_0 .

Для разобранный примера

$$\rho_0 = \frac{1 + \frac{0,5}{0,21} \cdot 0,79}{1 + \frac{0,5}{0,21}} = 0,852.$$

В общем виде коэффициент химического молекулярного изменения определяется по формуле:

$$\rho_0 = 1 - \frac{\Delta M}{1 + \alpha L_0},$$

где:

ΔM — уменьшение объема продуктов сгорания в кг-мол. на 1 кг-мол. свежей рабочей смеси.

Для генераторного газа

$$\Delta M = \frac{\text{H}_2 + \text{CO}}{200} \text{ кг-мол.,}$$

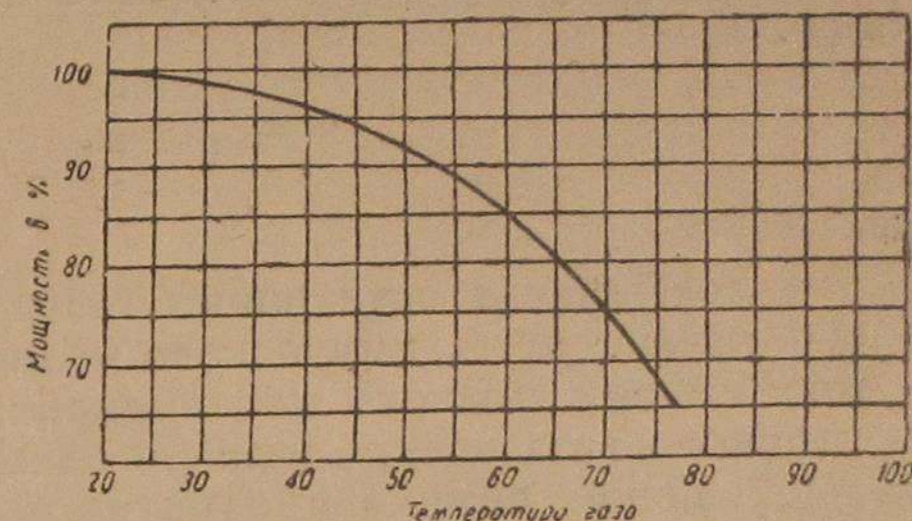


Рис. 86. Влияние температуры газа на мощность двигателя.

где:

H_2 и CO — процентное содержание водорода и окиси углерода в газе;

α — коэффициент избытка воздуха;

L_0 — теоретически необходимое количество воздуха в кг-мол. на 1 кг-мол. газа или в m^3 на 1 m^3 газа.

Так как в процессе сгорания принимают участие остаточные газы, заполняющие камеру сгорания, коэффициент полного молекулярного изменения определяется по уравнению:

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma}{1 + \gamma},$$

где:

γ — коэффициент остаточных газов (см. выше);

μ_0 — коэффициент химического молекулярного изменения.

Коэффициент полного молекулярного изменения для генераторного газа всегда меньше единицы.

Уменьшение объема продуктов сгорания отрицательно влияет на величину среднего индикаторного давления. Для подсчета среднего индикаторного давления может служить формула:

$$p_i = \varphi \frac{P_c}{\epsilon - 1} \left\{ \mu \frac{T_z}{T_c} \cdot \frac{1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}}}{n_2 - 1} - \frac{1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}}}{n_1 - 1} \right\} \text{ кг/см}^2,$$

где:

φ — коэффициент полноты диаграммы для газовых двигателей, равный 0,94—0,95;

ϵ — степень сжатия;

μ — коэффициент полного молекулярного изменения;

n_1 — показатель политропы сжатия $\cong 1,33$;

n_2 — показатель политропы расширения $\cong 1,30^*$);

P_c и T_c — давление и температура конца сжатия, определяемые по формулам:

$$T_c = T_a \epsilon^{n_1 - 1},$$

$$P_c = P_a \epsilon^{n_1};$$

P_a и T_a — давление и температура конца всасывания;

T_z — температура вспышки, определяемая из уравнения сгорания (см. Мазинг „Тепловой процесс двигателей внутреннего сгорания“).

*) Для более точного определения n_1, n_2 могут служить формулы, введенные проф. Мазингом в книге „Тепловой процесс двигателей внутреннего сгорания“.

Следует отметить, что уменьшение коэффициента молекулярного изменения приводит к понижению мощности до 10%.

Падение механического коэффициента полезного действия.

Механический коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение полезной мощности, получаемой на коленчатом вале, к индикаторной мощности, получаемой в цилиндре, может быть определен из выражения:

$$\eta_r = \frac{N_e}{N_i}$$

или

$$\eta_r = \frac{N_i - N_r}{N_i},$$

где:

N_i — индикаторная мощность;

N_r — мощность, расходуемая на трение частей двигателя.

Для двигателей внутреннего сгорания действительный механический коэффициент полезного действия может иметь

значительные отклонения в ту и другую сторону от определенного по вышеприведенной формуле (см. „Z. V. d.“ 1.1908. S. 997), но по данным проф. Дуббеля (рис. 87) работа трения слабо меняется с изменением нагрузки, а в основном зависит от конструкции двигателя, числа оборотов и температуры охлаждающей воды.

Поэтому приближенно можно считать, что мощность, расходуемая на трение, у двигателей, переведенных с бензина на генераторный газ, остается та же, какая была при работе на бензине, но так как индикаторная мощность двигателя снижается, то величина механического коэффициента полезного действия падает и для газовых двигателей находится в пределах 0,78—0,85.

Все разобранные факторы вызывают падение мощности у двигателей, переводимых с бензина на генераторный газ.

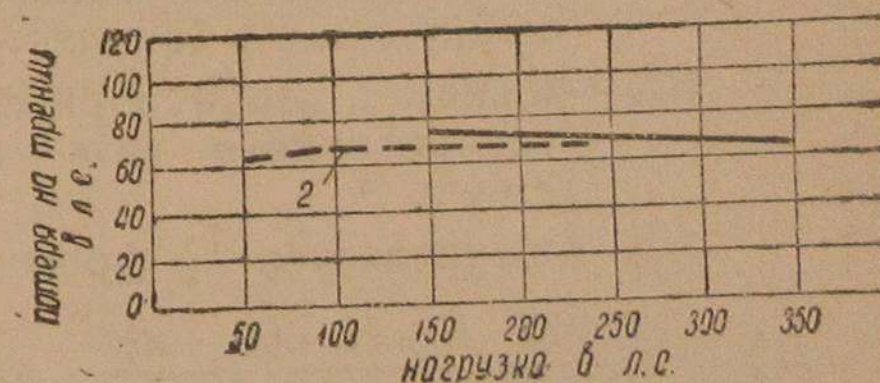


Рис. 87. Потери на трение при различных нагрузках. 1 — 300 л. с. двухцилиндровый двигатель Гульднера. 2 — 200 л. с. трехцилиндровый двигатель Зульцера.

Для точного определения падения мощности следует производить вычисление среднего индикаторного давления P_i , затем, уменьшая его на величину вентиляционных потерь ΔP , примерно равную $0,1-0,2 \text{ кг/см}^2$, и по формуле

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_s \cdot i \cdot n}{900} \text{ л. с.}$$

определять индикаторную мощность.

P_i — среднее индикаторное давление с учетом вентиляционных потерь (потерь на всасывание и выхлоп) $P'_i = P_i - \Delta P$;

V_s — рабочий объем каждого цилиндра;

i — число цилиндров двигателя;

n — число оборотов, развиваемых двигателем в минуту.

Для примерной оценки падения мощности при переводе двигателя на генераторный газ может служить формула:

$$\frac{N_e^r}{N_e^b} = \frac{H_{см}^r}{H_{см}^b} \cdot \frac{\eta_v^r}{\eta_v^b} \cdot \frac{\eta_{г}^r}{\eta_{г}^b},$$

где:

$\frac{N_e^r}{N_e^b}$ — отношение эффективной мощности двигателя на генераторном газе к эффективной мощности на бензине,

$H_{см}^r$ и $H_{см}^b$ — низшие теплотворные способности смеси генераторного газа и бензино-воздушной смеси.

$H_{см}^r$ — вычисляется по формуле:

$$H_{см}^r = \frac{273 \cdot P_0 \cdot H_{г} \cdot (1-x)}{760 \cdot T_0 \cdot \{1 + \alpha L_0 (1-x)\}} \text{ кал/м}^3;$$

а $H_{см}^b$ примерно равно $800-820 \text{ кал/м}^3$.

Для условий 0° и 760 мм рт. ст. $H_{см}^b \cong 880-890 \text{ кал/м}^3$.

$\frac{\eta_v^r}{\eta_v^b}$ — отношение коэффициентов подачи при работе на газе

и бензине определяется по формуле:

$$\frac{\eta_v^r}{\eta_v^b} = \frac{P_a^r}{P_a^b} \sqrt{\frac{T_a^b}{T_a^r}},$$

где:

P_a^r и T_a^r — давление и температура всасывания при работе на газе,

P_a^b и T_a^b — давление и температура всасывания при работе на бензине,

$\frac{\eta_{г}^r}{\eta_{г}^b}$ — отношение механических коэффициентов полезного действия при работе на газе и бензине. Величина эта обычно колеблется в пределах $0,75-0,9$, меньшая величина относится к случаю большей потери мощности, а большая — к случаю меньшей потери мощности.

На основании опытных данных и теоретических подсчетов падение мощности, имеющее место в практике, при переводе двигателя на газ достигает $50-45\%$. Для иллю-

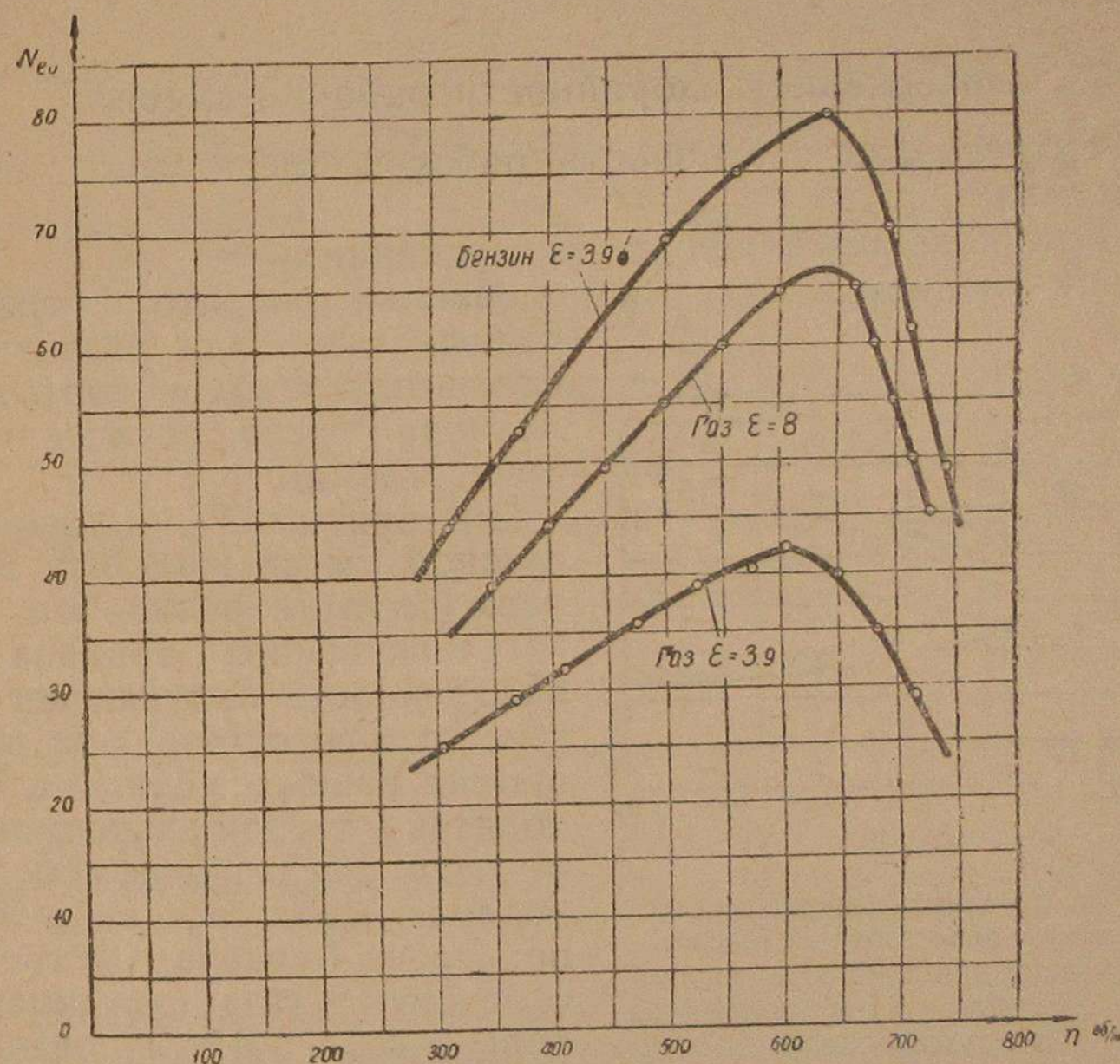


Рис. 88. Внешние характеристики двигателя трактора ЧТЗ Сталинец-60, полученные на лигроине и генераторном газе.

страции на рис. 88 приводятся внешние характеристики двигателя ЧТЗ при работе на жидком топливе и генераторном газе. Испытания двигателя ЧТЗ производились авторами в Лесотехнической академии им. С. М. Кирова.

МЕРОПРИЯТИЯ, КОМПЕНСИРУЮЩИЕ ПАДЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ.

Падение мощности двигателя при переводе его с бензина на генераторный газ существенно ухудшает динамику

тягача и в некоторых случаях приводит к такому явлению, что машина без нагрузки с трудом передвигается на последней передаче. Повышение мощности газовых двигателей может производиться путем осуществления целого ряда мероприятий, наиболее важными из которых являются следующие:

- 1) повышение калорийности рабочей смеси;
- 2) увеличение коэффициента подачи;
- 3) увеличение литража двигателя;
- 4) увеличение термического коэффициента полезного действия.

Повышение калорийности рабочей смеси.

Теплотворная способность рабочей смеси может быть повышена:

- а) улучшением процесса газификации,
- б) введением в зону восстановления генератора отработанных газов или различных сложных углеводородов (отработанное масло, остатки нефтеперегонки),

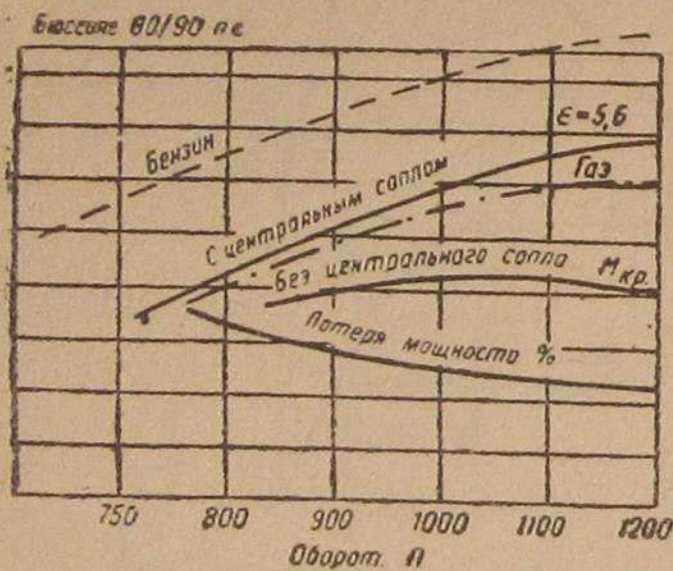


Рис. 89. Внешняя характеристика двигателя автомобиля Бюссинг, полученная при работе с различными способами подвода воздуха в газогенератор.

следующие результаты (см. ниже табл. 21): при полном подогреве бункера получается более калорийный газ и мощ-



Рис. 90. Различные формы воздушных фурм.

ность двигателя увеличивается на 13% (без подогрева бункера двигатель ГАЗ развивал 27,2 л. с., а с подогревом 30,8 л. с.). С подогревом поступающего в генератор воз-

духа качество газа также улучшается. Испытания газогенератора *Имберт*, проведенные в Германии, указывают на повышение калорийности газа при комбинированном подводе воздуха (периферийно-фурменного и центрально-фурменного). Это положение достаточно ярко иллюстрируется на рис. 89.

Работы инж. С. И. Мезина по исследованию влияния формы воздушных фурм на процесс газификации дают возможность установить, что фурмы типа насадки Вентури (рис. 90) являются наиболее рациональными.

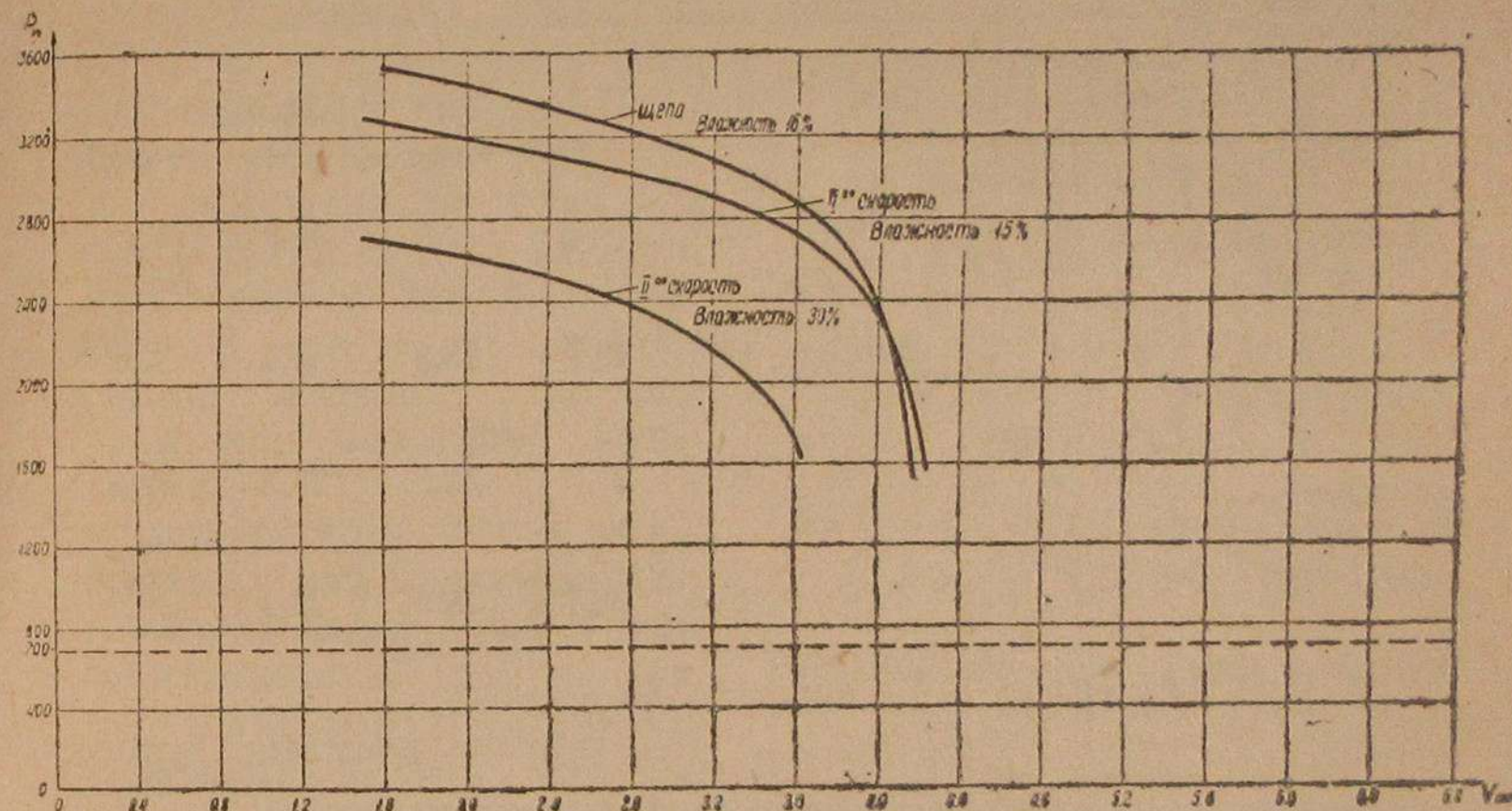


Рис. 91. Тяговая характеристика трактора ЧТЗ Сталинец-60 с газогенераторной установкой *Автодор-1*, полученная при работе на чурках и на щепе при нормальной степени сжатия.

Испытания газогенераторного трактора ЧТЗ-60, проведенные авторами на кафедре тяговых машин ЛТА им. Кирова, под руководством проф. Е. А. Флорова, с очевидностью доказывают, что газ, получающийся из мелкого топлива (щепы), оказывается более высококалорийным. На рис. 91 приведены тяговые характеристики трактора ЧТЗ-60 на II передаче при работе на древесных чурках и щепе.

Проф. Карповым в лаборатории тепловых двигателей ВТА были проделаны опыты над получением более калорийного газа путем подачи в зону горения отработанных газов двигателя. Результаты исследований показывают, что получающийся генераторный газ имеет теплотворную способность на 100 кал. выше обычного газа.

Там же были проделаны опыты над подачей в восстановительную зону сложных углеводородов, причем качество

генераторного газа в этом случае резко повышалось. В виду важности указанной проблемы желательно дальнейшее всестороннее изучение этого вопроса.

Таблица 21

Бункер	Воздух	об/мин n	л. с. N_e^b	л. с. N_e^r	Потери мощности в %	л. с. $N_e^{r'}$	Потери от макс. мощн. в %
Полный подогрев	Без подогрева . .	2100	40,3	30,8	23,5	33,8	16,1
	С подогревом . . .	2100	40,3	31,3	22,3	33,6	16,1
Частичный подогрев	Без подогрева . .	2100	40,3	29,2	27,5	30,8	23,5
	С подогревом . . .	2100	40,3	29,7	25,8	31,4	22,1
Без подогрева	Без подогрева . .	2100	40,3	27,2	32,5	27,2	32,5
	С подогревом . . .	2100	40,3	28,4	29,5	28,4	29,5

Примечание. N_e^b — мощность на бензине;
 N_e^r — " " " газе при длительной работе;
 $N_e^{r'}$ — максимальная мощность на газе.

Таблица 22

Характер рабочей смеси	Обороты двигателя	Степень сжатия	Процент падения мощности по сравнению с бензиновой	Примечание
Газовоздушная	1100	4,02	-35,1%	Повышение мощности
Газовоздушная	"	5,75	-15,8%	
Газовоздушная	"	8,29	-5,6%	
Газоспиртовоздуш.	"	4,02	-12,8%	
Газоспиртовоздуш.	"	5,75	+13,8%	
Газоспиртовоздуш.	"	8,29	+22,0%	

Присадка или карбюрирование жидкого топлива с генераторным газом дает возможность резко увеличить

мощность. На рис. 92 приведены внешние характеристики двигателя при степени сжатия $\epsilon = 4,02$ при работе на газе N_e , на газе со спиртом N_e' и на бензине N_e'' . С увеличением степени сжатия потеря мощности еще более уменьшается, что видно из таблицы 22.

В НАТИ были проведены детальные исследования присадки бензина к генераторному газу, получаемому из генераторной установки НАТИ-10, смонтированной на автомобиле ЗИС-5. На двигателе была установлена другая головка, обеспечивающая степень сжатия $\epsilon = 7,3$. На газе двигатель при $n = 2400$ об/мин. развивал 47 л. с. С присадкой 65% бензина (15,8 кг/час.) мощность двигателя при тех же оборотах поднималась до 77,5 л. с. против 72,5 л. с. на бензине, но было замечено, что в случае присадки бензина больше 11 кг/час возможна детонация.

Кроме того, было установлено, что бензин можно заменять керосином. В эксплуатационной работе присадка жидкого топлива необходима только при тяжелых условиях работы машины (подъем), а в остальное время двигатель может работать на газе.

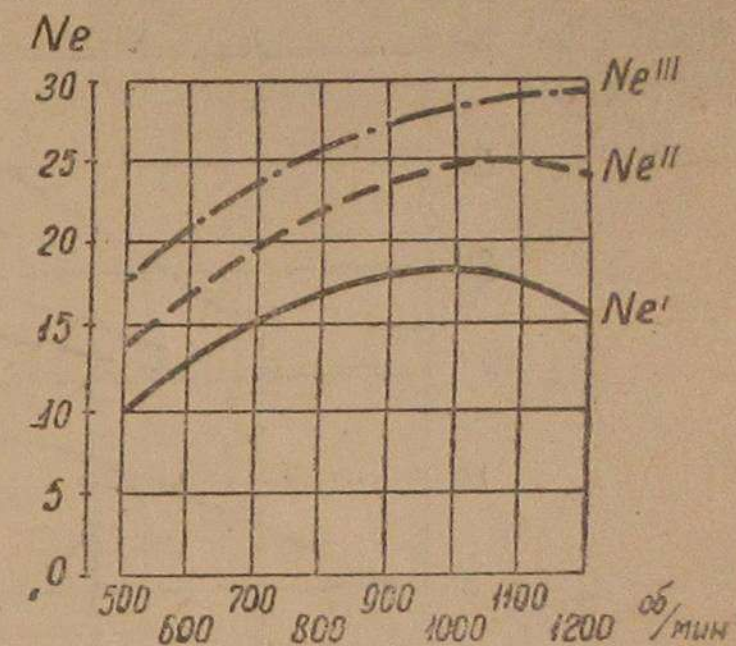


Рис. 92. Внешние характеристики двигателя на различном топливе.

Увеличение коэффициента подачи.

Коэффициент подачи может быть повышен за счет:

- понижения температуры смеси,
- уменьшения сопротивления газогенераторной установки,
- увеличения времени открытия и высоты подъема клапанов,
- наддува газовоздушной смеси при помощи компрессора.

Для снижения температуры поступающего в смеситель генераторного газа рекомендуется устанавливать охладители с большой поверхностью и помещать охладители перед радиатором двигателя, обеспечивая интенсивное обдувание его за счет работы вентилятора системы охлаждения.

Обязательным условием для газогенераторных двигателей следует считать отделение всасывающего коллектора от

выхлопного и устранение подогрева. Газовые каналы всасывающего коллектора должны иметь достаточные сечения и должны быть выполнены без резких перегибов (указанное мероприятие уменьшает сопротивление проходящей газоздушной смеси). Общее сопротивление генераторной установки в основном зависит от сопротивления газогенератора и очистителя. При проектировании генераторов следует учитывать, что увеличение скорости поступающего в генератор воздуха и увеличение жаронапря-

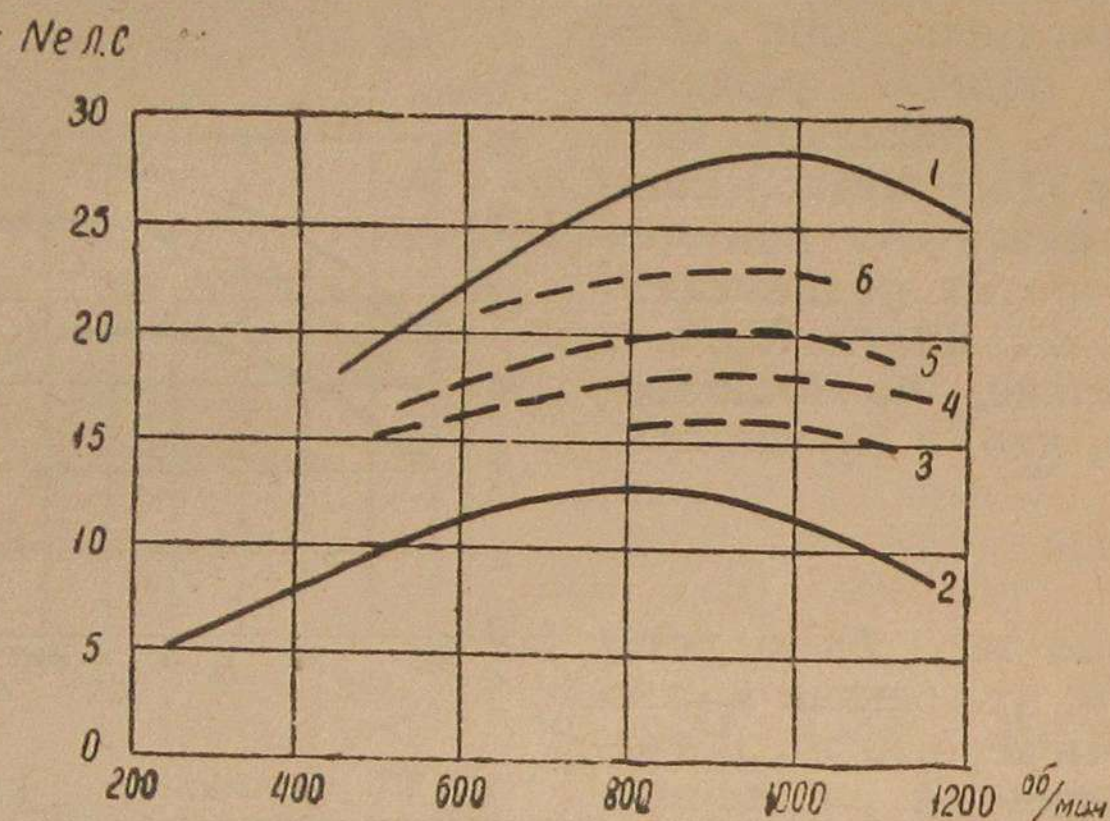


Рис. 93. Внешние характеристики двигателя Икегай 30 л. с., полученные на бензине и газе при различных величинах наддува.

1. Характеристика двигателя на бензине, дроссель полный.
 2. " " на газе " " без наддува.
 3. " " " " при наддуве $P_n = 0,1$ атм.
 4. " " " " " " $P_n = 0,2$ "
 5. " " " " " " $P_n = 0,3$ "
 6. " " " " " " $P_n = 0,4$ "
- Мощность при наддуве $N_n = N_e - N_k$.

женности вызывают повышенные сопротивления и уменьшают коэффициент подачи. Также установка фильтров с большим сопротивлением (материя, вода, масло), через которые проходит газ, уменьшает наполнение двигателя. С целью обеспечить большее время поступления газоздушной смеси в цилиндры двигателей и минимальное ее торможение изменяют кулачковый валик для двигателей с боковым нижним расположением клапанов и изменяют плечи клапанных коромысел для двигателей с верхним расположением клапанов. Указанное мероприятие повышает мощность двигателя до $\sim 5\%$. Довольно эффективной мерой для повышения мощности газового двигателя является наддув —

нагнетание рабочей смеси в цилиндры двигателя при помощи компрессора. Опыты по применению наддува были проведены в ВНИДИ. На основании полученных данных построены графики (рис. 93). Кривые представляют свободную эффективную мощность двигателя за вычетом мощности, идущей на компрессор.

На рис. 94 представлены данные, полученные там же. Линия *a* представляет собой мощность на бензине при $\epsilon = 3,8$. Линия *b* — мощность брутто на газе с наддувом, при тех же параметрах, *d* — мощность, затрачиваемая на компрессор, *c* — свободная мощность двигателя.

Из рис. 94 видно, что при избыточном давлении наддува в $0,67 \text{ кг/см}^2$ или $1,67 \text{ кг/см}^2$ абсолютных, двигатель развивает свободную мощность, равную бензиновой, но при этом на компрессор затрачивается около 40% нормальной мощности. Это положение указывает на нецелесообразность применения одного наддува; обычно рекомендуется наддув сочетать с увеличением степени сжатия, причем при выборе степени сжатия и давления компрессора следует учитывать максимально допустимое давление в цилиндре.

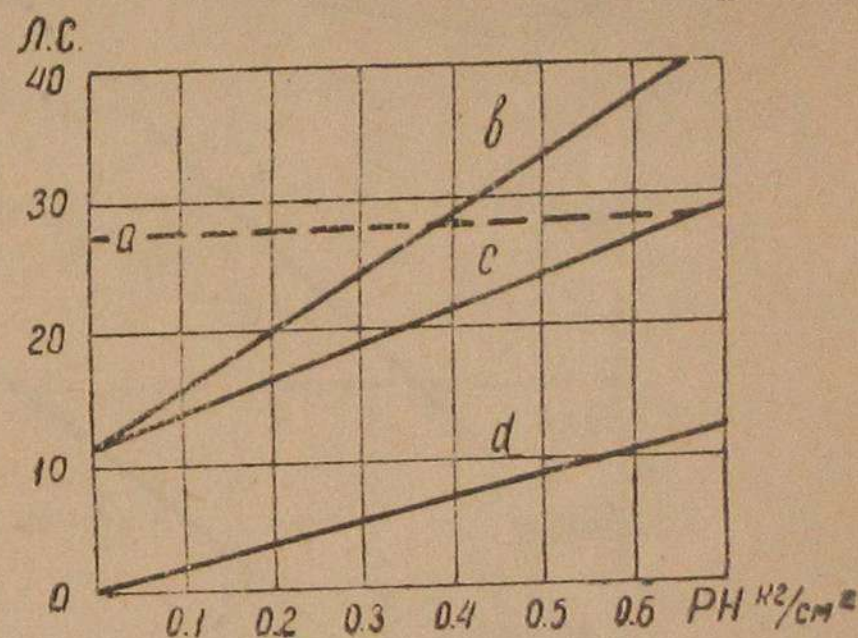


Рис. 94. Зависимость свободной мощности от давления наддува.

На рис. 95 приведено влияние степени наддува на различные параметры. В случае применения усиленного наддува давление вспышки может достигнуть большой величины, что поведет к быстрому износу деталей двигателя, а в некоторых случаях — к авариям.

Увеличение литража двигателя.

Увеличение литража двигателя путем расточки цилиндров приводит к повышению мощности двигателя. Но изменение диаметра цилиндров тесно связано с конструкцией двигателя. У большинства двигателей увеличение диаметра на величину, дающую ощутимый эффект, невозможно. У вновь строящихся двигателей (МГ-17 к трактору ЧТЗ-65) предусматривается постановка гильз с большим внутренним диаметром. Скорость горения генераторного газа меньше скорости горения бензиновой смеси и зависит от

давления и температуры конца сжатия. Для увеличения полноты индикаторной диаграммы на двигателях, переводимых с бензина на генераторный газ, увеличивают опережение зажигания. Чем меньше степень сжатия или давление наддува, тем больше должно быть опережение. Уста-

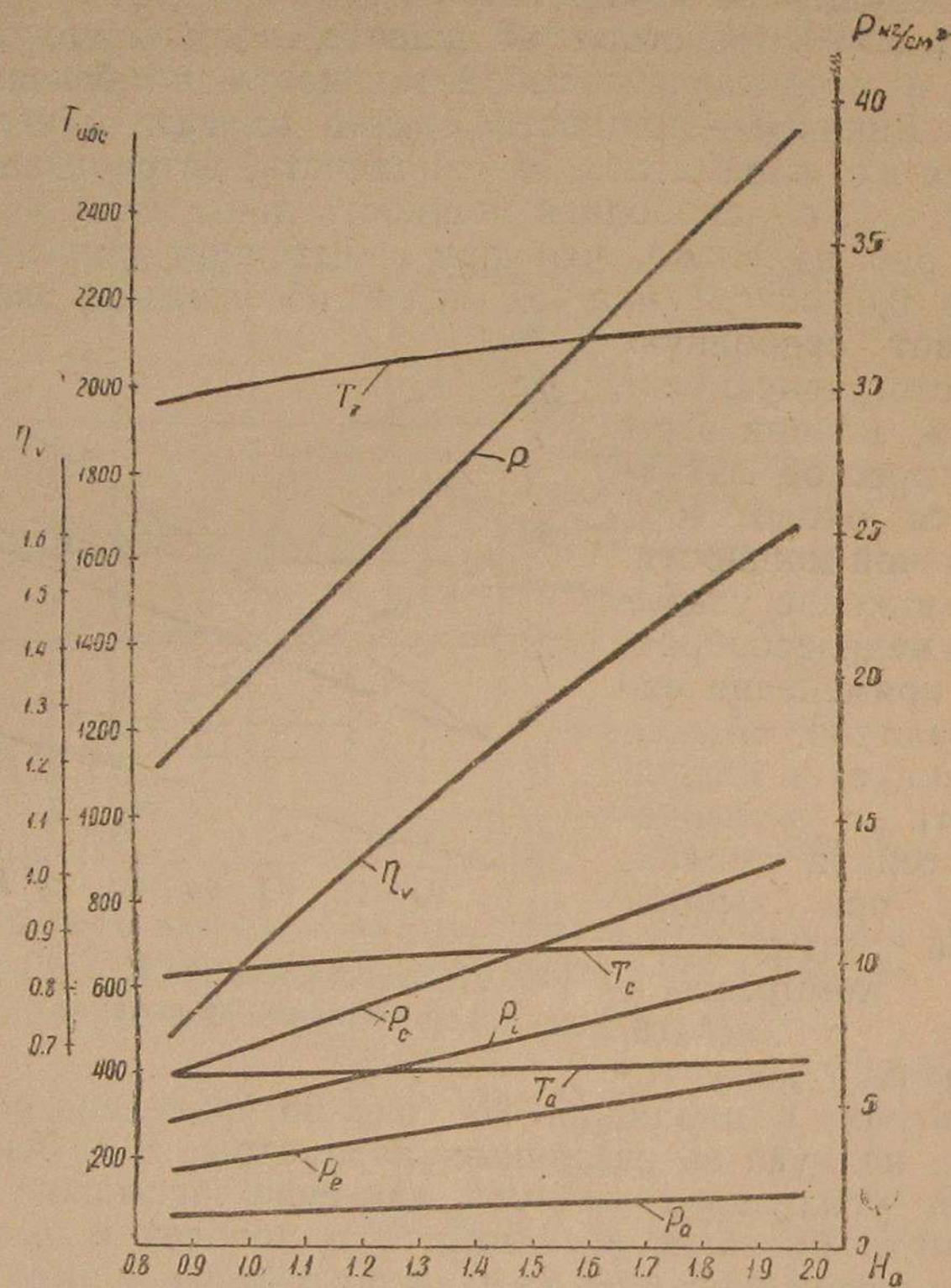


Рис. 95. Влияние величины наддува на различные параметры.

новка опережения зажигания подбирается опытным путем и для степени сжатия $\epsilon = 7$ равняется $\alpha \cong 30-35^\circ$.

Увеличение термического коэффициента полезного действия.

Теоретическая зависимость между термическим коэффициентом полезного действия и степенью сжатия для цикла Отто выражается следующей формулой:

$$\eta_t = 1 - \epsilon^{1-k},$$

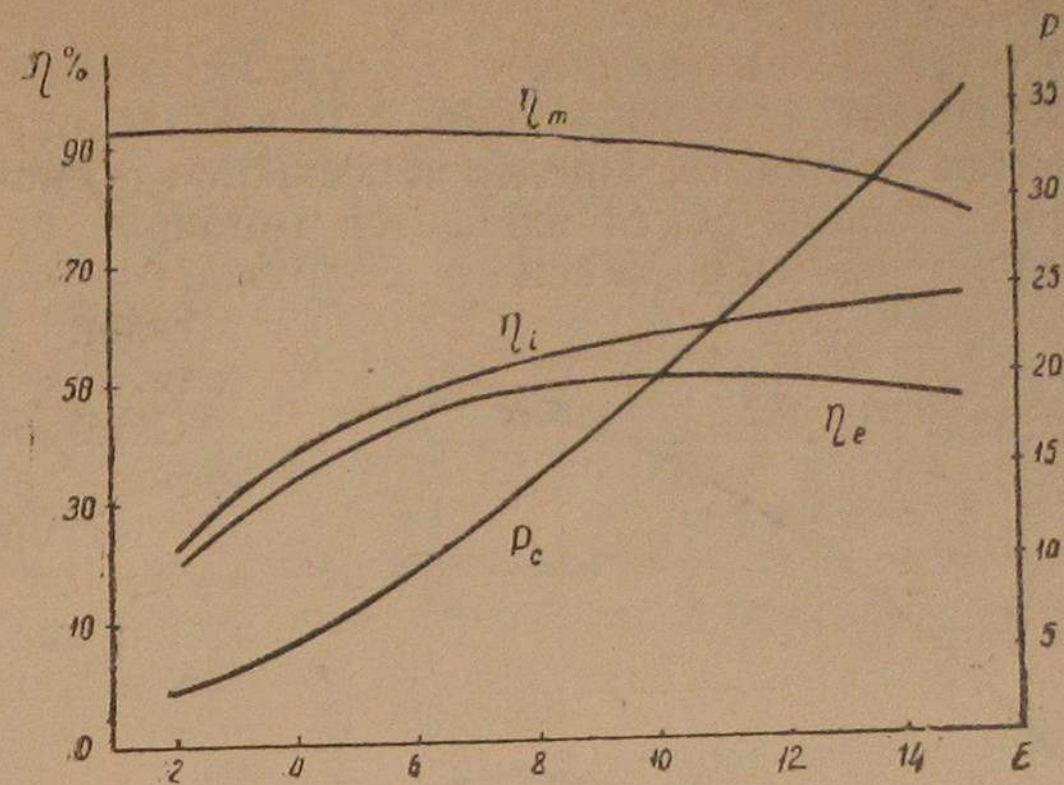


Рис. 96. Влияние величины сжатия на различные параметры.

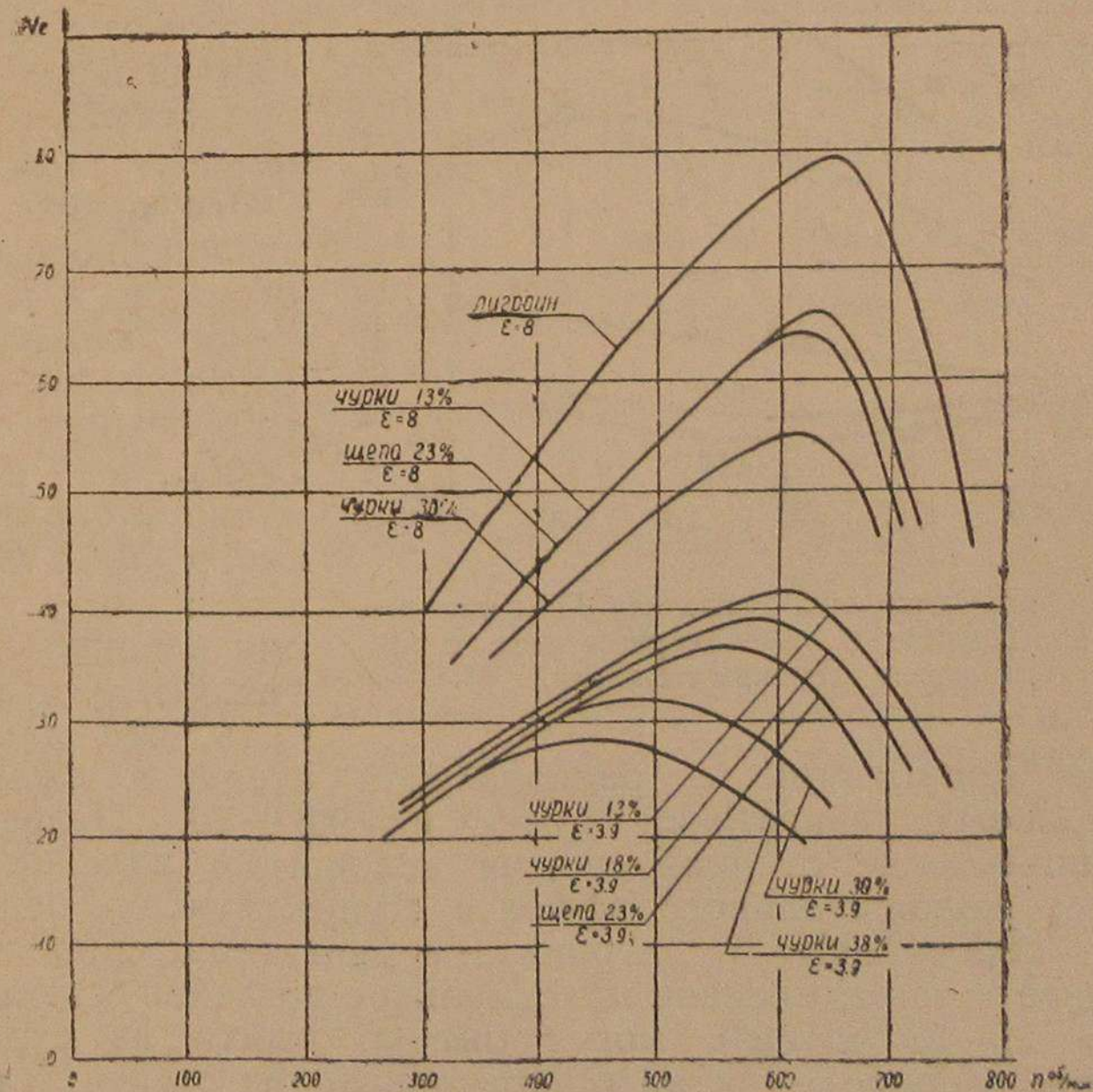


Рис. 97. Внешние характеристики двигателя трактора ЧТЗ Сталинец-60.

где: ϵ — степень сжатия;

k — показатель адиабаты.

Из этого уравнения видно, что с увеличением степени сжатия повышается термический kнд и, следовательно, увеличивается мощность. Предел повышения степени сжатия с одной стороны обуславливается температурой самовоспламенения рабочей смеси, а с другой — прочностью

деталей двигателя.

Самовоспламенение газоздушнoй смеси зависит от ее состава; так, наличие в ней водорода приводит к более раннему самовоспламенению. На рис. 96 показана зависимость ряда параметров от степени сжатия. Кривая η_t представляет изменение термического коэффициента полезного действия, η_m — изменение механического коэффициента полезного действия, η_e — изменение экономического kнд , а P_c — изменение давления в конце сжатия. Следует считать, что макси-

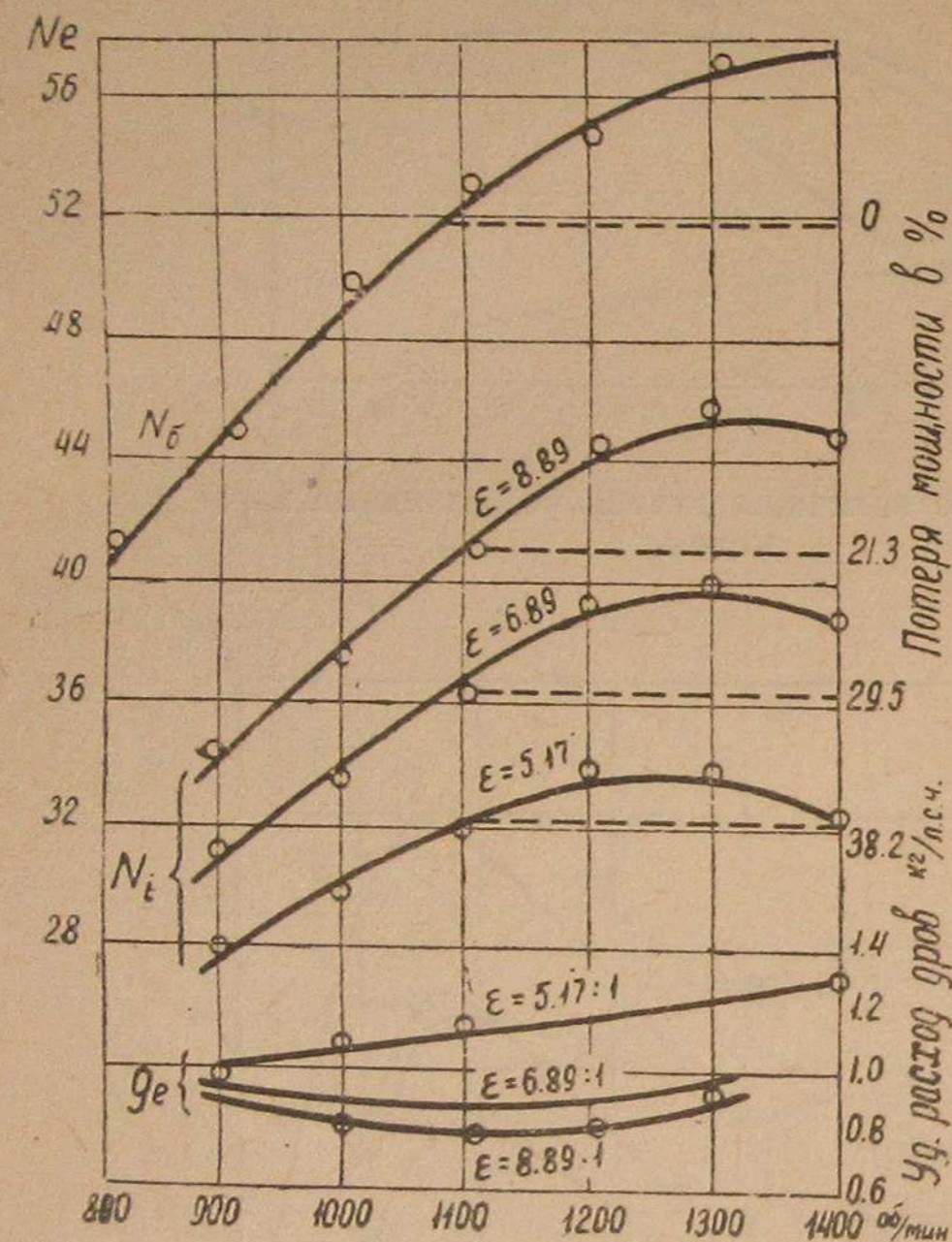


Рис. 98. Характеристика двигателя Ганомог при работе на бензине и генераторном газе с различными степенями сжатия.

мально допустимой и рациональной степенью сжатия для газовых двигателей будет $\epsilon = 9,5 - 10$. Дальнейшее повышение степени сжатия вследствие падения η_m не дает положительного эффекта. Существующие бензиновые, керосиновые и лигроиновые двигатели, спроектированные на определенное максимальное давление вспышки (около 27—29 кг/см^2), могут быстро выйти из строя, если при переводе их на генераторный газ степень сжатия повысить до 8—9, так как в этом случае давление вспышки поднимается до 35—40 кг/см^2 . Поэтому при пе-

реводе существующих двигателей легкого топлива на генераторный газ степень сжатия повышается до 7, а при конструировании новых газовых моторов с усиленным кривошипно-шатунным механизмом (дизельного типа) степень сжатия увеличивается до 9—9,5.

Кроме того, при выборе степени сжатия должен быть решен вопрос о пуске двигателя. До последнего времени первоначальный пуск двигателя осуществлялся на бензине с последующим переводом на газ. В 1934 г. проф. Карпов проделал ряд опытов над непосредственным пуском автомобиля Я-5 на генераторном газе, а в 1935 г. авторами на автомобиле ГАЗ-АА с газогенераторной установкой ЛТА без бензинового оборудования был совершен пробег Ленинград — Москва — Ленинград с производственными испытаниями в Загорске. Машина безупречно и быстро заводилась на газе.

В том случае, если двигатель оборудован сильным пусковым приспособлением (электростартером, пусковым мотором) и вентилятором для разжига генератора, пуск двигателя может осуществляться на газе, и степень сжатия может быть повышена до максимального предела.

Если же газовый двигатель при повышенной степени сжатия, не изменяемой при пуске, заводится на бензине, что имеет место, например, у трактора ЧТЗ-60, то величина степени сжатия выбирается с учетом работы двигателя вхолостую на бензине без детонации. В этом случае степень сжатия не превышает 7. Такое ограничение степени сжатия для данного случая также связано с эксплуатацией машин в зимнее время и с их безгаражным хранением.

На рис. 97 приводятся внешние характеристики, полученные авторами во время тормозных испытаний двигателя ЧТЗ-60 с газогенератором Автодор-1. С увеличением степени сжатия и уменьшением влажности топлива возрастает эффективная мощность двигателя.

Следует заметить, что при увеличенной степени сжатия уменьшается удельный расход топлива на 1 л. с.-час, что видно из графика (рис. 98), полученного проф. Кюне, где показаны внешние характеристики при различных степенях сжатия и соответственные удельные расходы твердого топлива.

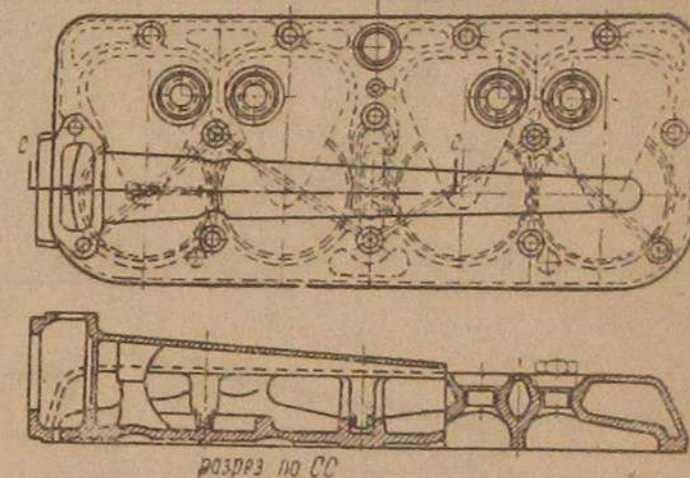


Рис. 99. Головка двигателя автомобиля ГАЗ с повышенной степенью сжатия.

Увеличение степени сжатия осуществляется двумя путями:

а) установкой новой головки цилиндров с уменьшенной камерой сжатия;

б) установкой новых поршней с удлиненной верхней частью.

На рис. 99 и рис. 100 представлены головки блоков газовых двигателей ГАЗ и ЗИС. Степень сжатия на двигателе ГАЗ повышена до $\epsilon = 7,15$, а на двигателе ЗИС — до $\epsilon = 7$.

Проведение перечисленных мероприятий обеспечивает получение от газового двигателя мощности, по величине близкой к мощности, развиваемой двигателем, работающим на жидком топливе.

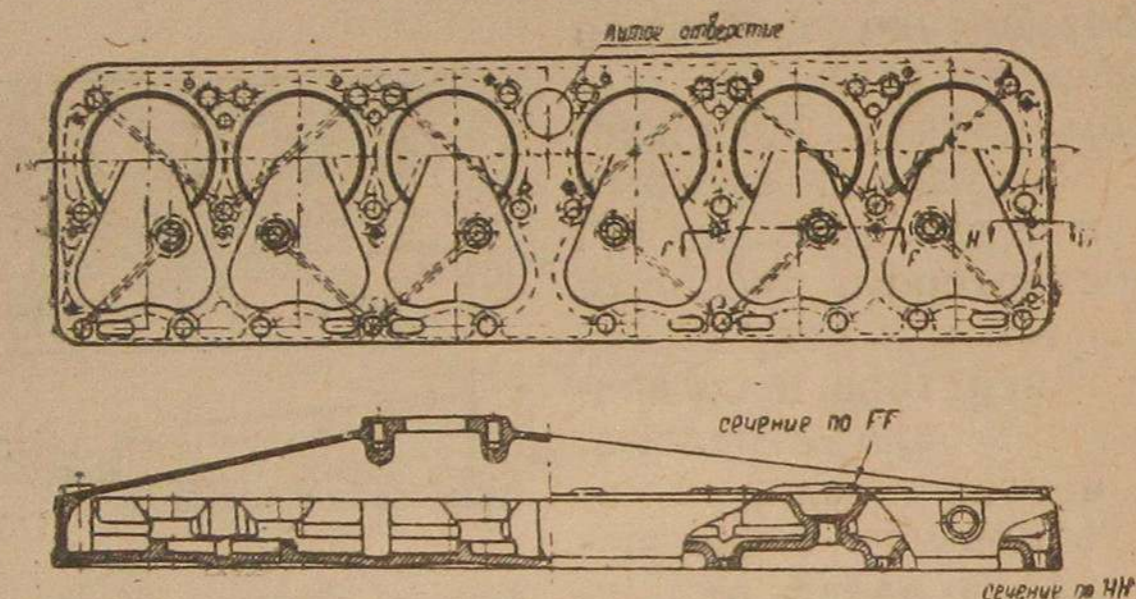


Рис. 100. Головка двигателя автомобиля ЗИС-5 с повышенной степенью сжатия.

К наиболее распространенным и простым способам повышения мощности газовых двигателей следует отнести повышение степени сжатия, устранение подогрева смеси и изменение газораспределительного механизма. Двигатели, в которых внесены эти изменения, развивают мощность до 80—85% мощности при работе на бензине.

ГЛАВА VIII.

ЭКСПЛОАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ С ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ.

Эксплоатация автомобилей и тракторов, оборудованных газогенераторными установками, несколько усложняется по сравнению с эксплуатацией их на жидком топливе, вследствие дополнительных операций, связанных с наличием самой газогенераторной установки и с падением мощ-

ности двигателя, с уходом за двигателем и новыми видами неисправностей. Поэтому необходимо знать особенности эксплуатации газогенераторных машин, их обслуживания и ухода.

В эксплуатационное обслуживание входят:

- 1) осмотр и заправка машин,
- 2) разжиг газогенератора,
- 3) пуск двигателя,
- 4) особенности езды и обслуживания машины при работе,
- 5) гаражный уход,
- 6) неисправности и их устранение.

Осмотр и заправка газогенераторных машин.

При осмотре газогенераторной машины, кроме обычной проверки ее состояния, необходимо проверить:

а) прочность всех креплений элементов газогенераторной установки и в случае необходимости произвести подтяжку болтовых соединений;

б) достаточную плотность всех фланцевых соединений и наличие между ними годных прокладок;

в) плотность закрытия крышек всех люков газогенератора, крышек охладителей и наличие соответствующих и годных асбестовых уплотнений;

г) состояние и работу воздушных обратных клапанов в газогенераторе, если они имеются;

д) отсутствие конденсата во всех контрольных точках и, если он будет обнаружен, то полностью спустить, прочистив спускные отверстия;

е) исправность действия дросселей смесителя и тросов тяг;

ж) регулировку опережения зажигания, обеспечив возможность доводить опережение до установленной величины.

Заправка машины дополняется тщательной проверкой уровня масла и его качества и подготовкой газогенератора к разжигу и работе. Если газогенератор разжигается в первый раз или если он прошел полную чистку, то заправка его производится следующим образом.

Через загрузочный люк древесного генератора в бункер насыпается некрупный сухой уголь до высоты верхней кромки топливника, после чего остающееся в бункере пространство догружается древесными чурками принятого размера. Когда в газогенераторе есть дополнительный восстановительный слой угля, соответствующее пространство около топливника засыпается сухим, хорошо выжженным углем, размером примерно $30 \times 30 \times 40$ мм. Уголь, употребляемый для засыпки восстановительного слоя и топливника,

должен быть просеян и не содержать мелочи, которая, находясь в уплотненном состоянии, создает худшие условия для разжига, увеличивая сопротивление прохождению газа. Крупный уголь также не рекомендуется для разжига, ибо он труднее разгорается и увеличивает время разжига.

Заправка газогенератора без засыпки угля в топливник не рекомендуется, но при отсутствии угля его можно заменить сухими чурками (учитывая при этом возможность появления в газе смол из-за низкой температуры в активной зоне в начале газификации) и пользоваться для разжига способом естественной тяги.

Заправка угольного газогенератора заключается только в засыпке угля в бункер.

Если газогенератор заправляется при наличии остаточного топлива от предыдущего дня работы, то засыпки угля перед разжигом не требуется, так как он уже имеется в топливнике; заправка сводится к досыпке чурок доверху и к тщательной очистке зольника и колосниковой решетки (если она есть).

Перед загрузкой чурок следует прошуровать топливо для устранения возможного образования сводов, которые будут препятствовать опусканию чурок, образовывать пустые пространства и нарушать процесс газификации. Шуровку во всех случаях следует производить только для разрыхления, а не для уплотнения топлива, ибо последнее обстоятельство будет затруднять разжиг и забивать колосниковую решетку и зольник.

Топливо для удобства можно засыпать из мешков, или из коробок, или из особых загрузочных бункеров топливных складов.

РАЗЖИГ ГАЗОГЕНЕРАТОРА.

После того как автомобиль или трактор с газогенераторной установкой осмотрен и заправлен, можно приступать к разжигу газогенератора. Существует два способа разжига: 1) естественной тягой и 2) принудительной.

Для разжига газогенератора естественной тягой необходимо открыть загрузочный и зольниковый люки и заполнить зольник растопочным материалом — сухими стружками, лучинками, соломой или тряпками, смоченными в керосине, и этот материал поджечь. Пламя под действием естественной тяги воздуха будет при горении растопочного материала поджигать уголь в топливнике и, постепенно разгораясь, подниматься выше, достигая уровня мест подачи воздуха. Процесс разжига можно наблюдать через смотровые люки, если они имеются, причем после появления в них пламени зольниковый люк закрывается.

Через несколько минут закрывается и загрузочный люк, и газогенератор готов для питания двигателя.

Если генератор снабжен вытяжной трубой, что имеет место в некоторых конструкциях, то при разжиге открывают эту трубу, а не загрузочный люк.

Способ разжига газогенератора естественной тягой весьма прост и обладает рядом как положительных, так и отрицательных сторон. Из положительных следует отметить отсутствие питания двигателя газом, вырабатываемым при низких температурах начала процесса газификации, и в связи с этим уменьшение возможности попадания смол в двигатель, что важно при первом разжиге газогенератора, при пользовании сырым топливом, при наличии остаточного от прежней загрузки топлива ниже воздухоподводящих устройств.

Отрицательными сторонами являются длительный период времени разжига, доходящий в зависимости от влажности топлива и быстроты тяги до одного часа, необходимость при обратном процессе газификации переносить зону горения с нижней части топливника в верхнюю, на что затрачивается некоторое время.

Второй способ разжига — принудительный — может быть осуществлен или специальными раздувочными устройствами, например, эжектором, ручным и электрическим вентилятором, или при помощи двигателя машины.

Во всех случаях этот способ разжига связан со степенью интенсивности засасывания воздуха в газогенератор (реже нагнетания) и отсасывания из него продуктов горения топлива при помощи энергии выхлопных газов (разжиг эжектором), физической энергии водителя (ручной вентилятор), электрической энергии (электровентилятор) и энергии двигателя (разжиг двигателем). При зажигании топлива горящим факелом через люк разжига или через воздухоподводящее отверстие, под отсасывающим действием какого-либо из указанных устройств пламя факела засасывается через воздухоподводящие отверстия в топливник и поджигает уголь, чем и обеспечивает разжиг газогенератора. Эжекторы, применяемые для разжига, работают от выхлопных газов двигателя и включаются для создания отсасывающего действия в один из газопроводов установки. Действие и устройство эжектора видны из схемы на рис. 101.

Ручной вентилятор для разжига представляет собой тип обычного центробежного вентилятора, который, будучи включен в газопровод генераторной установки, засасывает в генератор воздух и отсасывает продукты горения в атмосферу. Вместо ручных вентиляторов в современных установках устанавливаются электрические, питающиеся током

от батареи аккумуляторов системы электрооборудования машины (см. установки ЗИС, ЛТА, НАТИ Г-14 и др.).

Отсасывающее действие, необходимое для разжига газогенератора, можно произвести и двигателем, путем пуска его на бензине и соединения с газогенераторной установкой через частично открываемый дроссель смесителя и при закрытом воздушном дросселе. При таком способе разжига разрежение, создаваемое работой двигателя во всей системе установки, производит засасывание воздуха пливник и отсасывание продуктов сгорания в цилиндры

двигателя. Двигатель работает при этом на режиме средних нормальных оборотов.

Разжиг генератора при помощи эжекторов неудобен как по длительности времени процесса разжига, доходящего до 45 мин., так и потому, что работа эжектора требует параллельной работы двигателя и соответствующей затраты бензина. Разжиг ручным вентилятором неудобен из-за необходимости использования человеческой энергии и малой эффективности, что также задерживает разжиг, занимающий до 20 мин. Перечисленные неудобства разжига эжектором и ручным вентилято-

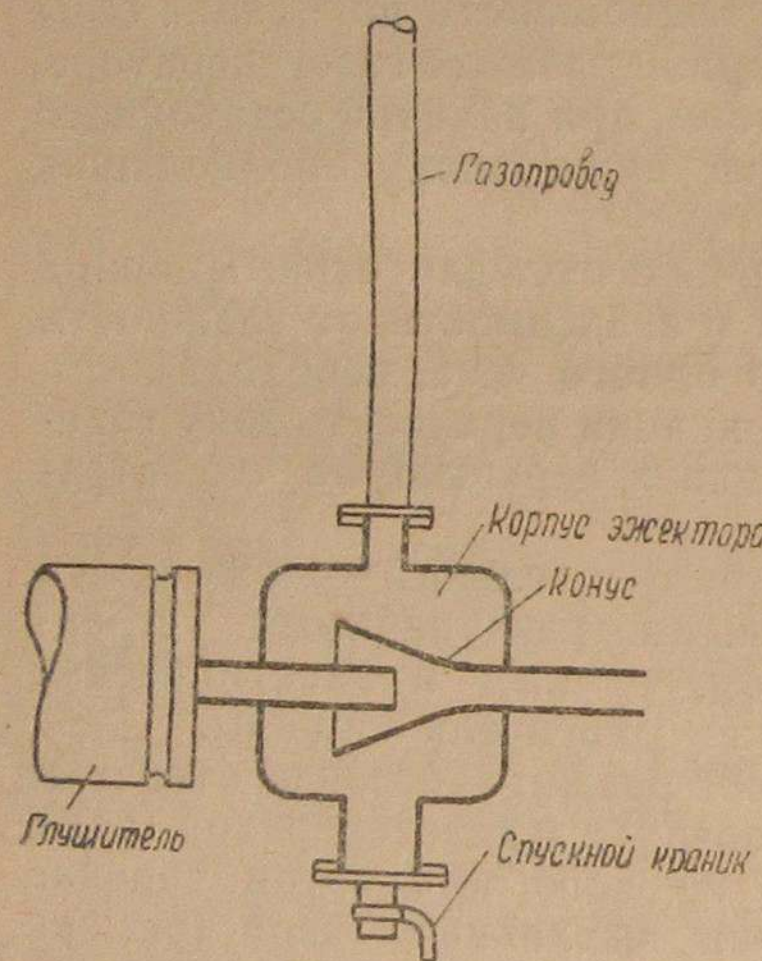


Рис. 101. Схема эжектора.

ром привели к устранению этих приборов из современных установок.

В новейших установках применяют разжиг при помощи двигателя или при помощи электровентилятора. Разжиг двигателем является наиболее быстрым, но имеет крупные недостатки. К этим недостаткам можно отнести расход бензина за время работы двигателя при разжиге, увеличенный износ, возможность появления детонации смеси из-за повышенной степени сжатия и большая вероятность попадания в двигатель смол, которые не успеют сгореть в первоначальный период газификации из-за низкой температуры в активной зоне.

Самым лучшим и удобным является разжиг электровентилятором, который, хотя и отнимает больше времени, нежели разжиг двигателем (до 10 мин.), но свободен от

недостатков, присущих разжигу двигателем, и требует только исправной батареи аккумуляторов.

Конец разжига газогенератора и готовность его к питанию двигателя газом можно узнать по появлению из отверстия вентилятора, или воздухоподводящей трубы, или специального отверстия в газопроводе, снабженного контрольным краником, почти бесцветного газа, который при его пробном зажигании от спички дает устойчивое, ровное пламя фиолетового цвета.

Вводить факел в отверстие для разжига, без предварительного его воспламенения, не рекомендуется, так как керосин, попавший внутрь газогенератора, может создать условия для взрыва образующегося в начале разжига газа.

Факел для разжига делается из проволоки, с намотанной на конец тряпкой, смоченной в керосине. В настоящее время к каждой газогенераторной машине заводом прилагается факел с асбестовой намоткой.

ПУСК ДВИГАТЕЛЯ И ПЕРЕВОД ЕГО НА ПИТАНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫМ ГАЗОМ.

Пуск двигателя, приспособленного для работы на генераторном газе, производится или непосредственно на газе, или предварительно на бензине, с последующим переводом питания на газ.

Необходимыми условиями для пуска на газе холодного двигателя являются: устойчивый и интенсивный процесс газификации топлива, обеспечивающий двигатель требуемым количеством готового газа хорошего качества, пусковое устройство, могущее легко преодолеть большую степень сжатия газовой смеси в цилиндрах, и сильная искра в свечах.

Пуск двигателя непосредственно на газе осуществляется пока только на автомобилях, оборудованных наиболее современными конструкциями газогенераторных установок и снабженных, как правило, усиленным электрооборудованием, имеющим более мощный стартер и надежную систему зажигания (автомобиль ЗИС-13 и др.). Поэтому для облегчения пуска двигателя на газе элементы газогенераторной установки должны быть заполнены газом вплоть до смесителя, что лучше всего достигается разжигом генератора при помощи электровентилятора, так как другие способы разжига затрудняют пуск двигателя на газе из-за необходимости просасывать газ через всю установку.

Перед пуском двигателя на газе дроссель газовой смеси ставится на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ своего открытия, воздушный дроссель открывается полностью, зажигание включается и устанавливается на небольшое опережение, проверяется

газ на устойчивое горение, после чего нажимается кнопка стартера. При пуске манетку тяги воздушного дросселя необходимо перемещать до получения надлежащего качества смеси, обеспечивающей вспышку и начало работы двигателя. Длительное пользование стартером при пуске не допускается. Если двигатель не заводится с одного или двух нажатий кнопки стартера, необходимо проверить почему нет вспышки.

После того как двигатель пущен, открытие газовой воздушной смеси и величину опережения зажигания надо увеличить и поставить воздушный дроссель в лучшее положение, определяемое ровной, бесперебойной работой.

Пуск прогретого двигателя непосредственно на газе обычно не представляет затруднений.

Второй вариант пуска двигателя — предварительно на бензине с последующим переводом питания на газ — осуществляется следующим образом.

Закрываются все дроссели в смесителе, открывается сообщение карбюратора с бензиновым баком, зажигание устанавливается на запаздывание вспышки, приоткрывается дроссель смеси карбюратора и двигатель пускается обычным путем. Когда двигатель проработал на бензине некоторое время, необходимое для его прогрева, можно начать перевод питания на газ.

Перевод производится на режиме нормальных оборотов, путем частичного открытия дросселя воздушного и дросселя газовой воздушной смеси смесителя и частичного прикрытия дросселя смеси карбюратора. Если при переводе на газ двигатель начинает снижать обороты, то все упомянутые дроссели возвращаются в положение, в котором они находились до начала перевода. Доводя обороты двигателя до нормальных, процесс перевода повторяют вновь до того момента, когда двигатель, получая параллельное питание газовой воздушной смесью и рабочей бензиновой, будет работать без перебоев, сохраняя и поддерживая нормальные обороты. После этого открытие дросселя газовой воздушной смеси в смесителе постепенно увеличивается, с одновременным постепенным закрытием дросселя смеси в карбюраторе, чем обеспечивается плавный переход двигателя на питание газовой воздушной смесью.

Для получения лучшего качества газовой воздушной смеси, облегчающего ее воспламенение в процессе перевода двигателя, приходится пользоваться воздушным дросселем смесителя, меняя величину его открытия при работе двигателя на разном составе газовой воздушной смеси.

Когда двигатель переведен полностью на питание газовой воздушной смесью, кран, открывающий доступ бензину из бака в карбюратор, закрывается и величина опережения

зажигания увеличивается соответственно установленным оборотам. Количество оборотов двигателя устанавливается, как и всегда, степенью открытия дросселя газовой воздушной смеси, а качество последней — положением воздушного дросселя.

Если разжиг газогенератора осуществляется двигателем, то процесс перевода двигателя на питание газовой воздушной смесью начинается сейчас же после определения готовности газа путем его поджигания, или путем увеличения открытия дросселя газовой воздушной смеси, которое должно повлечь при хорошем качестве газа увеличение оборотов двигателя. Самый же процесс перевода в этом случае осуществляется аналогичным рассмотренному.

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН ПРИ РАБОТЕ.

Обслуживание машины с газогенераторной установкой дополняется небольшим количеством специфических операций. Прежде всего, при езде на газогенераторной машине требуется периодическая загрузка бункера генератора топливом, которая должна производиться, примерно, через 1—1½ часа непрерывной работы двигателя. Такой период обычно соответствует уменьшению уровня загруженного полностью в бункер топлива на $\frac{3}{4}$ или $\frac{1}{2}$ высоты бункера.

Дальнейшая работа газогенератора без догрузки может нарушить процесс газификации и уменьшить интенсивность газообразования, что приведет к остановке двигателя. Кроме того, в случае выжигания топлива в газогенераторе, после загрузки бункера, процесс газификации также может быть нарушен из-за снижения температуры в активной зоне, в виду холодного влажного топлива, что создаст плохие условия для сжигания и разложения смол. Поэтому, для того, чтобы процесс газификации шел бесперебойно и обеспечивал постепенную подсушку слоев топлива в бункере, загрузку следует производить в среднем через указанные промежутки времени.

Загрузка производится через загрузочный люк газогенератора, который должен открываться на возможно короткое время, чтобы большое количество воздуха, входящего через люк и понижающего температуру в активной зоне, не нарушило процесс газификации. При загрузке нельзя наклонять голову над отверстием люка, так как иногда при попадании в генератор воздуха и соединении его с газом происходят неожиданные вспышки. После загрузки крышку загрузочного люка необходимо сейчас же плотно закрыть.

Топливо (чурки или щепки) загружается из мешков, приготовляемых на конечных или промежуточных топливных складах.

Во время вынужденных стоянок машины двигатель надо останавливать. Использовать работу двигателя для поддержания процесса газификации не следует, ибо это ведет к излишнему износу трущихся частей. Если стоянки кратковременны и не превышают 5—10 минут, то двигатель в большинстве случаев можно пустить непосредственно на газе с небольшим поступлением воздуха в смеситель, при малом открытии воздушного дросселя и дросселя газовой смеси. Если трудно пустить двигатель непосредственно на газе, что чаще всего имеет место в тракторных двигателях, пуск производится на бензине, с последующим быстрым переводом питания на газоздушную смесь.

При более длительных стоянках (от 10—20 мин.) пуск двигателя производится или с предварительной работой его на бензине, или после короткой раздувки газогенератора электровентилятором — на газе.

Пуск двигателя после стоянок машины от 20 мин. до 2 часов требует всегда предварительного раздува газогенератора естественной тягой или раздувочными устройствами и пробы готовности газа, после чего двигатель или прямо пускается на газе или прогревается на бензине и переводится на питание газом.

После стоянок машины свыше 2 часов перед пуском двигателя приходится прибегать к интенсивной раздувке газогенератора или даже к разжигу его факелом.

При раздувке газогенератора естественной тягой во время стоянок машины загрузочный и зольниковый люки надо открывать не полностью, чтобы избежать сильного разгорания топлива и поднятия зоны горения выше топливника. В ряде конструкций газогенераторных установок при раздувке генератора после небольших стоянок можно не открывать зольниковый люк, ограничиваясь частичным открытием загрузочного люка и пользуясь тягой воздуха через имеющиеся воздухоподводящие устройства. Если крышка загрузочного люка снабжена специальным отверстием для прохода воздуха, то для раздувки и поддержания горения в генераторе можно не открывать загрузочный люк, а открыть только отверстие крышки, вынув прикрывающую его пробку.

Если в газогенераторе находится восстановительный слой угля вокруг топливника, открывать зольниковый люк для создания естественной тяги надо только на короткое время, во избежание возможного выгорания этого слоя.

В случае образования сводов топлива в газогенераторе и уменьшения подачи газа в смеситель, приходится прибегать к шуровке, открывая на короткое время загрузочный люк и разрыхляя чурки и уголь без их уплотнения и дробления.

В некоторых газогенераторных установках процесс газификации топлива резко ухудшается, если двигатель машины работает на малых оборотах, ибо недостаточные скорость и количество входящего в топливник воздуха уменьшают интенсивность горения и температуру в активной зоне. В связи с этим увеличивается возможность засмоления двигателя, ибо ухудшаются условия для сгорания и разложения смол.

Поэтому работу двигателей таких газогенераторных машин рекомендуется поддерживать на режиме нормальных оборотов, допуская малые обороты, как кратковременный и переходный режим, примерно 15 мин.

По указанным выше причинам длительная езда на машинах с параллельным питанием двигателя бензиновой рабочей смесью и газоздушной (присадка газа) также не рекомендуется. Однако, в отдельных случаях эксплуатации автомобилей и тракторов на лесовозке (затяжной или максимальной подъем, трогание с места) допускается кратковременная присадка бензина для усиления мощности двигателя.

Ввиду пониженных скоростей движения и мощности двигателя переключение передач на газогенераторном автомобиле требует большего разгона.

На крутых спусках лучше не уменьшать подачу газоздушной смеси в двигатель, а прикрывать воздушный дроссель смесителя, чтобы не нарушить процесс газификации в генераторе.

Правильная установка опережения зажигания для газогенераторного двигателя имеет весьма существенное значение ввиду большего времени сгорания газоздушной смеси по сравнению с бензиновой рабочей смесью. Поэтому при езде величину опережения зажигания необходимо устанавливать соответственно оборотам и условиям работы двигателя, добиваясь наивыгоднейшего положения и используя значительный диапазон изменения величины опережения, достигающий до 45°.

Следует пользоваться во всех случаях регулировки качества газоздушной смеси воздушным дросселем смесителя.

Последнюю догрузку газогенератора необходимо делать с таким расчетом, чтобы по приезде в гараж в бункере осталось не меньше половины топлива. Это позволит использовать тепло в генераторе для подсушивания топлива и облегчит последующий разжиг.

Бензин для питания газогенераторного двигателя в ряде рассмотренных случаев должен применяться всегда ограниченно по времени и количеству, исходя из существующих норм. Надо стремиться к его максимальной экономии путем тщательной подготовки газогенераторной установки и дви-

двигателя к работе, накопления практических навыков в пуске двигателя, перевода его на питание газом и использования всех возможностей работы на газе.

Необходимо также помнить, что газогенераторный двигатель, имеющий повышенную степень сжатия, не предназначен для работы на бензине, а поэтому злоупотребление последним может привести к явлениям детонации со всеми вытекающими отсюда последствиями.

ГАРАЖНЫЙ УХОД.

По возвращении газогенераторной машины в гараж необходимо через имеющиеся спускные краны или пробки выпустить конденсат, после чего плотно закрыть все люки и отверстия как в самом генераторе, так и в остальных частях установки. При оставлении открытых отверстий люки, воздушные отверстия в генераторе, пробки, люки (в очистителях и охладителях) огонь в газогенераторе полностью не затухает и благодаря притоку кислорода воздуха будет происходить медленное горение в течение продолжительного времени. Небрежность при заглушке газогенератора неизбежно приведет к самовозгоранию топлива.

Наружные части охладительно-очистительной батареи, загрязнившиеся во время поездок, необходимо мыть, так как грязь уменьшает теплоизлучение и ухудшает охлаждение газа.

Другими мероприятиями гаражного ухода за газогенераторными машинами являются:

- а) чистка газогенератора
- б) чистка зольника,
- в) чистка очистителя,
- г) чистка охладителя,
- д) чистка смесителя,
- е) смазка вентилятора.

Чистка зольника производится наиболее часто. Для того, чтобы не препятствовать падению золы и угольной мелочи на дно зольника и не повышать сопротивления движению газа в генераторе, колосниковая решетка (если она есть) и сам зольник должны тщательно очищаться. Колосники чистят и выгребают золу через зольниковый люк при помощи металлического стержня с загнутым концом.

В некоторых газогенераторах (автомашина ЗИС-13) чистку зольника производят вместе с чисткой газогенератора через 1000—1200 км пробега машины. Такие газогенераторы обычно не имеют специальной зольниковой камеры: ею служит нижняя их часть, не отделенная колосниковой решет-

кой и служащая также для помещения добавочного восстановительного слоя угля. При работе газогенератора на древесной щепе зольник и решетку чистят значительно чаще.

Чистка очистителей происходит, в зависимости от их конструкций, через промежутки времени от 600 до 1200 км пробега машины.

Чистка жидкостных очистителей заключается в смене очищающей жидкости, чистка сухих очистителей — в промывке фильтрующих сеток водой, керосином, очистке или смене фильтрующей материи; чистка поверхностных очистителей — в промывании водой и керосином цилиндров и коробок, а также внутреннего устройства очистительной батареи; чистка динамических очистителей — или в промывке, или в выбрасывании отфильтрованных примесей через отъемное дно или люк (центробежный очиститель). Промывка внутреннего устройства очистителей осуществляется или в ваннах или брандспойтом, а чистка корпусов очистителей — чаще всего скребками соответствующей формы. Скребок для чистки цилиндров очистителя автомобиля ЗИС-13 сделан в виде металлической пластины по форме и диаметру цилиндров, приваренной к длинному стержню.

Чистка охладителя производится после пробега 600—1200 км, причем очищается он или промывкой, или скребками. В батарейно-трубчатых охладителях очищаются коллекторные коробки и соединяющие их трубы, в радиаторных охладителях — верхний и нижний резервуары и сердцевина. В сварных конструкциях чистка этих элементов производится одновременно, в разборных лучше их чистить раздельно.

Чистка газогенератора производится в среднем после 1000—1200 км пробега машины, но этот срок уменьшается, если в качестве топлива употребляют древесную щепу. При чистке генератора из него полностью удаляется все содержимое, а стенки топливника, воздухоподводящие устройства, колосниковая решетка и зольник освобождаются от шлака, золы, угольной мелочи и т. д., после чего проверяется состояние отдельных частей генератора.

При уходе за охладителями и очистителями необходимо ежемесячно выпускать накапливающийся в них конденсат. Во время длительных стоянок машины также рекомендуется произвести выпуск конденсата.

Если воздух в топливник подается через центральное сопло, то последнее осматривают и чистят отдельно. По окончании чистки газогенератор загружается и подготавливается к разжигу заново, согласно рассмотренным на стр. 161 правилам. В газогенераторах, имеющих добавочную восстановительную зону, через 300—400 км происходят ее проверка и догрузка.

Газопроводные трубы и вентилятор чистятся через 4000—5000 км пробега путем промывки или прочистки металлическими щетками-ершами. Места фланцевых соединений газопроводов между собой и отдельными частями всей установки должны проверяться ежедневно во избежание воздушных прососов, нарушающих работу двигателя и установки. Асбестовые прокладки в случае их повреждения заменяют новыми, которые предварительно промазывают жирной графитовой мазью.

Такое промазывание также следует периодически производить в сохранившихся в целости асбестовых прокладках.

Чистить смеситель приходится довольно редко, если очистка газа достаточно удовлетворительна. Обычно ее производят после того, как наружный осмотр снятого смесителя выявит на стенках его корпуса налеты сажи и смолы, или начинают „заедать“ дроссели. В этом случае смеситель необходимо разобрать, полностью очистить жесткой щеткой его корпус и заслонки от смолисто-сажистых налетов, промыть его в керосине или скипидаре. Вместе со смесителем чистится и всасывающий коллектор.

При чистке смесителя одновременно должна быть вскрыта головка блока цилиндров для осмотра внутреннего состояния камеры сгорания, стенок цилиндров, поршней и клапанов, так как присутствие смолы и сажи в смесителе свидетельствует о возможном их проникновении в двигатель и могущих возникнуть неисправностях. В случае, если при вскрытии головки в двигателе будут обнаружены смолисто-сажистые отложения и нагар, двигатель чистят обычными приемами.

Мотор электровентилятора смазывается в сроки, указанные заводскими инструкциями.

Периодичность чистки отдельных элементов газогенераторной установки зависит от многих причин, из которых важнейшие — совершенство конструкции, правильная эксплуатация всей машины и надлежащий уход за установкой. Поэтому, считая приведенные цифры ориентировочными, в практике работы газогенераторных машин надо их корректировать в соответствии с заводскими инструкциями по отдельным машинам, нормами, установленными по Наркомлесу, и примерными показателями, достигнутыми лучшими стахановцами авто-тракторных баз механизированных лесопунктов.

НЕИСПРАВНОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ МАШИН И ИХ УСТРАНЕНИЕ.

Опыт эксплуатации газогенераторных машин позволяет определить ряд наиболее часто встречающихся специфич-

ческих неисправностей и способы их устранения. Эти неисправности вызывают перебои в работе двигателя, зависящие от нарушения процесса газификации топлива, недостаточного охлаждения и очистки газа и плохого качества газозооудшной смеси.

Все эти явления возникают при ненормальной работе газогенераторной установки, когда отсутствуют надлежащие мероприятия по уходу и предупредительному ремонту, используется сырое топливо, установка изготовлена из плохого материала, имеет неудовлетворительное крепление и т. д.

Неисправности могут быть следующие:

1. *Двигатель плохо заводится на бензине.* Если газогенераторный двигатель плохо заводится или совсем не заводится на бензине, то наиболее вероятной причиной этого является переобедненная рабочая смесь ввиду засасывания воздуха через смеситель одновременно с засасыванием его и через воздушный патрубок карбюратора. Причиной такого резкого обеднения рабочей смеси служит неплотное закрытие дросселей в смесителе, дающее возможность двигателю засасывать через смеситель дополнительное количество воздуха, помимо идущего через карбюратор. Обнаружить это явление можно по слабому подосу воздуха в карбюратор и при попытке увеличить плотность прикрытия дросселей смесителя. После проверки работы тяг, свободного вращения осей дросселей и плотности касания дросселей к стенкам корпуса смесителя необходимо произвести соответствующие исправления.

Другой причиной затрудненного пуска двигателя может быть засмоление клапанов газораспределительного механизма. Засмоление происходит при длительной работе двигателя на малых оборотах, при пользовании сырым топливом, плохом уходе за газогенератором и очистителем и при неудовлетворительной очистке газа. Засмоление распознается по перебоям в двигателе, которые вызваны одним или несколькими цилиндрами, неработающими из-за заклинивания их клапанов.

Лучшим способом очистки клапанов от смолы следует признать частичную разборку двигателя, позволяющую очистить не только клапаны, но, если обнаружится необходимость, и поршни, цилиндры и головку цилиндров.

Во всех случаях очистки двигателя от смол обязательно нужно проверять работу элементов газогенераторной установки и, в первую очередь, газоочистителей, а также анализировать причины засмоления, так как без этого оно неизбежно возобновится.

2. *Двигатель не переводится на питание газом.* Перевод двигателя с питания бензином на питание генера-

торным газом, легко осуществляемый при нормальной работе газогенераторной установки, может быть затруднен или неосуществим в ряде случаев, связанных с получением сильно обедненной газовой смеси.

Обедненная смесь — следствие плохого газообразования в генераторе, воздушных прососов и больших сопротивлений в установке и неправильной регулировки смесителя. Плохое по качеству и количеству газообразование происходит в генераторе при пользовании сырым топливом, попадании в генератор воздуха через неплотно закрытые люки, образовании в топливе сводов, перегорании добавочного восстановительного слоя угля около топливника, засорении зольника и колосниковой решетки и уменьшении сечений воздухоподводящих устройств ввиду загрязнения или заплывания проходных отверстий. Причины, нарушающие работу газогенератора, можно найти внимательной проверкой его состояния, после чего соответствующий недостаток устраняется. Пробное поджигание газа позволяет обнаружить его готовность и качество. Необходимо отметить, что воздушные прососы в газогенераторе влекут за собой местные перегревы и прогар металла и должны быть своевременно устранены.

Воздушные прососы могут быть не только в газогенераторе, но и в остальных частях газогенераторной установки.

Ослабление мест соединения отдельных частей, негодность асбестовых прокладок между фланцами, трещины — все это вызывает засасывание воздуха через возникающие отверстия и обеднение газовой смеси. Обнаружить место подсоса в установке можно по свистящему звуку входящего в щель воздуха. Звук появляется или при повышении числа оборотов двигателя, или при засасывании воздуха разрежением, если закрыть воздушные отверстия и люки и немного открыть дроссель газовой смеси в смесителе. Иногда место подсоса определяется по струйкам выходящего из него дыма. Для того, чтобы появился дым, в зольнике сжигают какой-либо сильно дымящий материал (при закрытых люках и воздушных отверстиях газогенератора и всей установки и закрытых дросселях смесителя). Для усиления необходимого при этом избыточного давления в газогенераторе можно использовать насос для накачивания шин, шланг которого приспособить к нагнетанию воздуха через одно из отверстий генератора. Для устранения подсосов в неплотных соединениях сменяют асбестовые прокладки и подтягивают крепления; трещины или завариваются, или временно обмазываются асбестом.

Большое сопротивление в установке, препятствующее движению газа, возникает в результате засоренности газо-

очистителей, газоохладителей, газопровода или наличия излишнего или замерзшего конденсата. При нормальной работе газогенератора в этих случаях в смеситель засасывается недостаточное количество газа или засасывание совсем прекращается. Чтобы найти место, препятствующее движению газа, пользуются измерителями разрежения — пьезометрами, которые вставляют в отверстия отдельных частей установки и по их показаниям судят о чрезмерном сопротивлении. Результаты замеров сравниваются с нормальными показателями состояния разрежения в установке.

Излишнее сопротивление устраняется чисткой газопроводов, охладителей и очистителей, спуском конденсата или его оттаиванием в случае замерзания. Для оттаивания или вводят машину в теплый гараж, или погружают соответствующую деталь в горячую воду, обкладывают тряпками, намоченными в горячей воде. После оттаивания конденсат выпускается.

Неправильная работа смесителя может также затруднить перевод двигателя на питание газом. Затруднения объясняются заеданием дросселей из-за засмоления, погнутости их осей и неисправности тяг.

3. Двигатель переводится с бензина на газ, но работает с перебоями. Перебои в работе двигателя могут происходить из-за плохого качества газовой смеси, если в ней воздуха недостаточно или наоборот слишком много. Недостаточное количество воздуха, попадающего в смеситель, есть результат неправильного положения воздушного дросселя смесителя, который открыт слишком мало и дает переобогащенную смесь. С увеличением открытия воздушного дросселя состав смеси выравнивается до нормального и перебои исчезают.

Избыток воздуха в составе газовой смеси может быть в результате как большого открытия воздушного дросселя смесителя и прососов в установке, так и недостаточного поступления газа в смеситель по причинам, рассмотренным в предыдущем разделе. Перебои также могут происходить и в случае засмоления клапанов в своих направляющих.

Работа двигателя на обедненной газовой смеси иногда сопровождается выстрелами в смесителе, которые являются признаком несоответствующего качества смеси.

Перебои двигателя, вызванные переобогащенной смесью, ликвидируются регулировкой воздушным дросселем, устранением воздушных прососов и причин, связанных с недостаточным получением газа, очисткой клапанов от смолы рассмотренными способами.

4. Двигатель работает на газе, но развивает неравномерную мощность. Если мощность, развиваемая двигателем,

внезапно падает и затем снова восстанавливается, то это явление возникает из-за кратковременных перебоев в поступлении необходимого количества газа в смеситель.

Перебои в поступлении газа могут быть следствием образования сводов в газогенераторе, сопротивления от конденсата, который при езде может периодически сливаться в наиболее низкие места установки и образовывать временные затворы, от воздушных подсосов, возникающих в неплотных соединениях и изменяющихся по силе в зависимости от сотрясений машины при езде.

Образование сводов устраняется легким встряхиванием газогенератора рукой или шуровкой. Затворы из конденсата ликвидируются выпуском последнего через имеющиеся спускные отверстия, а неплотность в соединениях — подтяжкой болтов и гаек или сменой асбестовых прокладок.

5. *Двигатель при работе на газе постепенно снижает развиваемую мощность.* Постепенное падение мощности двигателя происходит от непрерывного уменьшения количества газа, поступающего в смеситель. Это уменьшение обедняет газоздушную смесь, в результате чего приходится воздушный дроссель смесителя прикрывать для выравнивания качества смеси, но наполнение цилиндров падает, и тяговые усилия машины последовательно снижаются. Крайним моментом такого состояния подачи газа является полная остановка двигателя.

Основными причинами постепенного падения мощности могут быть:

1) Нарушение газообразования от недостатка топлива, увеличивающихся подсосов воздуха в газогенераторе и его засоренности, уплотнения восстановительной добавочной зоны или недостаточного ее объема.

2) Продолжительная работа двигателя на малых оборотах, ухудшающая процесс газификации топлива.

Нормальная работа двигателя обеспечивается необходимыми мерами по уходу за газогенератором (досыпка топлива, устранение подсосов, чистка зольника и всего генератора, досыпка, смена или разрыхление добавочной восстановительной зоны), переводом двигателя на режим нормальных оборотов для восстановления полного процесса газификации, разборкой и чисткой отдельных частей газогенераторной установки.

3) Увеличивающееся сопротивление движению газа от засорения газопроводов, газоочистителей и охладителей, а также плохое охлаждение газа из-за наружного и внутреннего загрязнения охладителя, приводящее к уменьшению наполнения цилиндров.

6. *Поломки, прогары и другие повреждения.* Эксплуатация газогенераторных машин на лесовывозке показала

в ряде случаев недостаточную прочность крепежного материала, поставленного при монтаже отдельных частей газогенераторных установок.

Болты малого диаметра, легкие хомуты и скобы, слабые опорные лапки у газогенератора и очистителей-газгольдеров при неизбежных сотрясениях и перекосах машины не выдерживают возникающих усилий и ломаются.

Поэтому, пользуясь имеющимся оборудованием своих лесарно-механических мастерских, лесопункты в таких случаях заменяют поставленный крепежный материал более усиленным, поскольку изготовить его в большинстве случаев не так трудно; одновременно они обращают внимание заводов-поставщиков на необходимость более прочного монтажа изготавливаемых установок.

Ежедневным осмотром креплений и подтяжкой можно предупредить ослабление соединительных швов в газогенераторе и других мест, а также избежать появления трещин и поломок.

Высокая температура активной зоны газогенераторов требует, как высококачественного огнестойкого материала для топливников, так и хорошей сварки или соединения топливника с соответствующей поддерживающей деталью. При несоблюдении этих требований в топливниках возникают трещины и прогары, что приводит к прекращению работы газогенератора и последующей смене топливника. Прогары могут появиться не только в топливнике, но и в других частях газогенератора, близких к топливнику (воздушные камеры, бункерные и наружные кожухи и др.). Такие прогары являются следствием или воздушных прососов, вызывающих повышение температуры у мест прососов, или недоброкачественного материала соответствующих деталей. Заплатой из прочного металла с асбестовой прокладкой, заваркой можно заделать места прогара, параллельно устраняя причины их появления. При прогарах также сменяют детали.

Кроме прогаров встречаются случаи проедания бункерного и наружного кожухов (а также крышки загрузочного люка) уксусной кислотой, выделяющейся в числе других продуктов при сухой перегонке дерева, служащего топливом для газогенератора. Предохранить генератор от действия кислоты можно металлизацией внутренней поверхности бункера медью, медной вставной облицовкой или употреблением в качестве материала для бункера кислотоупорной стали. Поврежденные кислотой места заделываются также наложением заплаты и заваркой.