

ана Бруб.

Н. П. ПАВЛОВСКИЙ и С. Ф. ОРЛОВ

1  
6201

Я  $\frac{331}{126}$

АВТО-ТРАКТОРНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

# АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ



ГОСЛЕСТЕХИЗДАТ  
МОСКВА · 1939



Доц. Н. П. ПАВЛОВСКИЙ и асс. С. Ф. ОРЛОВ

9  $\frac{331}{126}$  9

# АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

*Утверждено Всесоюзным комитетом  
по делам высшей школы при СНК СССР  
в качестве учебника для лесотехни-  
ческих вузов*



МОСКВА ГОСЛЕСТЕХИЗДАТ 1939



Книга содержит в себе основной материал по топливу и его газификации, по конструкциям и расчету газогенераторных установок автомобильно-тракторного типа, по монтажу и эксплуатации этих установок и по организации топливного хозяйства

*Н. П. Павловский и С. Ф. Орлов*  
*„Автомобильно-тракторные*  
*газогенераторные установки“,*  
*Гослестехиздат, Москва, 1939 г.*

*Отв. редактор Н. С. Соловьев*  
*Рецензент Т. Т. Семенов-Жуков*  
*Техн. редактор С. И. Шмелькина*  
*Корректор Л. И. Крестошевская*  
*Сдано в производство 14/X 1939 г.*  
*Подписано к печати 17/XII 1939 г.*  
*Тираж 10000 экз. Инд. 4200*  
*Объем 16,25 печ. л. 17,3 уч. авт. л.*  
*Формат бумаги 60×92 (1/16)*  
*Коллч. зн. в печ. л. 47200 Изд. 82*  
*Цена книги 4 р. 50 к. Перепл. 1 р. 50 к.*  
*Уполн. Мособлгормита Б-13005*

*Тип. „Красное знамя“, Москва, Суцеская, 21 Зак. 3075*



2011036231

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга «Автомобильно-тракторные газогенераторные установки» написана в соответствии с программой одноименного раздела курса тяговых машин, изучаемого в лесотехнических институтах.

Книга является первой попыткой систематизировать имеющийся материал по транспортным газогенераторным установкам и дать его учащимся в виде учебника.

Содержание книги охватывает основной материал по топливу и его газификации, по конструкциям и расчету газогенераторных установок, по монтажу и эксплуатации этих установок, а также и по организации топливного хозяйства. Этот материал обеспечивает изучение курса в объеме, предусмотренном учебной программой, и может быть использован для дипломного проектирования. Методика изложения и систематизация материала книги основаны на опыте преподавания курса «Автомобильно-тракторные газогенераторные установки» и апробированы методическими органами высшей школы.

Газовые двигатели в книге не рассматриваются, так как они изучаются в разделе «Двигатели внутреннего сгорания» курса «Теплотехника». Особенности конструкций газогенераторных машин изучаются в разделе «Конструкции автомобилей и тракторов» курса «Тяговые машины».

Содержание книги не исчерпывает всего материала, имеющегося по транспортным газогенераторным установкам. Поэтому авторы примут с благодарностью все замечания и поправки и просят направлять их по адресу: Ленинград, Лесотехническая академия им. С. М. Кирова, кафедра тяговых машин.

Главы 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11 написаны доцентом Павловским, а главы 6, 7 и 8 — ассистентом Орловым.

*Н. П. Павловский и С. Ф. Орлов*



## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение размера лесозаготовок и применение в лесопромышленной зоне сплошных концентрированных рубок потребовало широкой механизации работ по заготовке, вывозке, сплаву и разделке леса.

В соответствии с указанием товарища Сталина о том, что «Нужно немедленно перейти на механизацию наиболее тяжелых процессов труда, развертывая это дело во всю (лесная промышленность, строительное дело, угольная промышленность, погрузка—выгрузка, транспорт, черная металлургия и т. п.)»<sup>1</sup>, лесоразработки снабжаются огромным количеством тракторов, автомобилей и различных механизмов по разделке и погрузке-разгрузке леса.

Парк тракторов и автомобилей в лесу непрерывно возрастает в связи с общим ростом народного хозяйства и его потребностей в лесу. Дальнейшее развитие механизированных лесопунктов должно дать еще более резкое увеличение тягового парка.

Перевод авто-тракторного парка механизированных лесопунктов с жидкого топлива — лигроина и бензина, доставляемых в большом количестве из отдаленных районов, на дешевое твердое — древесину и древесный уголь — дает ряд существенных выгод:

1) более рациональное расходование жидкого топлива в общем энергетическом балансе страны;

2) освобождение железнодорожного транспорта от дальних перевозок жидкого топлива в лесозаготовительные районы;

3) снижение эксплуатационных расходов механизированных лесопунктов из-за резкого уменьшения затраты средств на твердое топливо по сравнению с жидким;

4) возможность организации механизированных лесопунктов в районах, далеко отстоящих от магистральных путей транспорта;

5) использование в качестве топлива древесных отходов, требующих в условиях механизированных лесопунктов дополнительных расходов на сжигание в порядке очистки мест рубок.

Перевод авто-тракторного парка лесной промышленности в основном на древесное топливо является важнейшей задачей в области механизации лесозаготовок.

<sup>1</sup> И. Сталин, Вопросы ленинизма, Партиздат, 1935, стр. 449—450.

## Глава I

### КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

#### ГАЗОГЕНЕРАТОРОСТРОЕНИЕ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Идея получения горючего газа путем сжигания твердого топлива при ограниченном доступе воздуха возникла в начале девятнадцатого столетия.

Создание и усовершенствование стационарных установок шло достаточно быстро и к двадцатому столетию их конструктивное оформление достигло серьезных успехов. Современные промышленные установки типа «Дельвиг-Флейнар», «Пинч», «Дейтц» и др. завоевали себе признание высоким качеством работы и чистым высококалорийным газом.

Первая газогенераторная автомобильная установка, смонтированная на грузовом автомобиле, появилась в 1905 г. в Шотландии, но техническое ее качество было крайне низким.

Дальнейшее конструирование авто-тракторных газогенераторных установок получило сильный толчок в период империалистической войны, когда страны, импортировавшие жидкое топливо, оказались в весьма стесненном положении и вынуждены были искать замены жидкого топлива суррогатами.

Первой страной, в большом количестве строившей и эксплуатировавшей газогенераторные транспортные установки, является Франция, где уже в 1916 г. между Парижем и Руаном ходил газогенераторный автобус, в 1917 г. был пущен в эксплуатацию газогенераторный грузовик и к 1920 г. были оборудованы газогенераторными установками несколько тракторов и танков.

С 1922 г. Франция широко организует газогенераторостроение и проводит ряд конкурсных испытаний автомобилей и тракторов с газогенераторными установками. Эти испытания способствовали улучшению конструкции газогенераторных установок и газовых двигателей и изучению их работы.

В 1924 г. газогенераторные грузовики участвовали в маневрах французской армии. После этого автомобили, тракторы и танки, работающие на твердом топливе, стали широко внедряться в армии.

Французские газогенераторные установки — «Автогаз», «Рено», «Панар-Левассор», «Гоэн-Пулен», «Берлие» — пользуются мировой известностью.



Интерес к газогенераторостроению проявляли и другие страны. Бельгия, например, вместе с Францией принимала участие в ряде первых конкурсных испытаний. В Австрии в 1923—24 гг. были испытаны на лесозаготовительных работах французские газогенераторные установки. Тогда же фирма «Кромаг» приступила к изготовлению газогенераторов по типу французских «Сагам» («Кромаг-Сагам»).

В Германии развитие газогенераторостроения для транспортных машин началось с 1920 г. Первые установки были выпущены фирмой «Пинч». В дальнейшем после ряда усовершенствований и экспериментальных исследований к строительству газогенераторных установок приступил еще ряд фирм, из которых наибольшую известность сейчас имеют «Имберт», «Дейтц», «Менк».

В настоящее время газогенераторостроение в Германии приняло большие размеры и близко связано с интересами военного ведомства.

Италия также является страной с сильно развитым газогенераторостроением. Оно пользуется поддержкой правительства и обеспечивается специальными декретами, появление которых относится к периоду войны Италии с Абиссинией. Подробных сведений об итальянских новейших установках не имеется.

Из остальных стран следует отметить Швецию, где получили известность газогенераторы «Абоген», и Финляндию (газогенераторы «Сандвикенс OTSO»).

В ряде стран для быстреего внедрения газогенераторных машин их владельцам предоставляются льготы, например, уменьшается налоговое обложение, дается рассрочка при покупке, снижаются цены на машину в целом и т. д., что, несомненно, содействует распространению газогенераторов.

## ГАЗОГЕНЕРАТОРОСТРОЕНИЕ В СССР

Началом газогенераторостроения в СССР можно считать 1921 г., когда проф. В. С. Наумов создал первую советскую автомобильную газогенераторную установку У-1 для угольного топлива. Совершенство ее, проф. Наумов сконструировал в 1928 г. установку У-2 (испытывалась на машине «Фиат»), в 1929 г. — установки У-3 и У-4 для трактора «Коммунар», премированные на конкурсе, организованном обществом «Автодор» в 1931 г., а в 1934—35 гг. — установки У-5 и У-6 для автомобилей ГАЗ-АА. Установки У-5, У-6 участвовали не только в пробеге, но и в производственной работе на лесовывозке в лесопунктах ленинградских трестов.

Большое значение для развития советского газогенераторостроения имели работы С. И. Декаленкова, который в 1918—1923 г. использовал брошенные интервентами на севере тракторные двигатели и приспособил их для нескольких стационарных силовых установок; для питания этих установок С. И. Декаленков построил древесные газогенераторы своей конструкции.

Первые транспортные установки Декаленкова «Пионер» Д-1 — Д-5 были лишь экспериментальными образцами. Затем Декаленков

дал полупромышленные типы установок «Пионер» Д-6 для автомобилей ГАЗ-АА, «Пионер» Д-7 для трактора «Коммунар», «Пионер» Д-8, Д-8а, Д-10, ДГ-13 для автомобиля ЗИС-5 и «Пионер» Д-9 и ДГ-11 для трактора «Сталинец-60».

Все установки С. И. Декаленкова работают на древесных чурках.

По автомобильным газогенераторам с 1926 г. ведет работу проф. В. П. Карпов, который наряду с лабораторными и теоретическими исследованиями дал конструкции угольных установок для автомобилей ГАЗ-АА и Я-5.

Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной механики (ВИСХОМ) спроектировал в 1930—31 г. установки СЖ-2 (конструктор инж. Семенов-Жуков) для тракторов СТЗ и В-3 (конструктор инж. Введенский) для трактора «Коммунар».

В 1932 г. Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ) испытывал работавший на дровах газогенератор, сконструированный проф. Н. С. Ветчинкиным; затем ЦНИИМЭ разработал конструкцию древесного газогенератора «Вастан» для трактора «Сталинец-60», угольного газогенератора ЦНИИМЭ-5 для легкового автомобиля ГАЗ-А и ЦНИИМЭ-6 для автомобиля ЗИС-5.

В 1932—34 гг. коллективом о-ва «Автодор» был создан ряд древесных газогенераторных установок «Автодор» для тракторов и автомобилей.

Ленинградский индустриальный институт (конструктор инж. В. М. Володин) дал в 1935 г. угольную газогенераторную установку ВМВ для автомобилей ГАЗ-АА, конструкция которой легла в основу установки НАТИ-угольная.

Ленинградская лесотехническая академия им. С. М. Кирова (кафедра тяговых машин) в 1935 г. создала установку ЛТА для автомобиля ГАЗ-АА на древесной щепе, в 1936 г. угольную и древеснощепную установки ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ, в 1937 г. угольную и древеснощепную установки ЛТА для автомобилей ЗИС-5 и в 1938 г. щепную и угольную для трактора ЧТЗ-60.

Газогенераторстрой (конструктор инж. А. А. Введенский) дал в 1934 г. древесную установку В-4 для автомобиля ЗИС-5 и в 1935 г. установку В-5 для автомобиля ГАЗ-АА.

Крупнейшим научным учреждением в СССР в области авто-тракторостроения является Научный авто-тракторный институт (НАТИ). Он ведет большую работу по созданию собственных конструкций газогенераторных установок.

За период с 1930 г. НАТИ разработал установки: НАТИ-1 для автомобиля, НАТИ-2 для тракторов СТЗ и ХТЗ, НАТИ-3 для тракторов СТЗ, ХТЗ и речных катеров, НАТИ-4, НАТИ-5 для трактора «Коммунар», НАТИ-6 для речных катеров, НАТИ-9 для тракторов СТЗ и ХТЗ, НАТИ-10 для автомобиля ЗИС-5, НАТИ-11 и НАТИ Г-14 для автомобиля ГАЗ-АА; НАТИ Г-13 и Г-25 для тракторов ЧТЗ, НАТИ Г-19 для тракторов СТЗ-НАТИ ИТА, НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА, НАТИ Г-23 для автомобиля ЗИС-5 и др.



В 1936 г. к проектированию и изготовлению газогенераторных установок приступили Горьковский автомобильный завод им. Молотова и Московский автомобильный завод им. Сталина, выпустившие специальные газогенераторные автомобили под маркой ГАЗ-42, ЗИС-13, ЗИС-21.

Трест Лесосудомашстрой (конструктор инж. И. П. Щетинин) спроектировал установку ЛС-1-3 для трактора «Сталинец-60».

Центральный научно-исследовательский институт лесосплава дал проект автомобильной установки конструкции Кузнецова.

В конструировании газогенераторных установок судового типа принимали участие Центральный научно-исследовательский институт водного транспорта, Центральный научно-исследовательский институт лесосплава, трест Лесосудомашстрой, НАТИ, ряд отдельных конструкторов (Наумов, Декаленков и т. д.).

В заключение необходимо отметить, что ряд научно-исследовательских институтов, кроме проектирования, занимался исследованием собственных и импортных установок, исследованием процесса газификации и т. д. (НАТИ, Всесоюзный научно-исследовательский дизельный институт, ВИСХОМ и др.).

Эти работы, а равно работы по отдельным теоретическим вопросам и по описанию конструкций авто-тракторных газогенераторных установок (проф. В. Ю. Гиттис, проф. В. П. Карпов, Е. А. Флоров, И. С. Мезин, А. А. Введенский и др.) содействовали развитию отечественного газогенераторостроения.

Однако до 1935 г. газогенераторные установки выпускались лишь единицами.

Перелом в развитии газогенераторостроения в Советском Союзе наметился лишь после постановления ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 19 января 1935 г. «О недостатках в работе Народного комиссариата лесной промышленности в области лесозаготовок и лесосплава и о мерах к ее улучшению».

В этом постановлении был признан необходимым скорейший перевод тракторов и автомобилей, работающих на лесных работах, с жидкого топлива на древесное, для чего Наркомтяжпрому было поручено оборудовать тракторы ЧТЗ и грузовые автомобили, отпускаемые Наркомлесу, газогенераторными установками, организовав в соответствии с этим с I квартала 1935 г. производство газогенераторов и деталей, необходимых для переоборудования двигателей.

Постановление Совета народных комиссаров Союза ССР от 28 февраля 1938 г. «О производстве газогенераторных автомобилей, тракторов и других видов транспортных машин» дает неудовлетворительную оценку производству и внедрению газогенераторных машин в народное хозяйство, а также обязывает Наркоммаш изготовить в 1938 г. 4500, в 1939 г. — 25 000 и в 1940 г. — 55 000 газогенераторных тракторов и автомобилей.

В постановлении от 15 ноября 1938 г. «Об улучшении работы лесозаготовительной промышленности СССР» Совнарком Союза ССР и ЦК ВКП(б) признали важнейшей задачей в области механизации лесозаготовок перевод в 1939 г. авто-тракторного парка лесной про-

мышленности в основном на древесное топливо и обязали перевести в течение 1939 г. полностью на древесное топливо по Наркомлесу СССР 2300 тракторов ЧТЗ-60 и 1000 автомашин ЗИС, по Главлестяжпрому — 200 тракторов и 400 автомашин, по ЦОЛЕС НКПС — 120 тракторов и 400 автомашин.

То же постановление обязало лесозаготовительные предприятия организовать на всех газогенераторных базах топливно-заготовительные пункты для заготовки древесного топлива в летний период и обеспечить к 1 сентября 1939 г. не менее чем десяти-месячные запасы топлива естественной сушки, а также построить сушилки простейшего типа.

Наркоммашу было предложено не позднее 1 марта 1939 г. изготовить и испытать совместно с Наркомлесом СССР тракторный газогенератор, работающий на древесном угле.

Указания партии и правительства о переводе авто-тракторного парка лесной промышленности с жидкого на древесное топливо послужили стимулом к созданию высококачественных конструкций, разработанных крупнейшими научными учреждениями и заводами Союза.



## Глава II

## ТОПЛИВО

В автомобильно-тракторных газогенераторных установках используется весьма разнообразное топливо.

В газогенераторах могут применяться каменные угли, торф, древесина и древесный уголь, солома, отбросы хлопкового производства, подсолнечная шелуха и др.

Самыми распространенными, а для газогенераторных установок, эксплуатируемых в лесной промышленности, единственными видами топлива являются древесина в виде древесных чурок, щепы, брикетов из древесных отходов и древесный уголь в виде угля и брикетов из угольной мелочи.

## ДРЕВЕСНОЕ ТОПЛИВО

## Состав

Твердое топливо состоит из горючей (органической) части и негорючей части (балласта).

Горючая часть топлива состоит из органических соединений, включающих углерод, водород, кислород, азот и серу.

Негорючая часть содержит в себе минеральные соединения (золу) и воду.

Углерод, водород, кислород и азот входят в состав каждого топлива, наличие же в топливе воды, серы и золы зависит как от вида топлива, так и от ряда других причин.

Можно считать, что в среднем органическая масса древесины содержит 49,5% углерода, 6,3% водорода и 44,2% кислорода вместе с азотом.

Процентное содержание углерода, водорода, кислорода и азота в различных породах древесины (в абсолютно-сухом состоянии) приведено в табл. 1.

Кроме указанных элементов, образующих органические вещества, в состав древесины входят и минеральные вещества: поташ, сода, известь, магnezия и др., дающие при сгорании золу. Содержание золы в древесине колеблется от 0,2 до 1,7% и зависит от породы дерева, возраста дерева, условий и места произрастания. Кроме того, содержание золы неодинаково в отдельных частях дерева: наибольшее ее количество находится в коре и ветвях.

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

Таблица 1

Древесные породы	С	Н	О	N
Береза . . . . .	48,88	6,06	44,67	0,10
Бук . . . . .	49,06	6,11	44,17	0,09
Дуб . . . . .	50,16	6,02	43,45	
Ясень . . . . .	49,18	6,27	43,98	
Ель . . . . .	50,31	6,20	43,08	0,04
Пихта . . . . .	50,36	5,92	43,39	0,05

и 0,6% золы. Эти данные почти полностью совпадают с данными табл. 1.

Углерод, водород и кислород, находящиеся в составе древесины, образуют сложные органические вещества: целлюлозу, лигнин, дубильные вещества, смолы и т. д. Целлюлоза и лигнин являются главнейшими горючими веществами древесины.

Элементарный состав целлюлозы (по данным Гесса) и лигнина (по данным Фукса) приведен в табл. 2 (в процентах).

Таблица 2

Органические вещества	С	О	Н
Лигнин . . . . .	64,4	29,7	5,9
Целлюлоза . . . . .	44,34	49,28	6,38

В хвойных породах количество лигнина достигает 29%, целлюлозы — 54%, а в лиственных породах содержание лигнина доходит до 26% и целлюлозы — до 45%.

Смолы находятся как в коре, так и в самой древесине. В зависимости от породы дерева процентное содержание их может изменяться; по данным Швальбе и Беккера, в сосне содержится смол 3,45%, в ели — 2,30%, в березе — 1,78% и в буке — 0,70%.

## Теплотворная способность

Качество топлива определяется количеством тепла, выделяющимся при его сгорании. По Менделееву, один килограмм углерода — главного элемента топлива — при полном сгорании выделяет 8137 кал. Один килограмм свободного водорода (Н), находящегося в органическом соединении с углеродом и другими элементами, выделяет при сгорании 34 180 кал. Связанный водород, находящийся в соединении с кислородом в виде воды (Н<sub>2</sub>О), при сгорании топлива не выделяет тепла. Количество связанного водорода в топливе в 8 раз меньше по весу количества кислорода

и определяется отношением  $\frac{O}{8}$ , где О — вес кислорода топлива в кг.



Вода, имеющаяся в составе топлива, при сгорании последнего требует для своего испарения определенного количества тепла, выделяемого другими элементами; поэтому связанный водород понижает теплотворную способность топлива.

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

Один килограмм серы (S) при сгорании в  $SO_2$  выделяет 2181 кал. Примеси серы в топливе не желательны, так как они разрушающе действуют на металлические поверхности топок. В составе древесины сера отсутствует.

Минеральные вещества, содержащиеся в топливе, при его сгорании образуют золу.

Теплотворная способность топлива определяется с учетом его состава и того количества тепла, которое выделяют при полном сгорании его элементы. Все тепло, выделенное 1 кг топлива при горении в свободном состоянии, будет его теплотворной способностью. Различают высшую и низшую теплотворные способности топлива. Высшая теплотворная способность определяется при условии образования воды в результате сгорания входящего в его состав водорода. Низшая теплотворная способность определяется при условии 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 теплотворной способности. При определении низшей теплотворной способности топлива количество тепла, расходуемого на превращение 1 кг воды в пар, принимается равным 600 кал, а количество воды, образующейся при сгорании 1 кг топлива, равным 9H. Полагая, что топливо содержит в себе углерода C%, водорода H%, кислорода O% и серы S% и что при полном сгорании углерод выделяет  $\frac{C \cdot 8137}{100}$  кал, свободный водород —  $\left( H - \frac{O}{8} \right) \frac{34180}{100}$  кал

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

Для определения теплотворной способности топлива существует ряд формул: Дюлонга, Общества германских инженеров, Д. И. Менделеева и др.

Формулы Дюлонга:

$$H_{\text{выш.}} = \frac{8137 C + 34180 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2181 S}{100} \quad (\text{общая});$$

$$H_{\text{выш.}} = \frac{8137 C + 34180 \left( H - \frac{O}{8} \right)}{100} \quad (\text{для древесины});$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8137 C + 28905 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2181 S - 600 W}{100} \quad (\text{общая});$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8137 C + 28905 \left( H - \frac{O}{8} \right) - 600 W}{100} \quad (\text{для древесины});$$

где C, H, O, S, W — содержание углерода, водорода, кислорода, серы и влаги в топливе.

Формулы Общества германских инженеров:

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8100 C + 29000 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2500 S - 600 W}{100} \quad (\text{общая});$$

$$H_{\text{раб.}} = \frac{8100 C + 29000 \left( H - \frac{O}{8} \right) - 600 W}{100} \quad (\text{для древесины}).$$

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 собою в химическом соединении и часть тепла, выделяемого при сгорании, затрачивается на разрушение этого соединения, вычисление по этим формулам дает результаты, отличающиеся от действительного значения теплотворной способности.

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

$$H_{\text{выш.}} = 81 C + 300 H - 26 (O - S) \quad (\text{общая});$$

$$H_{\text{выш.}} = 81 C + 300 H - 26 O \quad (\text{для древесины});$$

$$H_{\text{раб.}} = 81 C + 300 H - 26 (O - S) - 6 (9 H + W) \quad (\text{общая});$$

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

Формулы Менделеева дают более точное определение величины теплотворной способности топлива по сравнению с формулами Дюлонга и Общества германских инженеров, хотя и здесь в некоторых случаях неточность вычисления может достигать 5—10%.

Кроме приведенных формул, для определения теплотворной способности топлива существует и ряд других (Коновалова, Гуталья), однако все они также не дают точных результатов. Поэтому в тех случаях, когда необходимо иметь более точную величину теплотворной способности топлива, следует определять ее сжиганием топлива в калориметрах.



На теплотворную способность древесины наряду с влажностью оказывают влияние такие факторы, как порода дерева, его возраст, условия местопроизрастания и т. д.

Так, например, в одной и той же породе древесины с повышением возраста дерева увеличивается содержание углерода и уменьшается содержание водорода и кислорода. Кроме того, в зависимости от возраста дерева изменяется и его зольность.

Влияние большинства этих факторов на теплотворную способность, однако, еще не в полной мере изучено.

В табл. 3 приводятся величины теплотворной способности древесины отдельных пород, определенные различными исследователями.

Таблица 3

Породы дерева	Теплотворная способность абс.-сухой древесины ( $H_{высх.}$ ) в кал/кг				
	по Мюллеру Степанову	по Киришу	по Астафьеву	по Фишеру	по Маржецкому
Береза . . . . .	4 907	4 919	4 800	4 802	4 831
Дуб . . . . .	—	4 857	4 717	4 734	—
Бук . . . . .	—	—	—	4 799	—
Сосна . . . . .	4 907	5 064	4 884	4 890	4 922
Ель . . . . .	4 857	—	4 706	—	5 088
Осина . . . . .	4 953	4 779	4 740	—	4 792

Расхождения в величинах вызваны тем, что при их определении не учитывались все вышеуказанные факторы, влияющие на теплотворную способность.

Определение теплотворной способности древесины можно производить и для единицы ее объема, т. е. с учетом удельного веса древесины, который неодинаков для различных пород. Если теплотворную способность древесины умножить на ее удельный вес, то получается удельная теплотворная способность древесины, характеризующая отдельные породы с точки зрения получаемого количества тепла при сжигании единицы объема. Удельная теплотворная способность древесины приводится в табл. 4.

Таблица 4

Породы дерева	Теплотворная способность, отнесенная к единице веса абс.-сухой древесины кал./кг	Удельный вес абс.-сухой древесины	Удельная теплотворная способность в кал
Дуб . . . . .	4 857	0,64	3 108
Береза . . . . .	4 919	0,57	2 804
Сосна . . . . .	5 064	0,42	2 127
Ель . . . . .	4 857	0,38	1 846
Осина . . . . .	4 779	0,37	1 768

Влажность древесины оказывает большое влияние на величину теплотворной способности, которая уменьшается с увеличением влажности. Низшую (рабочую) теплотворную способность древесины в зависимости от влажности можно определять по эмпирической формуле проф. А. А. Надежина:

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

где  $W_{\text{отн.}}$  — процент относительной влажности древесины.

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

### Температура горения

Тепловой эффект при горении 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:

$$t_0 = \frac{H_{\text{раб.}} + t \cdot \Sigma_{mc}}{\Sigma_{mc}}$$

где:

$H_{\text{раб.}}$  — низшая (рабочая) теплотворная способность,

$t$  — температура воздуха,

$\Sigma_{mc}$  — сумма теплоемкостей продуктов горения.

Теоретическая температура горения древесины в топке равна + 1 590°C.

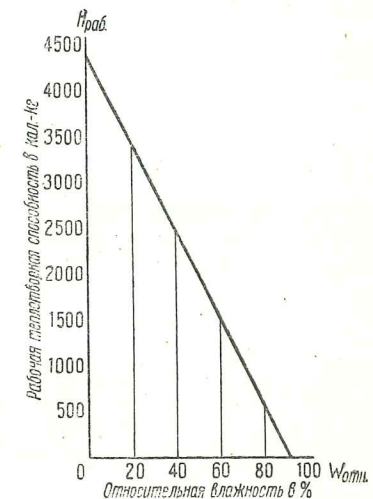


Рис. 1. Зависимость теплотворной способности древесины (гужевой доставки) от относительной влажности

### Влажность

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 составляют вода капиллярная и коллоидальная; химически связанной воды имеется незначительное количество. Количество капиллярной воды изме-



няется в древесине в зависимости от объема пор, степени насыщения водой и местоположения древесины в стволе, количество же коллоидальной воды зависит от породы дерева.

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

Для определения абсолютной влажности пользуются формулой:

$$W_{\text{абс.}} = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100,$$

а для определения относительной влажности:

$$W_{\text{отн.}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100,$$

где:

$G_1$  — первоначальный вес древесины;

$G_2$  — абсолютно-сухой вес древесины;

$W_{\text{абс.}}$  — абсолютная влажность древесины в %;

$W_{\text{отн.}}$  — относительная влажность древесины в %.

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

$$W_{\text{абс.}} = \frac{W_{\text{отн.}}}{100 - W_{\text{отн.}}} \cdot 100;$$

$$W_{\text{отн.}} = \frac{W_{\text{абс.}}}{100 + W_{\text{абс.}}} \cdot 100.$$

Абсолютно-сухой вес древесины определяется различными способами. Чаще всего применяется способ высушивания образцов древесины до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 105°C.

В соответствии с тем или иным состоянием по содержанию влаги древесина может рассматриваться как свежесрубленная, мокрая, воздушно-сухая, комнатно-сухая и абсолютно-сухая.

Влажность свежесрубленного дерева зависит от его породы, места и условий произрастания, времени рубки и других факторов. В табл. 5 приведены цифры, определяющие влажность свежесрубленной древесины (по данным Госа, Баженовой и Прикот для Ленинградской области) в зависимости от времени года.

Содержание воды внутри древесины уменьшается от периферии к центру. Наибольшее количество воды содержится в комлевой и верхней частях ствола.

Мокрой называется древесина, долгое время находившаяся в воде. Мокрая и свежесрубленная древесина на воздухе постепенно высыхает.

Влажность воздушно-сухой древесины зависит от температуры и влажности окружающего воздуха и времени сушки. В среднем

Таблица 5

Породы дерева	Абсолютная влажность древесины в %			
	январь	апрель	август	декабрь
Сосна . . . . .	83	92	80	97
Ель . . . . .	103	89	78	103
Береза . . . . .	82	76	60	84
Осина . . . . .	118	102	64	105

влажность воздушно-сухой древесины принимается в 25% абс. Древесина с влажностью до 20% может быть непосредственно использована в качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок.

Воздушно-сухая древесина, находясь некоторое время в отапливаемом помещении, высыхает еще больше. Древесина, содержащая 8—13% влаги, называется комнатно-сухой.

Если древесина при температуре 100—105°C в течение определенного времени высушивается до постоянного веса, она теряет всю капиллярную и коллоидальную воду. В таком состоянии ее называют абсолютно-сухой. Абсолютно-сухая древесина, вынесенная на воздух, сейчас же впитывает в себя имеющуюся в воздухе влагу. Это впитывание продолжается до тех пор, пока между влажностью древесины и окружающего воздуха не установится равновесие.

#### Породы древесины и размеры древесного топлива

Древесина в газогенераторных установках употребляется в виде чурок и щепы и в редких случаях в виде дров и брикетов. Чурки и щепа должны иметь такие размеры, чтобы они непрерывно опускались в газогенераторе, не образуя сводов, нарушающих процесс горения и газообразования. Для этого чурки должны иметь размеры сторон от 40 до 80 мм в зависимости от конструкции газогенераторов, а дробленая щепа (80—40) × (60—20) × (30—5) мм.

Для постоянства процесса горения и устойчивого газообразования размеры топлива должны быть примерно одинаковы. Более крупные чурки и щепа могут вызвать образование сводов в газогенераторе, а более мелкие — увеличить сопротивление поступлению воздуха и проходу газа.

При работе газогенератора на щепе требуется более частая очистка газогенераторной установки.

Кроме древесных чурок и щепы, в газогенераторных установках могут применяться полуметровые расколотые дрова. Такое топливо используется в ряде судовых газогенераторных установок. В автомобильно-тракторных установках оно распространения не получило.

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. Эти породы обладают наибольшим объемным весом и удельной теплотворной способностью и при сухой перегонке выделяют наименьшее количество смол. По составу и теплотворной способности газ, получаемый при газификации отдельных пород, почти одинаков.

Хвойные породы, особенно ель, значительно быстрее засоряют зольник и систему очистки, так как при сгорании дают большое количество угольной мелочи.

### Сухая перегонка древесины

Процесс химических изменений, происходящих в древесине от действия на нее высоких температур без доступа воздуха, называется сухой перегонкой древесины. Этот процесс характеризуется выделением из древесины ряда парообразных, газообразных, жидких и твердых продуктов, образующихся при определенных температурных условиях.

При нагревании древесины от  $+100^{\circ}\text{C}$  до  $+170^{\circ}\text{C}$  из нее выделяется вода в парообразном состоянии. С повышением температуры от  $+170^{\circ}\text{C}$  до  $+270^{\circ}\text{C}$  начинается разложение древесины и образование газов, содержащих в себе кислород ( $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ ), а также выделение паров уксусной кислоты. При температуре от  $+270^{\circ}\text{C}$  до  $+280^{\circ}\text{C}$  начинается экзотермический процесс интенсивного обугливания древесины и образование бурого угля.

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. В интервале от  $+380^{\circ}\text{C}$  до  $+500^{\circ}\text{C}$  получают некоторые жидкие продукты и тяжелые смолы. При температуре выше  $+500^{\circ}\text{C}$  выделяющиеся из древесины летучие продукты начинают разлагаться, выделяется водород, 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. Например, количество уксусной кислоты и метилового спирта у лиственных пород почти в два раза больше, чем у хвойных, а количество смол у хвойных пород и в особенности у сосны значительно больше, чем у лиственных.

Процентное содержание и перечень продуктов сухой перегонки древесины для различных пород приводятся в табл. 6 (по данным Классона).

### ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ

Как уже было отмечено, при нагревании древесины без доступа воздуха от температуры  $+270^{\circ}\text{C}$  и выше происходит обугливание древесины. В зависимости от температуры процесса сухой перегонки, породы древесины и ее качеств, а также от скорости обугливания, количество получаемого угля, его теплотворная способность и другие свойства значительно изменяются.

Таблица 6

Продукты сухой перегонки древесины	Процентное содержание			
	сосна	ель	береза	бук
Древесный уголь . . . . .	37,83	37,81	31,80	34,97
Углекислота . . . . .	10,13	10,30	9,96	10,90
Этилен . . . . .	0,23	0,20	0,19	0,20
Окись углерода . . . . .	3,74	3,78	3,32	4,22
Метан . . . . .	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
Органические вещества в уксусно-кислом натре . . . . .	8,03	7,75	8,15	5,89
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

Изменение количества получаемого угля и его химического состава в зависимости от температуры обугливания (по данным Бергштрема) приведено в табл. 7.

Таблица 7

Температура обугливания древесины в $^{\circ}\text{C}$	Химический состав угля в %			Выход угля в процентах от веса абсолютно- 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	7,7	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
1 000	96,6	0,5	2,9	26,3

Как видно из таблицы, при повышении температуры обугливания древесины концентрация углерода в угле непрерывно увеличивается, а содержание водорода, кислорода и азота, а также выход угля уменьшаются.

Уголь, получаемый при температуре  $+275^{\circ}\text{C}$  (так называемый бурый уголь), по своим физико-химическим качествам близок к древесному топливу, так как в его составе имеются в значительном количестве кислород, азот и водород. Однако от этого топлива



бурый уголь отличается отсутствием воды и только частичным разложением древесины.

Результаты анализа газов, выделяющихся при определенных температурных фазах сухой перегонки древесины при обугливания хвойной древесины в печах Шварца, приведены (по данным Юона) в табл. 8.

Таблица 8

Температура обугливания хвойной древесины в °С	Процентный состав газов				Теплотворная способность м³ газа в кал
	СО₂	СО	углеводороды	Н₂	
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	20,5	42,8	3630
700—900	0,6	9,8	8,8	80,8	3160

Эти данные показывают, что водород и углеводороды, начинающие при повышении температуры обугливания энергично выделяться из древесины, при температурной фазе 200—280° С выделяются еще в незначительном количестве. Следовательно, газ из бурого угля имеет более высокую теплотворную способность, отнесенную к 1 кг первоначально взятой древесины, чем газ из угля последующего выжигания. Это подтверждается данными Ж. Дюпона, полученными при газификации сосновой древесины и углей из этой же древесины различной температуры выжигания, приведенными в табл. 9.

Таблица 9

Наименование топлива	Выход газа из 1 кг топлива в м³	Выход газа из 1 кг первоначальной сухой древесины в м³	Выход газа на один и тот же объем топлива в м³	Теплотворная способность газа, полученного из 1 кг угля в кал	Теплотворная способность газа, отнесенная к 1 кг первоначальной сухой древесины в кал
Уголь, выжженный при + 550° С . . . . .	6,50	1,78	8,2	4350	1190
То же + 275° С . . . . .	4,50	3,67	9,5	2960	2430
„ + 250° С . . . . .	3,10	2,67	8,5	2260	1960
„ + 200° С . . . . .	2,88	2,67	7,1	1900	1760
Сосновая древесина 15% влажности . . . . .	2,70	3,10	8,2	2040	1720

Сравнительные данные ряда исследований позволяют сделать вывод о некоторых преимуществах бурого угля перед черным; бу-

рый уголь дает большую отдачу тепловой энергии по отношению к первоначальной сухой древесине, удобен в обращении и отличается малой гигроскопичностью. Однако до настоящего времени в газогенераторах бурый уголь еще не применяется из-за отсутствия специально приспособленных установок.

Черный уголь, получаемый при температурах от + 280° С до + 380° С и от + 380° С и выше, различается по твердости, маркости и концентрации углерода в органической его части.

Уголь, выжженный при температуре до + 380° С, хрупок и марок и содержит около 75% углерода. С повышением температуры обугливания выше 380° С содержание углерода повышается и при 1000° достигает 96,6%; при этом уголь становится более прочным и менее марким. Увеличение количества нелетучего углерода в черном угле по мере повышения температуры обугливания имеет большое значение для газификации, так как этот углерод участвует в основных ее реакциях.

Для автомобильно-тракторных древесноугольных газогенераторных установок в зависимости от их конструкции следует применять черный уголь с влажностью не свыше 10—15%, размером от 10 × 10 мм до 50 × 50 мм. Уголь должен быть из здоровой древесины, конечная температура его выжигания должна быть 600—800° С.

Черный уголь обладает большой гигроскопичностью: помещенный в воду, он через 2 часа увеличивает свой вес против первоначального в 1,5 раза, а через 32 часа почти в 2 раза. Высушивание же угля идет очень медленно.

Черный уголь содержит от 1 до 4% золы.

Теплотворная способность черного угля доходит до 8200 кал на 1 кг. В табл. 10 приведены средние данные о теплотворной способности черного угля, выжженного в печах из воздушно-сухой древесины при конечной температуре обугливания 600—800° С.

Таблица 10

Породы	Удельный вес угля	Вес 1 м³ угля в кг	Теплотворная способность в кал./кг
Береза . . . . .	0,400	175	7278
Ель . . . . .	0,215	120	7555
Сосна . . . . .	0,270	137	7519
Осина . . . . .	0,276	140	7253

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

Черный уголь как бессмольное и однородное по своему составу топливо является весьма ценным для автомобильно-тракторных газогенераторных установок. Заготовка угля значительно проще, чем древесных чурок, и может производиться непосредственно на лесосеке; для выжигания могут быть использованы отходы лесосеки—вершинник, сучья и т. д. Неудобство в обращении и образование



мелочи при перевозках угля снижают его эксплуатационные качества. Однако эти недостатки можно устранить, упаковывая уголь в пакеты.

### БРИКЕТИРОВАННОЕ ТОПЛИВО

Как уже указывалось, в качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных установок могут применяться различные отходы древесины — мелкие ветви, сучья, опилки, стружки, хвоя, шишки и древесноугольная мелочь. Однако их нельзя непосредственно использовать в газогенераторах, так как они неоднородны по размерам, имеют малый вес и низкую удельную теплотворную способность, быстро сгорают и засоряют газогенераторы, их неудобно хранить и перевозить. Поэтому отходы такого рода необходимо предварительно брикетировать.

Древесные и древесноугольные отходы чаще всего брикетируют следующим образом: высушивают в сушилке до 5—10% абсолютной влажности, измельчают до порошкообразного состояния в специальных приборах (дробилках, вальцах, шаровых мельницах), полученную массу перемешивают с древесным пеком (твердый остаток от разгонки смол) и прессуют под большим давлением (от 300 до 800 кг/см<sup>2</sup>), придавая получающимся брикетам удобную форму.

Количество древесного пека, употребляемого при брикетировании в качестве связующего вещества, составляет 9—20% от веса отходов, причем брикеты, полученные при большем количестве пека в указанных пределах, отличаются большей прочностью.

При изготовлении брикетов из хвои и шишек древесный пек не употребляется, так как связующие вещества содержатся в самих отходах.

После прессования угольные брикеты необходимо прокалывать при температуре 250° Ц без доступа воздуха.

Древесные отходы возможно брикетировать и без добавления связующего вещества по способу А. А. Глотова. По этому способу отходы после измельчения и высушивания высыпают в реторты и подогревают до температуры 300—400° Ц. После этого древесную массу прессуют на горячем прессе, нагретом до температуры 350° Ц. Брикеты, полученные таким способом, называются экзобрикетами.

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

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

Для изготовления брикетов необходимо соответствующее оборудование.

Сравнительных данных, позволяющих судить о целесообразности брикетирования древесных отходов для использования их в качестве топлива для автомобильно-тракторных газогенераторных устано-

вок, у нас в СССР нет. По удобству обращения и высокой калорийности древесноугольные брикеты являются весьма ценным топливом.

### ТОРФ

Кроме древесного топлива, Советский Союз располагает огромным количеством торфа, составляющим свыше 50% всего мирового запаса. Поэтому торф как топливо для автомобильно-тракторных газогенераторных установок должен занять видное место, особенно в тех районах, где он является основным топливом.

Торф отличается большим содержанием летучих веществ; его теплотворная способность — 3000—3100 кал/кг при воздушно-сухом состоянии, т. е. при влажности 25—35%.

В автомобильно-тракторных газогенераторных установках его можно употреблять в виде кускового торфа, торфяного кокса и торфяных брикетов.

В табл. 11 приведены данные Украинского института топлива об органическом составе торфа, его теплотворной способности и объемном весе.

Таблица 11

Виды торфа	Относительная влажность в %	С о с т а в						Рабочая теплотворная способность кал/кг	Вес 1 м <sup>3</sup> в кг
		зола А	углерод С	водород Н	сера S	азот N	кислород О		
Кусковой . . . .	30,0	[8,0	36,3	3,6	0,2	1,6	20,3	3 100	400
Торфобрикет	15,0	10,0	43,7	4,3	0,2	2,0	24,8	3 850	850
Торфяной кокс .	5,0	10,0	78,5	1,6	0,2	1,4	3,3	7 350	400

Содержание серы в торфе незначительно: в зависимости от места залегания оно колеблется от 0,12% (верховой торф) до 0,42% (низинный торф).

При газификации торфа выделяется ряд продуктов сухой перегонки: уксусная кислота, метиловый спирт, ацетон, аммиак, смолистые погоны. По количеству и качеству эти продукты (кроме аммиака) близко подходят к одноименным продуктам сухой перегонки древесины.

Недостатком торфа, затрудняющим его применение в качестве топлива для газогенераторных установок, является значительная зольность.

Содержание золы в торфе колеблется в зависимости от места и района залегания. Средняя зольность верхового торфа 2—5%, низинного 7—12% и выше.

Кроме того, содержащаяся в торфе зола плавится легче, чем древесная. Средняя температура начала деформации золы тор-



фа  $+1050^{\circ}\text{C}$ , температура размягчения  $+1125^{\circ}\text{C}$  и жидкостного состояния  $+1180^{\circ}\text{C}$ .

Все это при газификации торфа может привести к значительному образованию шлака над колосниковой решеткой, что создает значительное сопротивление отсасыванию газа из газогенератора.

Плохая теплопроводность торфа ухудшает процесс газификации и требует увеличенного и форсированного подогрева торфа в газогенераторе.

Под действием различных факторов (тепловое воздействие, действие атмосферных осадков, механическое воздействие) торф быстро трескается и образует торфяную крошку размером до 25 мм. Нормальные куски торфа, заготавливаемого для газификации, должны иметь в диаметре 50—70 мм. Торфяная крошка должна отсеиваться от этих кусков; в газогенератор ее засыпать нельзя, так как она резко ухудшает процесс газификации.

Применение торфяного кокса и торфобрикетов для газогенераторов весьма желательно, так как их теплотворная способность выше, чем у кускового торфа. Однако для получения высококалорийного торфяного кокса хорошего выжига необходимы специальные заводы, так как кокс кучного выжига не имеет необходимых качеств и дает много отходов.

Изготовление торфяных брикетов также требует заводского оборудования; размеры торфобрикетов, выпускаемых существующими заводами, не подходят для авто-тракторных газогенераторных установок.

Таким образом, торфяной кокс и торфобрикеты обходятся значительно дороже кускового торфа. Поэтому наиболее выгодным видом торфяного топлива в большинстве случаев будет кусковой торф. Заготовка кускового торфа крайне несложна и сводится к разделке торфяных кирпичей и к сбору подходящих кусков на местах хранения формованных кирпичей.

Торф может быть использован только в специально приспособленных авто-тракторных газогенераторах.

При проектировании торфяных газогенераторов следует учитывать некоторую близость торфа к древесине по ряду показателей (продукты сухой перегонки, состав, теплотворная способность и др.) и его специфические особенности (зольность, легкоплавкость золы, плохая теплопроводность). В настоящее время авто-тракторная промышленность еще не выпускает газогенераторных установок для торфа.

## КАМЕННЫЕ УГЛИ

Топливом для автомобильно-тракторных газогенераторных установок могут служить и каменные угли. По давности происхождения каменные угли разделяются на бурые, собственно-каменные угли и антрациты.

### Бурые угли

Бурые угли являются растительным образованием, переходным от торфа к собственно-каменным углям.

Бурый уголь обладает большой зольностью. В авто-тракторных газогенераторных установках бурый уголь может употребляться только в виде кокса или брикетов. Теплотворная способность бурого угля колеблется от 6000 до 7400 кал/кг. Содержание серы в угле достигает 2,5%, влаги 18% и золы 20% в среднем. В горючей массе бурого угля содержится углерода 67—78%, кислорода 17—28% и водорода 5%. Состав и теплотворная способность бурого угля изменяются в зависимости от его месторождения.

### Собственно-каменные угли

Каменные угли являются одним из лучших топлив и обладают большой теплотворной способностью. Существует много видов каменного угля, отличающихся как по составу, так и по свойствам.

По классификации, принятой для наиболее распространенных в СССР донецких углей, последние разделяются на следующие виды: 1) длиннопламенный, 2) газовый, 3) паровичный жирный, 4) флотский, 5) коксовый, 6) паровичный спекающийся и 7) тощий.

Содержание золы в донецких каменных углях колеблется от 1,3 до 32%, серы — от 0,8 до 6%, влаги — от 1,3 до 21%. Высшая теплотворная способность равна 6700—8600 кал/кг. Концентрация углерода доходит до 90,6%.

На воздухе каменный уголь постепенно окисляется. Окисление изменяет состав угля и оказывает влияние на его свойства. В результате окисления уголь становится рассыпчатым, теплотворная способность его понижается, и в некоторых случаях уголь может самовозгораться.

### Антрацит

Наиболее давним по происхождению углем является антрацит. Он обладает максимальной концентрацией углерода, при перегонке не дает смолистых погонков, отличается большой твердостью и значительной плотностью. Кокс антрацита не спекается. Состав антрацитов почти одинаков, но физическое строение их бывает различно, что обычно видно по излому.

В состав органической массы антрацита входят  $C_0$  — 95%,  $H_0$  — 1,9%,  $(O + N)_0$  — 1,4% и  $S_0$  — 1,7%.

Влажность его колеблется около 5%. Теплотворная способность органической массы равна 8100—8200 кал. Зольность антрацитов довольно высока и в отдельных сортах достигает 25%.

Температура плавления золы весьма различна, в некоторых сортах антрацита она снижается до  $+880^{\circ}\text{C}$ .

Спекаемость каменных углей, образование шлака и наличие в них относительно большого количества серы затрудняет их непосредственное применение в газогенераторах автомобильно-тракторного типа.

Самый процесс газификации углей сопровождается высокими температурами в газогенераторе.

Указанные обстоятельства необходимо учитывать при проектировании газогенераторных установок для этого вида топлива.



## Глава III

## ГАЗИФИКАЦИЯ ТОПЛИВА

## СПОСОБЫ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВА

Генераторный газ представляет собой смесь водорода, окиси углерода, метана, тяжелых углеводородов, кислорода, азота и углекислоты. Водород, окись углерода, метан и тяжелые углеводороды являются горючими газами, азот и углекислота — негорючими (балластом). Кислород не является горючим газом, но он поддерживает горение. Кроме указанных газов, в генераторном газе имеются водяные пары.

Процесс обращения твердого топлива в газообразное при подводе воздуха, водяного пара, или их смеси называется газификацией топлива.

Способы газификации топлива разнообразны; поэтому получающиеся в результате газификации газы отличаются как своим составом, так и качествами.

Газ, получающийся в результате газификации топлива с подводом одного воздуха, носит название «воздушного» газа. Впервые он был получен англичанином Сименсом; поэтому воздушный газ называется также «газом Сименса».

Газ Сименса, полученный при газификации угля, состоит из  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ .

Идеальный воздушный генераторный газ содержит 34,7%  $\text{CO}$  и 65,3%  $\text{N}_2$  (подсчет см. на стр. 41). Теплотворная способность воздушного газа составляет всего 1050 кал/м<sup>3</sup>.

Если к раскаленному углероду подводить водяной пар, то в результате возникающих химических реакций при газификации получится газ, представляющий смесь окиси углерода, углекислоты и водорода. Такой газ носит название «водяного» газа. Для его получения в газогенераторе должна поддерживаться высокая температура.

Практически для получения водяного газа в газогенератор подают воздух, а после того как температура в нем в результате сгорания углерода поднимается выше +1100° Ц, через генератор пропускают пар, который, реагируя с раскаленным углеродом, образует водород и окись углерода.

Состав водяного газа из угля колеблется в широких пределах: 50—65%  $\text{H}_2$ , 29—42%  $\text{CO}$ , 2—6%  $\text{CO}_2$ , 0,1%  $\text{CH}_4$ , 0,1%  $\text{O}_2$ , 3,5%  $\text{N}_2$ .

Теплотворная способность этого газа составляет 2000—2600 кал/м<sup>3</sup>.

Если при газификации углерода подавать в газогенератор 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 1 м<sup>3</sup> воздуха) газ будет содержать много водорода и называться паровым газом, или по имени получившего его — «газом Монда».

Практически газ Монда образуется при подаче в газогенератор сильно подогретой паровоздушной смеси.

По исследованиям Бока, средний состав газа Монда, полученного в угольном генераторе, таков:  $\text{CO}$  — 11%,  $\text{CO}_2$  — 17%,  $\text{H}_2$  — 24%,  $\text{CH}_4$  — 3%,  $\text{N}_2$  — 45%.

При малом количестве пара (меньше 600 г на 1 м<sup>3</sup> воздуха), участвующего в процессе газообразования, получают полуводяной газ (полугаз), или собственно генераторный газ.

В транспортных установках, работающих на древесном топливе, специальная подача паров воды в газогенератор не применяется, так как в них пар образуется в результате испарения влаги топлива. В этих установках также получается полуводяной газ.

Примерный состав этого газа (при газификации сухих березовых чурок):  $\text{H}_2$  — 16%,  $\text{CO}$  — 21%,  $\text{CH}_4$  — 1%,  $\text{CO}_2$  — 9%,  $\text{N}_2$  — 53%.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

Транспортные газогенераторные установки по способу получения газа можно разделить на три типа:

- 1) прямого процесса газификации,
- 2) горизонтального процесса газификации,
- 3) обратного процесса газификации.

## Газогенератор прямого процесса газификации

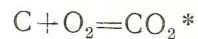
Схема газогенератора прямого процесса газификации приведена на рис. 2 (стр. 28). Нижняя часть газогенератора, отделенная колосниковой решеткой 1, называется зольником 2; в нем накапливается зола и угольная мелочь. Над зольником находится топливник 3, который иногда изолируется огнеупорным материалом для сохранения физического тепла в активной зоне и предохранения стенок от быстрого разрушения. Газ отбирается в верхней части генератора через патрубок 4; в некоторых конструкциях газ отбирается на уровне зоны восстановления.

Исследования транспортных газогенераторов прямого процесса газификации, проведенные проф. В. С. Наумовым, показали, что в случае отбора на уровне восстановительной зоны в газе увеличивается содержание водорода. Повидимому это происходит потому, что водяные пары, выделяющиеся в бункере, реагируют с нагретым углеродом восстановительной зоны и образуют водород.

Для загрузки в газогенератор топлива служит люк 5. Он должен закрываться герметически, чтобы в генератор не поступал дополнительный воздух, который может нарушить процесс газификации. Для удаления золы и угольной мелочи из зольника последний имеет люк 6.



Воздух в газогенератор подводится под колосниковую решетку. Действием разрежения, создаваемого работой двигателя, воздух поднимается вверх. Горение топлива на колосниковой решетке происходит по экзотермической реакции — с выделением тепла. Зона, в которой происходит этот процесс, называется зоной горения. При этом кислород воздуха соединяется с углеродом топлива, образуя углекислоту по формуле:



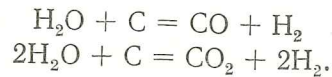
По высоте зона горения обычно колеблется в пределах 120—150 мм и имеет температуру 1100°—1300° Ц.

Поднимающийся поток газов уносит тепло из зоны горения и нагревает вышележащие слои топлива до температуры 900°—1100° Ц. Здесь углекислота вступает в соединение с раскаленным углеродом и восстанавливается по эндотермической (с поглощением тепла) реакции в окись углерода, являющуюся основной горючей частью генераторного газа. Реакция происходит по формуле:



Исследования Ле-Шателье показали, что повышение температуры способствует протеканию этой реакции.

Пары воды, проходя слой раскаленного угля, реагируют с ним по формулам:



Эти реакции эндотермические и протекают одновременно, причем первая преобладает при высоких температурах (выше 900° Ц).

Зона, где происходит образование CO (восстановление углекислоты) и образование водорода, занимает по высоте 200—300 мм и называется восстановительной.

Так как образование генераторного газа происходит в зонах горения и восстановления, обе они вместе называются активной зоной.

Слой топлива, расположенный над зоной восстановления, нагревается проходящими газами до температуры 900—300° Ц и подвергается термическому разложению без доступа кислорода воз-

\* Последние исследования Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Э. Дзержинского дают возможность предполагать образование окиси углерода параллельно с образованием углекислоты.

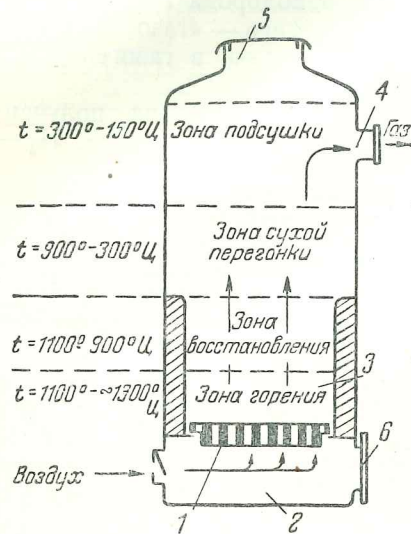


Рис. 2. Схема газогенератора прямого процесса газификации

торного газа. Реакция происходит по формуле:

духа. Зона, в которой находится этот слой топлива, 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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, а также вода, смола, спирты, уголь и др.

Верхние слои топлива в генераторе подсушиваются уходящим газом. Эти слои образуют так называемую зону подсушки.

Генераторный газ, полученный по прямому процессу газификации из смолистого топлива, содержит пары смол, которые он увлекает, проходя через зону сухой перегонки. Присутствие смолы в газе недопустимо, так как она, попав в двигатель, вызовет засмоление клапанов, поршней, колец. Очистка же газа от смол требует очень сложных установок, совершенно не применимых на транспортных машинах. Поэтому в транспортных газогенераторах прямого процесса газификации применяют только бессмольные сорта топлива — уголь полного выжига, кокс и антрацит.

### Газогенераторы горизонтального процесса газификации

Стремление сделать газогенераторную установку более компактной привело к необходимости уменьшить размеры активной зоны путем иного расположения зон горения и восстановления, т. е. к созданию газогенераторов горизонтального процесса газификации.

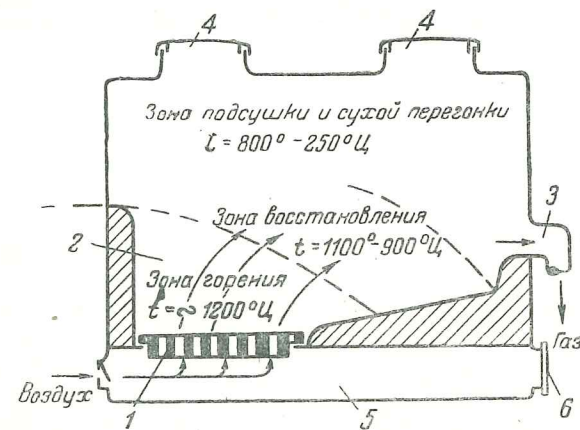


Рис. 3. Схема газогенератора горизонтального процесса газификации

Схема газогенератора горизонтального процесса приводится на рис. 3. Воздух подводится под колосниковую решетку 1 и движется горизонтально в направлении, показанном стрелками, по облицованному огнеупорным материалом топливнику 2. Газ отсасывается через патрубок 3. Люки 4 служат для загрузки топлива. Зольник 5 очищается через люк 6.

Над колосниковой решеткой расположена зона горения, где образуется углекислота; вправо по ходу газа находится зона восста-



новления; зоны подсушки и сухой перегонки располагаются в верхней части генератора.

В генераторе горизонтального процесса так же, как и в генераторах прямого процесса, можно газифицировать только бессмольные топлива, так как из этих газогенераторов продукты сухой перегонки могут отсасываться вместе с газом.

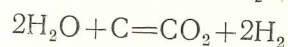
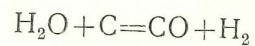
### Газогенератор обратного процесса газификации

Схема газогенератора обратного процесса показана на рис. 4. Воздух в газогенератор подводится через отверстия 1, расположенные по периферии топливника 2, имеющего огнеупорную обмуровку. Газ отбирается в нижней части генератора через патрубок 3. Генератор сверху имеет загрузочный 4, а внизу зольниковый 5 люки с герметически закрывающимися крышками.

В месте подвода воздуха, около отверстий 1 располагается зона горения, где кислород воздуха вступает в реакцию с углеродом топлива, образуя углекислоту.

Проходящими газами ниже лежащий уголь нагревается до  $900^{\circ}\text{C}$ — $1100^{\circ}\text{C}$ , и углекислота в нем восстанавливается в окись углерода по реакции  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ .

В этой зоне, носящей название восстановительной, протекают также реакции между водяным паром и углеродом топлива с образованием водорода, окиси углерода и углекислоты:



В нижних слоях этой же восстановительной зоны происходит частичное образование метана.

Чем ниже температура восстановительной зоны, тем больше может образоваться метана. Поэтому большой процент метана в генераторном газе указывает на низкую температуру в зоне восстановления, что неизбежно приводит к плохому восстановлению углекислоты и, следовательно, к получению малокалорийного газа. Слои топлива, расположенные выше зоны горения, также нагреваются. В слоях с температурой  $900^{\circ}\text{C}$ — $300^{\circ}\text{C}$  происходит сухая перегонка, сопровождающаяся выделением газообразных летучих (метан, этилен, смолы) и жидких погонков. Продукты сухой перегонки, проходя активную зону, частично сго-

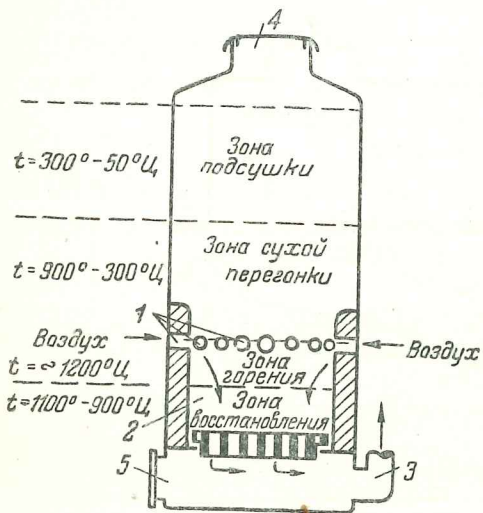


Рис. 4. Схема газогенератора обратного процесса газификации

рают, а частично разлагаются, образуя газообразные горючие вещества.

В более удаленных слоях топлива с температурой  $300^{\circ}\text{C}$ — $50^{\circ}\text{C}$  происходит подсушка его с выделением влаги.

Бункеры некоторых систем газогенераторов имеют двойные стенки, между которыми конденсируются выделившиеся из топлива влага и жидкие продукты сухой перегонки. В таких газогенераторах можно применять более влажное топливо (до 25% абс.). Газифицировать в газогенераторах, не имеющих пароотборных приспособлений, топливо с влажностью выше 20% абс. не рекомендуется, так как водяные пары, проходя в большом количестве через активную зону, снижают ее температуру и ухудшают процесс газификации.

Из всего сказанного видно, что в газогенераторах обратного процесса газификации имеются все условия для получения бессмольного генераторного газа из смолосодержащих топлив (дрова, торф). Следует заметить, что в современных газогенераторах топливники суживают в средней или в нижней части, вследствие чего в суженном месте создается высокая температура, способствующая полному разложению продуктов сухой перегонки.

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВА

Существующие конструкции транспортных газогенераторных установок в подавляющем большинстве работают по обратному процессу газификации. Поэтому здесь будет рассматриваться только теория газогенераторов обратного процесса газификации.

Химические реакции, протекающие в газогенераторе, характеризуются, как и всякие другие реакции, следующими тремя факторами:

- 1) количеством тепла, выделяемого или поглощаемого в результате данной реакции;
- 2) химическим равновесием, показывающим, в каком направлении и до какого предела протекает данная реакция;
- 3) скоростью, представляющей быстроту изменения химической системы во времени.

Разберем каждый из перечисленных факторов.

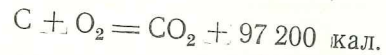
#### Тепловой эффект реакции

Когда химические вещества реагируют между собой, то при этом обязательно или выделяется или поглощается теплота. Эта теплота называется «теплотой реакции» и выражается в больших калориях на килограммолекулу реагирующего вещества.

Если реакция протекает с выделением тепла, она носит название экзотермической, а если с поглощением, — эндотермической. Так, например, реакция горения углерода  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$  — реакция экзотермическая и протекает с выделением тепла. Одна кг-мол углерода реагирует с 1 кг-мол кислорода, образуя 1 кг-мол угле-



кислоты. Так как 1 кг углерода при своем сгорании выделяет 8100 кал<sup>1</sup>, а O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> не обладают теплотворной способностью, то тепловой эффект этой реакции будет  $8100 \times 12 = 97\,200$  кал и реакция будет иметь следующий вид:



Как известно из закона Гесса, теплота реакции не зависит от промежуточных реакций, а только от начального и конечного состояний системы. Комбинируя реакции, в которых участвуют необходимые вещества и для которых известны тепловые эффекты, можно легко подсчитать тепловой эффект реакции, для которой неизвестны промежуточные стадии.

Различают тепловой эффект при постоянном давлении и при постоянном объеме. Тепловой эффект реакции меняется в зависимости от состояния реагирующих веществ, среды, в которой происходит реакция, и от температуры. В дальнейшем изложении тепловой эффект реакции дается при постоянном давлении 760 мм ртутного столба и температуре 0° Ц.

Необходимые для вычисления теплоты реакции значения теплотворных способностей различных компонентов генераторного газа при 0° Ц и 760 мм рт. ст. приведены в табл. 12, составленной по данным проф. Шюле.

Таблица 12

Наименование газа	Высшая теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа в кал	Низшая теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа в кал	Низшая теплотворная способность 1 моля газа в кал
Окись углерода (CO) . . . . .	3 050	3 050	68 320
Водород (H <sub>2</sub> ) . . . . .	3 070	2 570	57 570
Метан (CH <sub>4</sub> ) . . . . .	9 470	8 510	190 620
Этилен (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) . . . . .	14 870	13 910	311 584

### Химическое равновесие реакции

Всякая химическая реакция между некоторыми веществами в силу динамического равновесия сопровождается обратными реакциями между вновь образующимися продуктами с выделением первоначальных реагентов.

По закону действующих масс, скорости реакций пропорциональны концентрации реагирующих веществ.

С течением времени скорость прямой реакции уменьшается (так как уменьшаются количества исходных веществ), а скорость обратной реакции увеличивается. Через некоторое время наступает такое

<sup>1</sup> См. стр. 35.

состояние, когда скорости прямой и обратной реакций уравниваются, так как все количество образовавшихся в единицу времени продуктов прямой реакции будет полностью вступать в обратную реакцию с образованием исходных веществ, или, как говорят, наступает состояние химического равновесия. Соотношение между реагентами и продуктами реакции имеет строго определенное значение при данной температуре и носит название константы равновесия. Математически константа равновесия выражается как отношение объемных концентраций продуктов реакции к объемным концентрациям реагентов ( $K_c$ ) или как отношение парциальных давлений продуктов реакции, выраженных в мм ртутного столба, к парциальным давлениям реагентов ( $K_p$ ).

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

Концентрация или парциальное давление твердых тел в расчетах не учитывается.

*Пример.* Для реакции  $C + CO_2 = 2CO$  константы равновесия будут:

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

Если предположить, что CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>, константа равновесия по парциальному давлению будет:

$$K_p = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = \frac{\left(\frac{74}{100} \times 760\right)^2}{\frac{26}{100} \times 760} \cong 1600,$$

а по концентрации:

$$K_c = \frac{(CO)^2}{CO_2} = \frac{(74)^2}{26} \cong 210.$$

Если в результате реакции число газовых молекул не изменяется, численное значение константы не зависит от того, применяются ли для вычисления единицы давления или единицы объемных концентраций, и тогда  $K_c = K_p$ .

*Пример.* Реакция  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ .

После окончания реакции достигается равновесие при следующем составе газа по объему (при давлении 760 мм ртутного столба):

$$\begin{aligned} CO_2 &= 47,5\% \\ CO &= 22,825\% \\ H_2O &= 22,825\% \\ H_2 &= 6,85\% \end{aligned}$$



Константы равновесия будут:

$$K_c = \frac{(CO_2) \cdot (H_2)}{(CO) \cdot (H_2O)} = \frac{(47,5) \times (6,85)}{(22,825) \times (22,825)} \cong 0,625;$$

$$K_p = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} = \frac{\frac{47,5 \times 760}{100} \times \frac{6,85 \times 760}{100}}{\frac{22,825 \times 760}{100} \times \frac{22,825 \times 760}{100}} \cong 0,625,$$

откуда:

$$K_c = K_p = 0,625.$$

### Скорость реакции

Все химические реакции для своего завершения требуют известного промежутка времени, т. е. протекают с определенной скоростью. Одни реакции протекают очень быстро, другие медленно. Скорость химической реакции определяется как производная концентрации по времени.

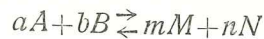
Математически скорость реакции может быть выражена следующим образом:

$$v = - \frac{dC}{dt},$$

где  $dC$  — изменение концентрации реагентов.

Скорость реакции зависит от 1) температуры, 2) концентрации, 3) давления, 4) поверхности реагирующих веществ и ее характера, 5) катализаторов, 6) явления диффузии.

Опытным путем установлено, что скорости реакций пропорциональны концентрациям участвующих в реакции веществ, возвышенным в степень, показателем которой является коэффициент этих веществ в уравнении реакции. Например реакция:



протекает вправо и влево, т. е. является обратимой. Скорость ее в правом направлении будет:

$$v_1 = k_1(A)^a \cdot (B)^b,$$

где:

$A$  и  $B$  — объемные концентрации участвующих в реакции веществ;

$a$  и  $b$  — соответствующие молекулярные количества этих веществ;

$k_1$  — коэффициент скорости реакции, равный величине изменения концентрации веществ в единицу времени.

Для твердых тел коэффициент скорости реакции  $k$  зависит от их размеров и структуры.

Скорость реакции в левом направлении будет:

$$v_2 = k_2(M)^m \cdot (N)^n.$$

Истинная скорость конечной реакции в правом направлении будет:

$$v_{\text{н}} = k_1(A)^a \cdot (B)^b - k_2(M)^m \cdot (N)^n.$$

В случае установившегося химического равновесия

$$k_1(A)^a \cdot (B)^b = k_2(M)^m \cdot (N)^n,$$

или

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

Следовательно константу равновесия численно можно считать равной отношению коэффициента скорости реакции в одном направлении к коэффициенту скорости реакции в другом направлении.

В последующем изложении для каждой реакции указывается тепловой эффект, константа химического равновесия и скорость ее протекания.



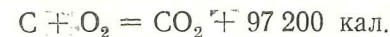
### Тепловой эффект реакции

В современной литературе тепловой эффект одной и той же реакции характеризуется различными величинами. Это расхождение происходит потому, что для расчетов пользуются опытными данными различных авторов.

Тепло, выделяющееся при сгорании углерода, по данным Менделеева и академика М. А. Павлова, равно 8137 кал/кг, а по данным исследований американского ученого Гудинера оно равно 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 и др.).

Указанная величина теплоты сгорания углерода и принимается для дальнейших расчетов.

Теплотворная способность 1 кг углерода 8100 кал, следовательно, при горении кг-мол углерода выделяется  $12 \times 8100$  кал, а так как теплота горения  $CO_2$  равна нулю, реакция с учетом теплового эффекта примет вид:



### Химическое равновесие реакции

Константа равновесия этой реакции определяется по выражению:

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

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



## Скорость реакции

Скорость реакции в общем виде выражается уравнением:

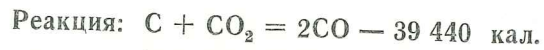
$$\frac{dC}{dt} = k_1 (C_0 - C),$$

где:

$C_0$  — начальная концентрация кислорода,

$C$  — кислород, израсходованный в течение времени  $t$ .

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



## Тепловой эффект реакции

Тепловой эффект реакции подсчитывается из условия равенства тепловых эффектов правой и левой части уравнения. Теплотворная способность двух кг-мол окиси углерода (136 640 кал) больше теплотворной способности 1 кг-мол углерода (97 200 кал) на 39 440 кал, следовательно, реакция идет с поглощением этого количества тепла.

## Химическое равновесие реакции

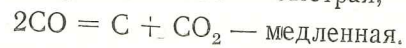
Константа равновесия этой реакции определяется по формуле:

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$$

Изменение константы в интервале от  $815^\circ$  до  $1204^\circ\text{C}$  представлено на рис. 5 (данные Рида и Уилера). На рис. 6 дана кривая процентного содержания  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в равновесных смесях при температурах от  $+400^\circ\text{C}$  до  $+1000^\circ\text{C}$ . Как видно из этой диаграммы, при температуре  $500^\circ\text{C}$   $\text{CO}_2$  в смеси содержится в большом количестве, но это содержание постепенно падает, и при температуре  $954^\circ\text{C}$  в смеси остается только 1,3%  $\text{CO}_2$ , после чего дальнейшего изменения в системе не происходит.

## Скорость реакции

При горении топлива развиваются высокие температуры, при которых  $\text{CO}_2$  реагирует с углеродом. Установлено, что в этом случае протекают две реакции:



Опыты Рида и Уилера показали, что при  $850^\circ\text{C}$  первая реакция протекает в 166 раз быстрее, чем вторая. Скорость восстановления  $\text{CO}_2$  углеродом в  $\text{CO}$  имеет большое практическое значение.

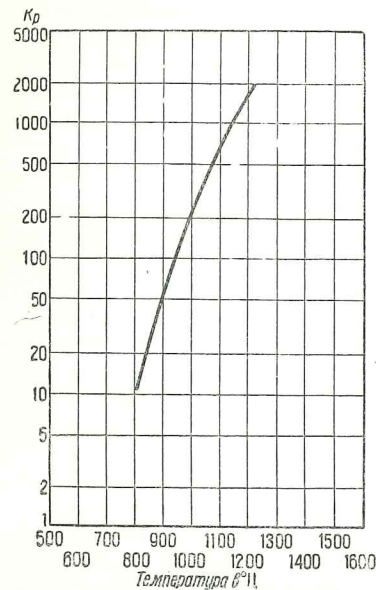


Рис. 5. Константа равновесия реакции  $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$

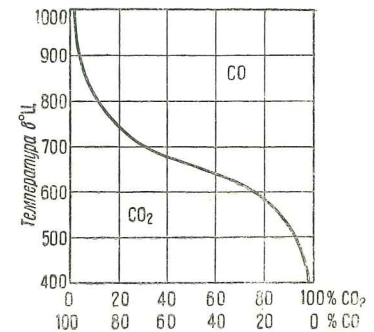


Рис. 6. Процентное содержание  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в равновесных смесях при различных температурах

Хаскинс, Адамс и Клемент провели ряд опытов над восстановлением  $\text{CO}_2$  в коксе, древесном угле и антраците. Кривые зависимости процесса восстановления от времени контакта и температуры при газификации кокса приведены на рис. 7.

Если через  $k_1$  и  $k_2$  обозначить коэффициенты обеих скоростей реакций, скорость реакции восстановления выразится равенством:

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

где  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  — концентрации окиси углерода и углекислоты в кг-мол.

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

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

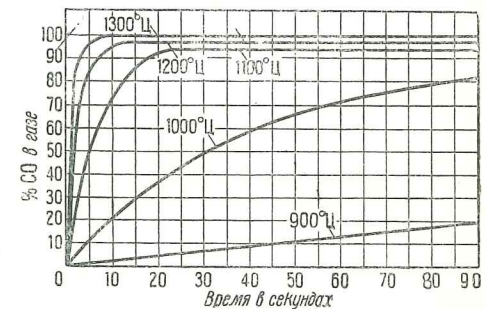


Рис. 7. Влияние температуры на скорость восстановления углекислоты, проходящей через слой кокса



Значения коэффициента  $k_1$  скорости первой реакции для мелкозернистого топлива (диаметр частиц 5 мм) даны в табл. 13.

Таблица 13

Температура в °C	$k_1$ для топлива с размерами частиц 5 мм		
	древесный уголь	кокс	антрацит
800	0,021	—	—
900	0,159	0,0023	—
1 000	0,629	0,023	—
1 100	1,530	0,134	0,119
1 200	—	0,410	0,237
1 300	—	1,480	0,579

Разница в скорости восстановления в зависимости от свойств топлива показана на рис. 8.

Из приведенных в графике кривых видно, что наиболее интенсивно процесс восстановления протекает при прохождении углекислоты через древесный уголь, а наиболее медленно при прохождении через антрацит.

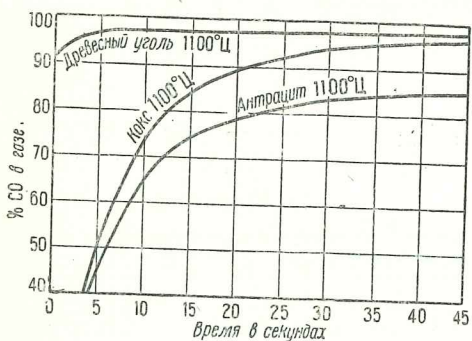


Рис. 8. Восстановление углекислоты в зависимости от свойств топлива

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; по времени восстановления и качеству газа мелкое топливо дает лучшие показатели. Это положение практически подтверждено данными, полученными в Лесотехнической академии им. С. М. Кирова при испытаниях газогенератора «Автодор 1» на мелкой щепе и в Научном авто-тракторном институте (НАТИ) при испытаниях угольных установок Г-21 и Г-23 на мелком угле.

Теоретически это положение легко объяснимо, так как установ-

лено, что реакции горения протекают на поверхности газифицируемого топлива, и поэтому величина последней в известной мере лимитирует быстроту реакции.

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

Для определения времени, необходимого для восстановления углекислоты, может служить следующая формула скорости реакции восстановления<sup>1</sup>:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \left( m - \frac{m+1}{2} x \right),$$

где:

$x$  — содержание СО в газе по истечении времени  $t$ ;  
 $m$  — содержание СО<sub>2</sub> в газе в начале реакции;  
 $k_1$  — коэффициент скорости реакции (см. табл. 13);  
 $t$  — время длительности реакции в секундах.

Или после интегрирования:

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

Значение свободного члена  $C$  для каждого случая вычисляется особо. Для этого в формулу подставляют численные значения величин, соответствующие началу реакции, т. е.:

$$t=0, \quad x=0 \quad \text{и заданные } m \text{ и } k_1.$$

Если с топливом реагирует только углекислота, то значение  $m=1$ , и тогда, приняв для начала реакции  $x=0, t=0, m=1$ , определяют  $C$ :

$$0 = 2,3 \lg 1 + C,$$

но так как  $\lg 1 = 0$ , то и  $C=0$ .

Формула для этого случая принимает вид:

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

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  $x=1$ , приводит к необходимости увеличения температуры и времени восстановления. Это положение иллюстрируется кривыми (рис. 9), построенными по данным Клементя, Адамса и Хаскинса. Названные исследователи полу-

<sup>1</sup> Вывод формулы дан в „V. S. Burlan of mines Bull.“, 1911 г., № 7, стр. 22.



чили эти данные, пропуская через раскаленный кокс смесь из 21%  $\text{CO}_2$  и 79%  $\text{N}_2$ , образующуюся в результате полного сгорания углерода на воздухе, и наблюдая быстроту образования окиси углерода в зависимости от времени контакта и температуры восстановительного слоя.

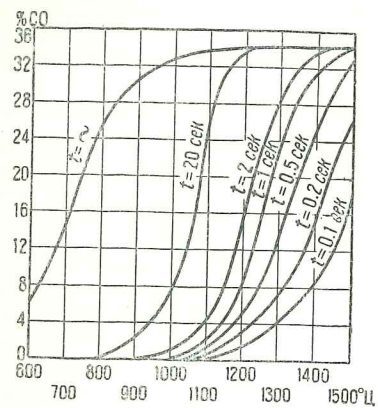


Рис. 9. Восстановление углекислоты в зависимости от температуры и времени контакта с коксом

**Пример.** При теоретически полном горении углерода образуется газ, состоящий из 21%  $\text{CO}_2$  и 79%  $\text{N}_2$ . Этот газ пропускается через раскаленный древесный уголь при температуре  $1100^\circ \text{C}$ . Время пребывания газа в слое раскаленного угля — 1 секунда. Требуется определить количество образующейся окиси углерода.

Из табл. 13 имеем  $k_1 = 1,53$ . Подставляя данные в формулу, получаем:

$$1,53 \times 1 = \frac{2,3}{\frac{1+0,21}{2}} \lg \left( \frac{1}{0,21 - \frac{1+0,21}{2} x} \right) + C.$$

Для определения  $C$  значения величин, соответствующих началу реакции, принимаются:  $m = 0,21$ ,  $t = 0$  и  $x = 0$ . После подстановки их в формулу:

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

и после вычислений получается:

$$C = -2,58.$$

Тогда:

$$1,53 = 3,8 \lg \left( \frac{1}{0,21 - 0,605 x} \right) - 2,58,$$

откуда

$$x = 0,20,$$

или в получающемся газе будет содержаться 20%  $\text{CO}$ .

Величина  $\frac{1}{0,21 - 0,605 x}$  позволяет найти максимально возможный в этом случае процент образования окиси углерода.

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

$$0,21 > 0,605 x,$$

откуда  $x < 0,347$ , или максимально теоретически возможное количество окиси углерода, получающееся при газификации древесного угля с подачей воздуха (газ Сименса), будет 34,7%.

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

Все вышеизложенное указывает, что для наиболее полного восстановления углекислоты необходимы следующие условия:

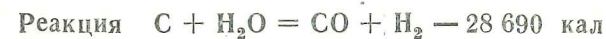
- 1) высокая температура (около  $+1000^\circ\text{C}$ — $1100^\circ\text{C}$ );
- 2) достаточное время контакта углекислоты с углеродом восстановительной зоны;
- 3) возможно большая поверхность соприкосновения газа с топливом, для чего в восстановительной зоне должен находиться мелкий уголь.

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 секунд, и в случае скорости движения газов в  $0,5 \text{ м/сек}$ . необходимая высота активной зоны достигает 1 м, что, конечно, совершенно неприемлемо для компактных транспортных газогенераторов. В

то же время практически удается получать генераторный газ хорошего качества в газогенераторах с небольшой восстановительной зоной при скорости движения газов по ней в несколько м/сек. Это обстоятельство было проверено в Институте азота и дало основание предполагать непосредственное образование окиси углерода при большой скорости подачи воздуха.

Как показали опыты, непосредственное образование  $\text{CO}$  происходит в зоне, по высоте не превышающей 10—20 мм (для мелкого угля). На рис. 10 представлены кривые образования окиси углерода в зависимости от скорости подачи воздуха<sup>1</sup>.

Уже при скорости подачи воздуха в  $0,3 \text{ м/сек}$ . активированный древесный уголь дает максимальный процент окиси углерода.



Тепловой эффект реакции

Тепловой эффект реакции подсчитывается из условия, что теплотворная способность 1 кг-мол углерода (97 200 кал) меньше суммы

<sup>1</sup> Скорость подачи воздуха рассчитана из условия, что все сечение топливника остается свободным. Фактически в генераторах для получения этих данных скорость газов в топливнике должна быть приблизительно в два раза больше, так как обычно 50% сечения топливника заполнено топливом.

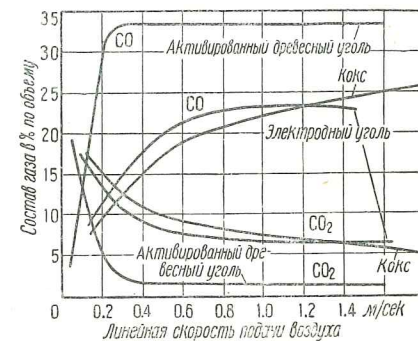


Рис. 10. Зависимость состава газа от линейной скорости подачи воздуха (для различных углей)



теплотворных способностей моля окиси углерода (68 320 кал) и моля водорода (57 570 кал) на величину 28 690 кал, и поэтому указанная реакция идет с поглощением 28 690 кал.

#### Химическое равновесие реакции

Константа этой реакции определяется из уравнения:

$$K_p = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}}{P_{H_2O}}$$

где  $P_{CO}$ ,  $P_{H_2}$  и  $P_{H_2O}$  — парциальные давления, выраженные в долях атмосферы.

Зависимость константы равновесия от температуры представлена на рис. 11.

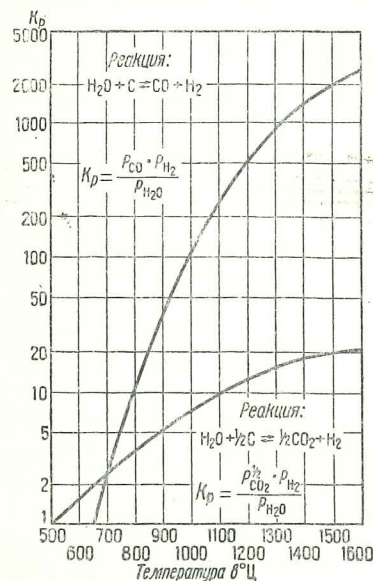


Рис. 11. Константы равновесия реакций  $H_2O + C = CO + H_2$  и  $H_2O + \frac{1}{2}C = \frac{1}{2}CO_2 + H_2$

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

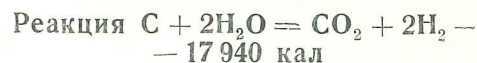
$$K_p = \frac{P_{CO_2}^{\frac{1}{2}} \cdot P_{H_2}}{P_{H_2O}}$$

где  $P_{CO_2}$ ,  $P_{H_2O}$ ,  $P_{H_2}$  — парциальные давления.

Значения константы равновесия при различных температурах представлены на рис. 11.

#### Скорость реакции

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



#### Тепловой эффект реакции

Тепловой эффект реакции подсчитывается из условия, что теплотворная способность 1 кг-моль углерода меньше теплотворной способности двух молей водорода на 17 940 кал, и поэтому реакция протекает с поглощением этого количества тепла.

#### Химическое равновесие реакции

По существующей теории эта реакция рассматривается как одно-

#### Скорость реакции

При температурах  $400-900^\circ C$  эта реакция протекает быстрее реакции  $C + H_2O = CO + H_2$ , но при более высоких температурах скорости обеих реакций примерно равны.



#### Тепловой эффект реакции

Тепловой эффект этой реакции при ее протекании слева направо имеет положительное значение и справа налево отрицательное.

Теплотворная способность 1 кг-моль CO больше теплотворной способности 1 кг-моль водорода на  $68\,320 - 57\,570 = 10\,750$  кал, поэтому при образовании водорода выделяется 10 750 кал, а при образовании CO поглощается такое же количество тепла.

#### Химическое равновесие реакции

Константа равновесия реакции определяется по уравнению:

$$K_p = K_c = \frac{(CO_2) \cdot (H_2)}{(CO) \cdot (H_2O)}$$

Изменение этой константы в зависимости от температуры представлено в виде кривой на рис. 12.

Из графика видно, что с увеличением температуры содержание CO в смеси возрастает.

#### Скорость реакции

При температурах выше  $1500^\circ C$  эта реакция протекает почти мгновенно, а при температурах, близких к режиму газификации в генераторах, — медленно. Характерной особенностью этой реакции является крайне медленное изменение установившегося равновесия между отдельными реагентами в температурном интервале от  $+900^\circ C$  до  $+1500^\circ C$ . Следует заметить, что в присутствии окислов железа эта реакция протекает быстрее.

Все три вышерассмотренных реакции образования водорода подробно изучались рядом авторов.

Клемент и Адамс пришли к заключению, что в газогенераторах происходят первые две реакции образования водорода, хотя главной является реакция  $C + H_2O = CO + H_2$ , которая только до некоторой степени сопровождается реакцией  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ . На основании полученных данных ими построен график (рис. 13), из которого видно, что величина реакции между паром и

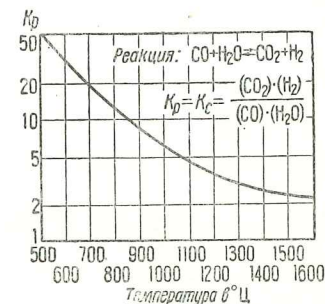


Рис. 12. Константы равновесия реакции  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$



углеродом зависит от времени контакта, температуры и структуры самого топлива (древесный уголь более активен, чем кокс).

В результате более поздних исследований (Хаслам, Хичкок и Рудэй), проведенных для выяснения существа реакций образования водорода, был построен график (рис. 14) зависимости получения  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$  от процента неразложившихся водяных паров, проходящих через раскаленный углерод при температуре от  $+900^\circ\text{C}$  до  $+1100^\circ\text{C}$ .

Характер кривых не зависит от вида топлива, и при температу-

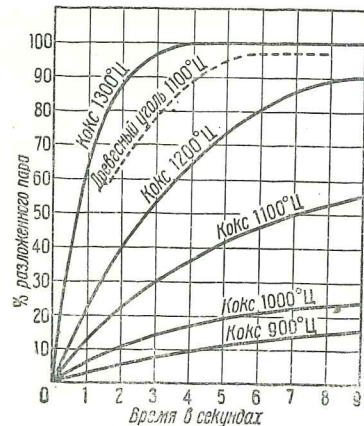


Рис. 13. Зависимость процента разложения водяного пара от времени контакта, температуры и вида топлива

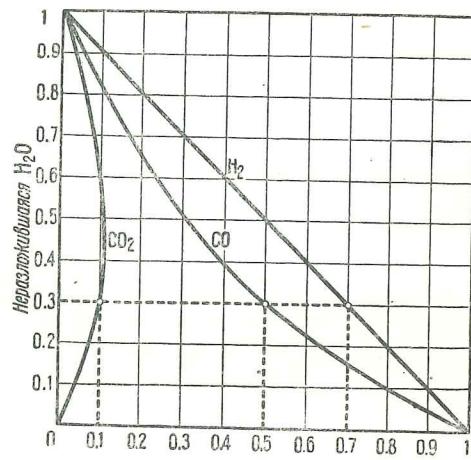


Рис. 14. Зависимость между объемом  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  и процентом неразложившихся водяных паров

рах около  $+900^\circ\text{C}$  и выше  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  являются первоначально образующимися продуктами взаимодействия пара и углерода.

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

**Пример.** Количество неразложившихся водяных паров равно 30%. Из графика видно, что из 1 кг-мол введенных водяных паров образуется 0,7 кг-мол водорода (70%), причем 0,5 кг-мол водорода получается по реакции  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$  (так как количество образовавшейся  $\text{CO}$  равно 0,5 кг-мол) и 0,2 кг-мол водорода — в результате реакции  $\frac{1}{2}\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2}\text{CO}_2 + \text{H}_2$ .

По этой же реакции количество образовавшейся  $\text{CO}_2$  равно 0,1 кг-мол.

На рис. 15 приведена кривая, выражающая зависимость между  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  и частью неразложившихся водяных паров в интервале температур от  $+900^\circ\text{C}$  до  $+1100^\circ\text{C}$ .

По этой кривой видно, что отношение между  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  остается постоянным до тех пор, пока неразложившаяся вода составляет

60%, после чего отношение начинает быстро увеличиваться. Это положение указывает на то, что неразложившаяся вода является решающим фактором при определении соотношения между  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ .

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

1) количество образующегося водорода увеличивается с темпера-

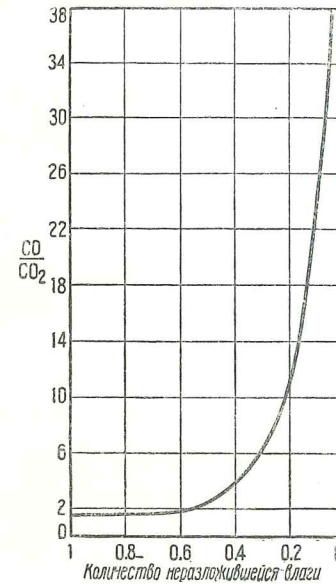


Рис. 15. Зависимость между отношением  $\text{CO}:\text{CO}_2$  и количеством неразложившейся влаги

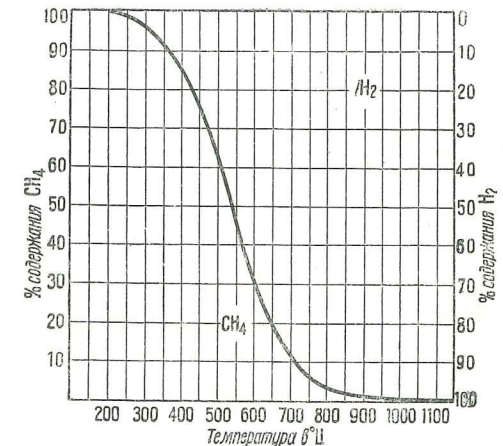


Рис. 16. Равновесие метана и водорода в зависимости от температуры

турой и временем контакта, почему следует иметь достаточно высокую высоту и температуру активной зоны;

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

### Реакции образования метана

В генераторном газе одним из составляющих его компонентов является метан —  $\text{CH}_4$ . Метан может быть получен как при сухой перегонке дерева, так и при распаде тяжелых углеводородов, а также и при взаимодействии между продуктами газификации.

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



Тепловой эффект реакции определяется из условия, что теплотворная способность 1 кг-мол углерода и двух молей водорода на



21 720 кал больше теплотворной способности метана, поэтому реакция протекает с выделением этого количества тепла.

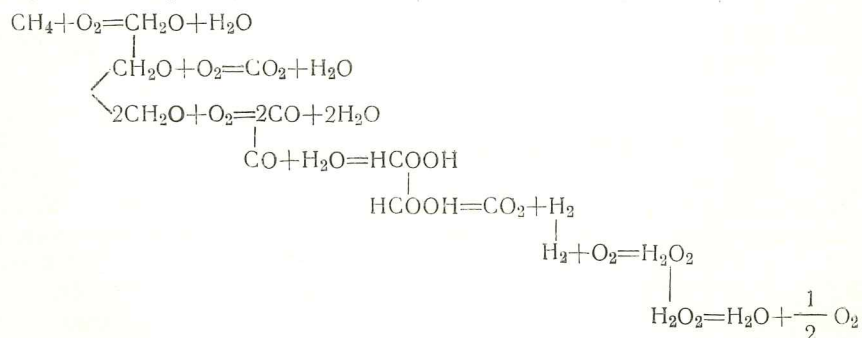
Согласно принципу Ле-Шателье, понижение температуры и повышение давления при газификации должны содействовать образованию метана. Действительно, наличие в генераторном газе большого количества метана обычно связано с низкими температурами в генераторе. Исследования Майера и Альтмайера дали возможность построить кривую равновесия между  $H_2$  и  $CH_4$  в зависимости от температуры (рис. 16, стр. 45).

Данные равновесия сведены в табл. 14.

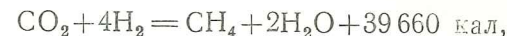
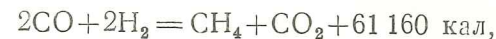
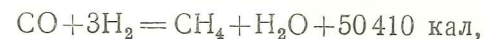
Таблица 14

Температура в °Ц	Объемный состав газов в %		Температура в °Ц	Объемный состав газов в %	
	$CH_4$	$H_2$		$CH_4$	$H_2$
250	98,79	1,21	650	19,03	80,97
300	96,90	3,10	700	11,07	88,93
350	93,12	6,88	750	6,08	93,92
400	86,16	13,84	800	4,41	95,59
450	76,80	23,20	850	1,59	98,41
500	62,53	37,47	1 000	0,5	99,5
550	46,59	53,41	1 100	0,2	99,8
600	31,78	68,22	1 150	0,1	99,9

Исследования Классона указывают на высокий выход метана при сухой перегонке дерева, однако объяснить только этим присутствие метана в генераторном газе нельзя, — хотя процесс разложения метана при высоких температурах в активной зоне протекает и медленно, но, проходя через зону горения, метан в большей своей части сгорает, образуя воду и углекислоту. Реакция горения метана до сих пор подробно не изучена; по Боне она 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:



по которым уменьшается содержание  $CO$ ,  $CO_2$  и  $H_2$  за счет образования метана.

Метан образуется по экзотермическим реакциям, которые происходят в слоях топлива с низкими температурами порядка  $400^\circ - 600^\circ \text{ Ц}$ .

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

Находящиеся в генераторном газе тяжелые углеводороды  $C_n H_m$  исчисляются обычно десятками долями процента, поэтому образование их не рассматривается, а во всех расчетах они для простоты приравниваются к этилену  $C_2H_4$ . При образовании 1 кг-мол тяжелых углеводородов поглощается  $\infty 2000$  кал тепла.

Таким образом, генераторный газ получается в результате целого ряда реакций, причем образование основных компонентов генераторного газа  $CO$  и  $H_2$  протекает при высокой температуре в активной зоне. Для сохранения тепла в газогенераторе изолируют топливник, уменьшая потери на лучеиспускание, подогревают поступающий в генератор воздух, а также топливо, используя для этого тепло генераторного газа.

Для увеличения высоты восстановительной зоны в некоторых газогенераторах засыпают уголь вокруг топливника. Этот уголь нагревается проходящими газами, образует дополнительную восстановительную зону и способствует реакции восстановления углекислоты, а частично образованию метана. Кроме того, слой угля в дополнительной восстановительной зоне играет роль первого грубого очистителя газа.

При проектировании газогенераторов следует иметь в виду, что пребывание газа в зоне низких температур около  $400 - 700^\circ \text{ Ц}$  и особенно в присутствии железа недопустимо, так как это создает условия для протекания реакции  $2CO \rightleftharpoons CO_2 + C$  с выделением углерода, который забивает газопроводы; одновременно в газе уменьшается количество окиси углерода. Во избежание этого газ по выходе из восстановительной зоны необходимо возможно быстрее охладить до температуры ниже  $+ 400^\circ \text{ Ц}$ . 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 газогенераторах пропусканием газа через трубы, охлаждаемые водой.



## Глава IV

ОБЩИЕ СХЕМЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК,  
НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИХ ЭЛЕМЕНТОВЭЛЕМЕНТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ  
И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Современная газогенераторная установка должна состоять из следующих элементов: газогенератора, газоохладителя, газоочистителя, смесителя газа с воздухом<sup>1</sup>, вентилятора для розжига газогенератора и системы трубопроводов.

## Газогенератор

Газогенератором называется устройство, в котором происходит процесс газификации твердого топлива, дающий в результате горючий газ.

Газогенератор (рис. 17) представляет собой шахтную печь с рядом вспомогательных устройств. Основными частями газогенератора являются бункер, топливник, газосборная камера и зольник.

Бункер 1 вмещает определенное количество топлива, которое насыпается через загрузочный люк; этот люк обычно располагается в верхней части газогенератора. Люк плотно закрывается откидной крышкой 2 с асбестовым уплотнением. Такая герметичность нужна для того, чтобы в газогенератор не попадал дополнительный воздух, который может нарушить и ухудшить процесс газификации топлива.

В топливнике 3 или камере горения происходит горение газифицируемого топлива и получается горючий газ. Так как горение топлива сопровождается высокой температурой, топливник изготавливается из жароупорных материа-

<sup>1</sup> Смеситель газа с воздухом должен быть причислен к элементам газового двигателя. В связи с тем, что в этой книге нет раздела о газовых двигателях, смеситель рассматривается как часть газогенераторной установки.

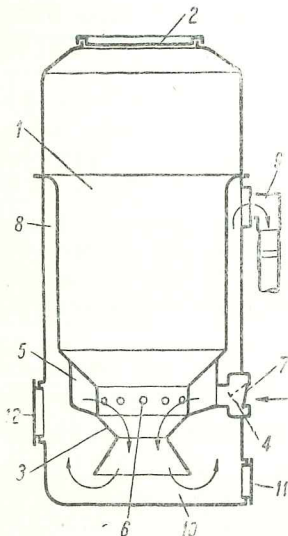


Рис. 17. Схема газогенератора

лов. Верхней частью топливник соединяется с бункером.

Для подвода в топливник необходимого для горения воздуха устраивается воздухоподводящая сеть. В схеме газогенератора, показанного на рис. 17, эта сеть состоит из воздухоприемной камеры 4, соединенного с нею воздушного пояса 5 и воздушных фурм 6; пояс охватывает весь топливник. Через фурмы воздух проходит из воздушного пояса непосредственно в зону горения. Воздухоприемная камера служит также и для первоначального розжига газогенератора. Она снабжается обратным клапаном 7, который автоматически закрывает доступ воздуха в газогенератор и препятствует выходу газа при остановках двигателя.

Газосборная камера 8, окружающая бункер, предназначена для сбора непрерывно отсасываемого газа из топливника. Через газоотводящий патрубок 9 газ затем выходит из газогенератора.

Зольник 10 служит для сбора золы и мелких частиц топлива. Для очистки зольника устраивается люк с крышкой 11.

Люк 12, расположенный в стенке генератора против топливника, используется для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля.

## Охлаждение газа и газоохладитель

Процесс газификации топлива происходит при высоких температурах. Поэтому газ, выходящий из генератора, имеет высокую температуру, которая в зависимости от конструкции газогенератора колеблется от +200° до +800° Ц.

Перед подачей в двигатель газ должен быть охлажден до возможно более низкой температуры, приближающейся к температуре воздуха, входящего в смеситель. При несоблюдении этого условия уменьшается степень наполнения цилиндров, а следовательно, и

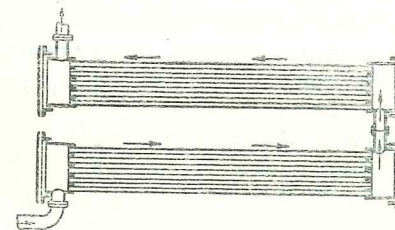


Рис. 18. Схема газоохладителя

мощность двигателя, в цилиндры может попасть влажный газ и, наконец, в газопроводах при температуре газа 700°—400° Ц возможно протекание химической реакции  $2CO = CO_2 + C$ . В этом случае из окиси углерода ( $2CO$ ) выделяется углекислота ( $CO_2$ ) и углерод в виде сажи.

Для того чтобы потери мощности двигателя были минимальными и чтобы в газе содержалось возможно меньшее количество влаги, его температура перед поступлением в смеситель не должна превышать температуру окружающего воздуха более, чем на 15°—30° Ц. Более значительное охлаждение газа требует громоздких приборов, неудобных для транспортных машин.



Некоторое охлаждение газа достигается в самом газогенераторе устройством газосборных камер с большой поверхностью охлаждения, использованием газа для подогрева бункера и т. д. Однако этими мерами не удается охладить выходящий из генератора газ ниже  $+250^{\circ}$ — $+300^{\circ}$  Ц и поэтому для дальнейшего охлаждения применяют специальные охлаждающие приборы.

Прибор для охлаждения газа или газоохладитель должен понизить температуру проходящего через него газа настолько, чтобы она была близка к температуре окружающего воздуха.

Для этой цели газоохладитель должен обладать значительной поверхностью, быстро отдающей тепло. Чтобы получить такую поверхность, обычно пользуются металлическими трубками различной формы и сечения, образующими батарею из нескольких секций (рис. 18, стр. 49).

### Очистка газа и газоочиститель

Выходящий из генератора газ содержит примеси в виде частиц золы и угля, влаги и смолистых погнонов. Эти примеси понижают мощность двигателя, засоряют цилиндры и покрывают смолистым налетом такие детали, как цилиндр, поршень и клапаны.

От таких примесей, как зола и угольная мелочь, газ можно освободить тщательной фильтрацией.

Влажность газа может быть уменьшена конденсацией водяных паров, выделяющихся из топлива в бункере. Для этого пары отбирают в особые паросборные рубашки газогенератора, охлаждают и полученный конденсат отводят в сборные резервуары.

Дальнейшее удаление влаги из генераторного газа осуществляется конденсацией ее паров в специальных охлаждающих приборах и задержкой влаги фильтрами. Однако конденсация паров влаги в паросборных камерах и газоохладительных приборах не освобождает полностью газ от влаги.

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. На разложение и сгорание смол влияют форма топливника, способ подачи в него воздуха и скорость газов в топливнике.

Очистка от смол может быть улучшена с помощью очистительных приборов, в которых смолы задерживаются на поверхности фильтрующего материала.

Так как полная очистка газа невозможна из-за несовершенства очистительных приборов, приходится мириться с тем, что в нем остается некоторое количество примесей, не оказывающее заметного влияния на работу двигателя. Установлено, что  $1 \text{ м}^3$  очищенного газа, полученного в современных газогенераторных установках, в среднем содержит 0,05 г золы и угля, от 20 до 200 г влаги и 0,5 г смолы.

Такое содержание примесей следует признать максимально допу-

стимым и необходимо стремиться к их снижению путем улучшения процесса газификации и конструкций очистителей.

Прибор, в котором производится очистка газа, носит название газоочистителя.

Конструкции газоочистителей весьма многочисленны и разнообразны.

Один из газоочистителей представлен на рис. 19. Он представляет собой металлический цилиндр, внутри которого на решетках 1 насыпан фильтрующий материал. Газоподводящий патрубок 2 расположен в нижней части прибора; газ отводится через патрубок 3, находящийся в верхней части. Люки 4 и 5 служат для загрузки, выгрузки и промывки фильтрующего материала. Люк 6 предназначен для удаления отфильтрованных примесей и конденсата.

Для улучшения качества очистки обычно устанавливают несколько очистителей. Их располагают в различных вариантах и в комбинации с охладителем.

### Образование газовой смеси и смеситель

Перед тем как попасть во всасывающий коллектор и цилиндры двигателя, охлажденный и очищенный газ должен быть смешан в нужной пропорции с воздухом, необходимым для горения. Смешение газа с воздухом и образование газовой рабочей смеси происходит в приборе, носящем название смесителя.

Процесс образования газовой смеси значительно проще процесса образования рабочей смеси для двигателя, работающего на жидком топливе. Объясняется это тем, что в состав газовой смеси входят генераторный газ и воздух примерно в одинаковом количестве (1 : 1) и что при всасывании они подчиняются одним и тем же законам.

Поэтому смесители весьма просты по конструкции и этим отличаются от современных сложных карбюраторов.

Важнейшие требования, предъявляемые к смесителям, заключаются в следующем. Они должны:

- а) давать газозловную смесь хорошего качества,
- б) быть компактными,
- в) допускать удобную и легкую регулировку состава смеси,
- г) работать в комбинации с карбюратором, когда это необходимо,

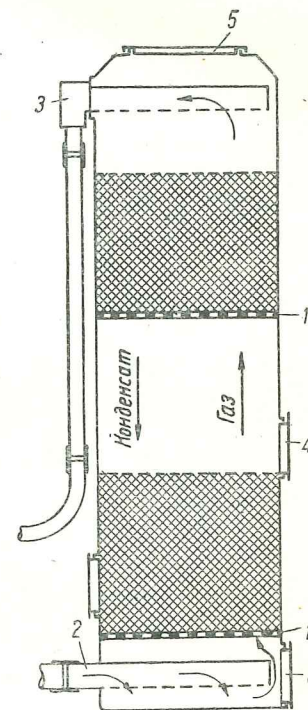


Рис. 19. Схема газоочистителя



д) давать возможность запускать двигатель непосредственно на газе,

е) не увеличивать сопротивления движению газа и воздуха.

Состав генераторного газа в процессе газификации топлива не постоянен и зависит от режима работы двигателя, температурных условий, топлива и т. д. Поэтому качество газовойоздушной смеси регулируется в смесителях, как правило, изменением количества подаваемого воздуха, которое достигается ручной регулировкой открытия воздушного дросселя. Это изменение связано не только с числом оборотов двигателя, но и с процессом газообразования, что затрудняет применение автоматической регулировки.

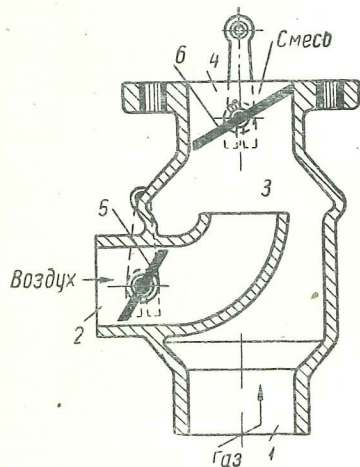


Рис. 20. Схема смесителя

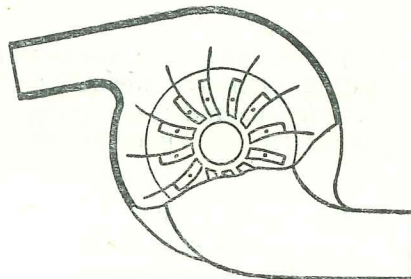


Рис. 21. Схема центробежного вентилятора

Смеситель (рис. 20) схематически состоит из газоподводящего патрубка 1, воздушного патрубка 2 и камеры смешения 3. Воздух и газ одновременно засасываются в смеситель, встречаются в камере смешения и образуют газовойоздушную смесь, которая по патрубку 4 направляется во всасывающий коллектор двигателя.

Для регулировки количества поступающего в смеситель воздуха в воздушном патрубке поставлен дроссель 5. Для регулировки количества рабочей смеси, поступающей в цилиндры, служит дроссель 6, установленный в выходном патрубке.

### Вентилятор

Кроме перечисленных элементов, в состав газогенераторной установки обычно входит центробежный вентилятор (рис. 21), предназначенный для розжига газогенератора. В корпусе вентилятора находится крыльчатка, приводимая во вращение от руки или электромотором. Корпус вентилятора имеет два отверстия: одно сообщается с атмосферой, а другое — с газопроводом установки. Вращая крыльчатку, можно создать искусственную тягу в газогенераторе, чтобы облегчить и ускорить розжиг.

### Общая схема газогенераторной установки

Газогенератор, охладитель, очиститель, смеситель и вентилятор составляют полную газогенераторную установку, питающую двигатель газовойоздушной смесью (рис. 22).

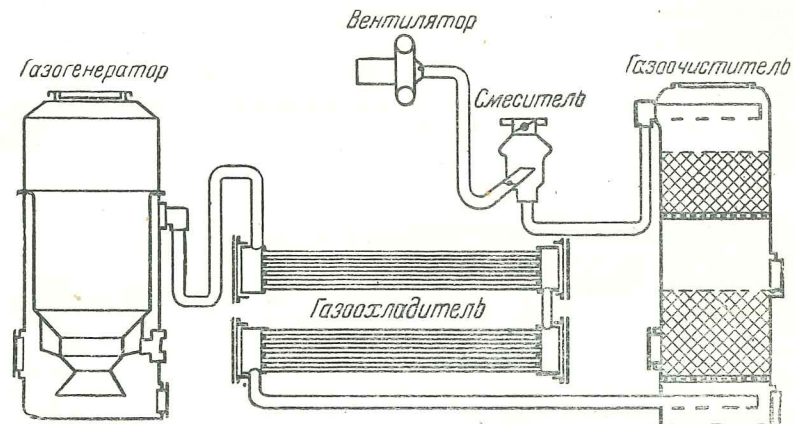


Рис. 22. Общая схема газогенераторной установки

Газогенераторные установки автомобильно-тракторного типа чрезвычайно разнообразны. Ниже приводится классификация элементов установок, позволяющая объединить их в типовые группы.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

### Классификация газогенераторов

Газогенераторы можно классифицировать по следующим, наиболее важным признакам: по роду газифицируемого топлива, по процессу газификации, по способу подвода воздуха.

По роду газифицируемого топлива газогенераторы делятся на угольные, работающие на различных сортах угля (древесный, кокс, антрацит), и на древесные, работающие на древесных чурках, щепе и швырке-поленях. Кроме того, существуют газогенераторы для работы и на других видах топлива: торфе, соломенных брикетах, лузге и т. д., но все они носят опытный характер и окончательного конструктивного оформления еще не получили.

По процессу газификации топлива различают газогенераторы: а) прямого процесса, б) обратного процесса и в) горизонтального процесса.



По способу подвода воздуха в топливник газогенераторы бывают: а) с подачей воздуха под колосниковую решетку, б) с периферийно-щелевой подачей воздуха, в) с периферийно-фурменной подачей воздуха и г) с центрально-фурменной подачей воздуха (с боковым, верхним и нижним вводом воздушной фурмы).

По указанным во II главе причинам угольные газогенераторы могут работать по прямому, обратному и горизонтальному процессам газификации, а древесные — только по обратному.

Подача воздуха в топливник древесных и угольных газогенераторов может быть различная, за исключением подачи под колосниковую решетку, которая применяется лишь для газогенераторов прямого процесса.

### Схемы конструкций древесноугольных газогенераторов

#### Газогенератор прямого процесса газификации с подачей воздуха под колосниковую решетку

Угольный газогенератор прямого процесса газификации (рис. 23) состоит из бункера 1, топливника 2 и зольника 3. Бункер снабжен загрузочным люком с крышкой 4.

В нижней части бункер соединяется с кожухом 5 топливника.

Топливник имеет огнеупорную обмуровку, опирающуюся на поддерживающее кольцо 6. Это же кольцо служит опорой для колосниковой решетки 7, замыкающей снизу топливник.

В зольнике сделан люк для удаления золы и угольной мелочи, закрывающийся крышкой 8.

Несколько выше топливника находится кольцевая газосборная камера 9 с отверстиями для отбора газа и с отводящим патрубком 10.

Необходимый для газификации угля воздух поступает через патрубок 11 и затем через колосниковую решетку непосредственно в топливник 2.

Полученный в результате газификации газ, поднимаясь, попадает в газосборную камеру 9 и отсасывается через отводящий патрубок 10.

#### Газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха

Газогенератор (рис. 24) состоит из бункера 1, кожуха топливника 2, топливника 3 и зольника 4. Бункер в верхней части снабжен загрузочным люком с крышкой 5, а в нижней — переходным конусом 6. Нижний край переходного конуса вместе с верхним краем топливника образуют воздушную щель 7.

В корпусе топливника имеется опорное кольцо 8 для обмуровки.

Внизу топливника находится колосниковая решетка 9.

Зольник 4 является газосборной камерой и имеет отводящий патрубок 10.

Люк 11 служит для очистки зольника.

Воздух, необходимый для газификации угля, засасывается через патрубок 12 и через щель 7 поступает в топливник.

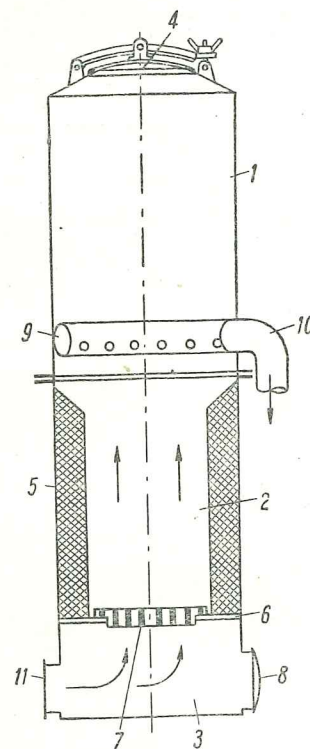


Рис. 23. Схема древесно-угольного газогенератора прямого процесса газификации с подачей воздуха под колосниковую решетку

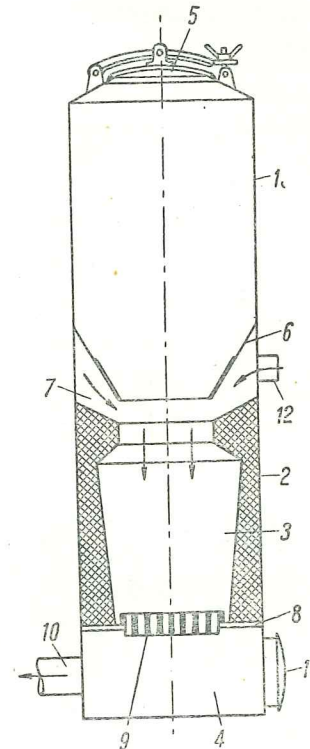


Рис. 24. Схема древесно-угольного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха

Газ из топливника отсасывается через отверстия колосниковой решетки в зольниковую (газосборную) камеру.

#### Газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха

Газогенератор (рис. 25, стр. 56) состоит из бункера 1, кожуха топливника 2, топливника 3 и зольника 4.

Бункер вверху имеет загрузочный люк с крышкой 5, а внизу заканчивается фланцем 6 для соединения с кожухом топливника.

Топливник в виде металлического конуса с огнеупорной обмуровкой 7 является продолжением бункера. В топливнике имеются отверстия со вставленными в них стальными воздушными фурмами 8, расположенными по периферии. Этими фурмами топливник сообщается с газосборной камерой зольника 4.



щается с воздушной камерой 9, образованной стенками корпуса и кожуха топливника. Кольцо 10 служит опорой для топливника. Кожух топливника заканчивается зольником 4, который одновременно является газосборной камерой. В зольнике помещается колосниковая решетка 11, люк для очистки, закрываемый крышкой 12, и газоотводящий патрубок 13.

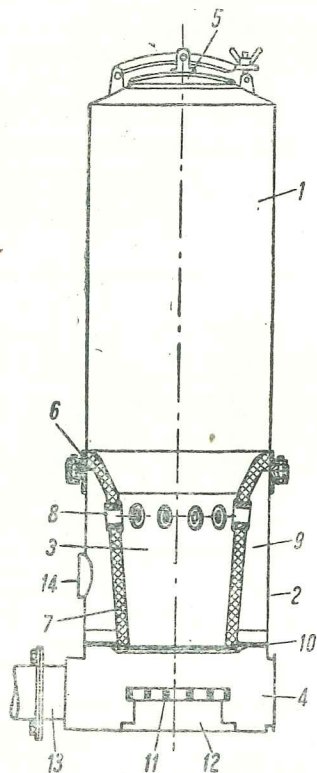


Рис. 25. Схема древесно-угольного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха

Воздух засасывается в топливник через воздушные фурмы после подогрева в воздушной камере 9, соединенной с атмосферой отверстием 14.

Газ отсасывается из топливника через зольник и отводящий патрубок 13.

Газогенератор обратного процесса газификации с центрально-фурменной верхней подачей воздуха

Газогенератор (рис. 26) состоит из бункера 1 с загрузочным люком 2, топливника 3, кожуха топливника 4, образующего газосборную камеру, и зольника 5, отделенного от топливника колоснико-

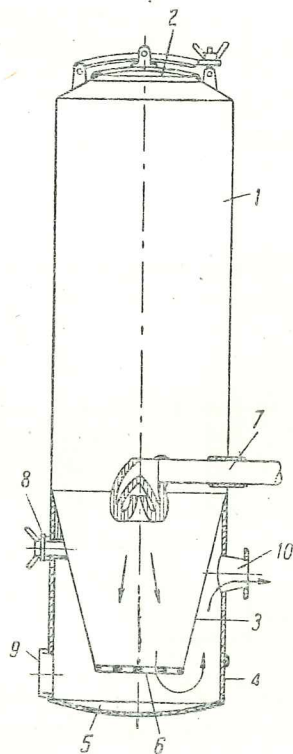


Рис. 26. Схема древесно-угольного газогенератора обратного процесса газификации с центрально-фурменной верхней подачей воздуха

вой решеткой 6. Воздух, необходимый для газификации, поступает через воздушную фурму 7 к центру зоны горения. Отверстие 8 служит для розжига, люк 9 — для чистки зольника, патрубок 10 соединяется с газоотводящим трубопроводом.

Газогенератор горизонтального процесса газификации с центрально-фурменной боковой подачей воздуха

Газогенератор (рис. 27) состоит из бункера 1 и топливника 2. Бункер снабжен сверху загрузочным люком с крышкой 3. В нижней части бункер переходит в металлический топливник 2 с дном 4.

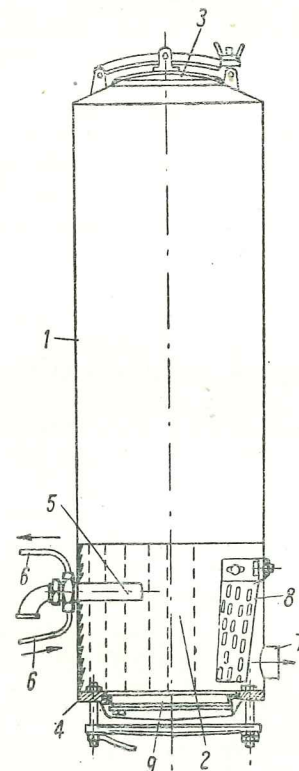


Рис. 27. Схема древесно-угольного газогенератора горизонтального процесса газификации с центрально-фурменной боковой подачей воздуха

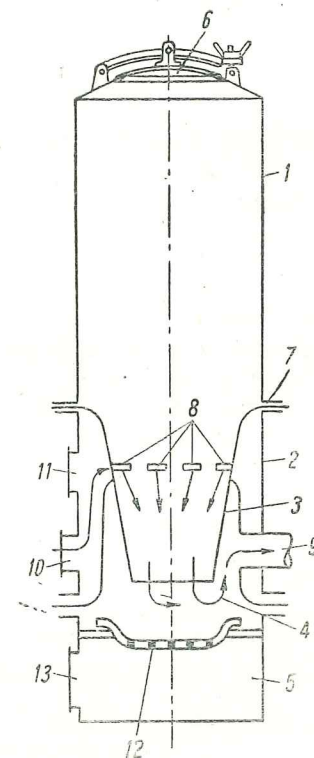


Рис. 28. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-шелевой подачей воздуха

В центр топливника сбоку введена воздушная фурма 5 с двойными стенками. Двумя трубками 6 фурма сообщается с системой охлаждения двигателя. Холодная вода из радиатора по нижней трубке поступает в пространство между двойными стенками фурмы и, охлаждая ее, возвращается по верхней трубке в систему охлаждения.



К топливнику приварен газоотводящий патрубок 7, перед которой поставлена защитная решетка 8, препятствующая уносу частиц угля вместе с газом при отсасывании.

Люк 9 служит для чистки топливника.

Газификация угля в газогенераторе характерна большой скоростью поступления воздуха через фурму, доходящей до 80 м/сек. Боковой подвод воздуха в центральную часть топливника и отсос газа через патрубок 7, расположенный против отверстия фурмы, создают поперечный процесс газификации топлива, при котором воздух и газ проходят весьма малый путь.

Высокая температура (около 2000° Ц), развивающаяся у выходного отверстия фурмы, постепенно снижается по направлению к стенкам топливника.

### Схемы конструкций древесных газогенераторов

#### Газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха

Газогенератор (рис. 28, стр. 57) состоит из бункера 1, кожуха топливника 2, топливника 3, газосборной камеры 4 и зольника 5. Бункер имеет сверху загрузочный люк с крышкой 6, а внизу фланец 7 для соединения с кожухом топливника. В топливнике фрезеруются щели 8 для подачи воздуха в зону горения.

Топливник окружает газосборная камера 4, снабженная газоотводящим патрубком 9.

Кожух топливника сообщается отверстиями 10 с атмосферой и снабжен смотровым люком 11, служащим также и для розжига.

Пространство между кожухом топливника и стенками газосборной камеры используется для подогрева воздуха. Газогенератор снизу заканчивается зольником 5 с колосниковой решеткой 12 и люком 13 для чистки. Воздух, необходимый для газификации топлива, поступает через отверстия 10 в камеру подогрева, откуда через щели 8 засасывается в топливник.

Полученный в топливнике газ отсасывается в газосборную камеру 4 и из нее в отводящий патрубок 9.

#### Газогенератор обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха

Газогенератор (рис. 29) состоит из трех кожухов — внутреннего 1, среднего 2 и наружного 3, образующих бункер 4, газосборную камеру 5 и воздушную камеру 6, из топливника 7 и зольника 8.

Внутренний кожух в верхней части имеет загрузочный люк с крышкой 9. Нижняя часть кожуха 1 переходит в топливник 7.

Топливник имеет несколько воздушных фурм. Они окружены кольцевым воздушным поясом 10, который имеет короткие трубки 11 для сообщения с воздушной камерой 6.

Пространство между кожухами 1 и 2 образует газосборную камеру 5, из которой газ отсасывается через патрубок 12.

Кожух 3 образует с кожухом 2 воздушную камеру, сообщающуюся отверстиями 13 с атмосферой.

Люки 14, расположенные против входных отверстий воздушного пояса, служат для розжига и осмотра. Люки 15 предназначены для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля.

Зольник имеет колосниковую решетку 16 и люк 17 для чистки.

Нужный для газификации воздух поступает через отверстия 13 в воздушную камеру 6, где он подогревается, и оттуда засасывается в топливник через воздушный пояс 10 и фурмы.

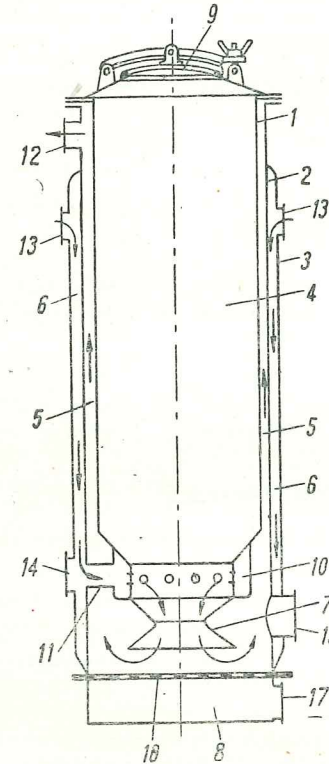


Рис. 29. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха

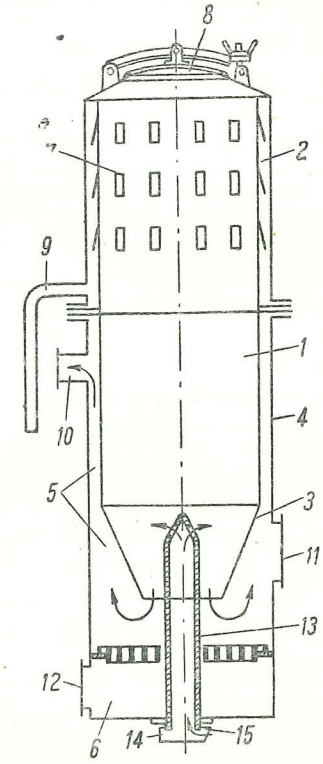


Рис. 30. Схема древесного газогенератора обратного процесса газификации с центрально-фурменной нижней подачей воздуха

Из топливника газ отсасывается в газосборную камеру 5 и патрубок 12. Проходя через газосборную камеру, газ подсушивает топливо в бункере и охлаждается.

#### Газогенератор обратного процесса газификации с центрально-фурменной нижней подачей воздуха

Газогенератор (рис. 30) состоит из бункера 1, паросборной камеры 2\*, топливника 3, наружного кожуха 4, газосборной камеры 5 и зольника 6.

\* Паросборная камера не является обязательной для данного типа газогенератора.



Бункерный кожух имеет отверстия 7 для отвода части продуктов сухой перегонки топлива в паросборную камеру. Загрузочный люк с крышкой 8 расположен в верхней части наружного кожуха. Спуск конденсата из паросборной камеры производится через трубку 9.

Бункерный кожух заканчивается внизу топливником 3. Пространство, образованное стенками топливника и наружным кожухом, служит газосборной камерой 5, которая имеет газоотводящий патрубок 10.

Нижняя часть газосборной камеры используется для дополнительного восстановительного слоя угля, который засыпается через люк 11.

Для чистки зольника 6 имеется люк 12.

В центр топливника введена снизу воздушная фурма 13. Входное отверстие фурмы служит одновременно для розжига газогенератора и снабжено коробкой 14 с воздухоподводящим каналом, имеющим обратный клапан 15.

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

Приведенный краткий обзор типовых конструкций газогенераторов позволяет сделать вывод о значительной простоте и компактности угольных газогенераторов по сравнению с древесными.

### Классификация газоохладителей

Охладители газа по конструкции можно разделить на два основных типа: батарейно-трубчатые и радиаторные.

Охлаждение газа в охладителях основано на том, что он проходит около металлической поверхности, омываемой воздухом. Для усиления циркуляции воздушного потока, омывающего радиаторный газоохладитель, используют вентилятор, имеющийся в системе охлаждения двигателя.

Если газоохладитель одновременно является газоочистителем, то его называют охладителем-очистителем.

#### Схемы конструкций охладителей газа

##### Батарейно-трубчатый охладитель

Батарейно-трубчатый охладитель (рис. 31) состоит из секций, сведенных в батарею. Каждая секция имеет коллекторные коробки 1, соединенные между собой трубками 2.

Краники 3 служат для спуска конденсата, образующегося при охлаждении газа. Коллекторные коробки имеют крышки 4 для осмотра и очистки.

Первая (нижняя) секция связана газопроводом с газогенератором, а вторая (верхняя) — с очистителем. Генераторный газ последовательно проходит через все секции.

Батарейно-трубчатые газоохладители могут различаться формой и длиной трубок, а также числом секций. Трубки обычно бывают

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

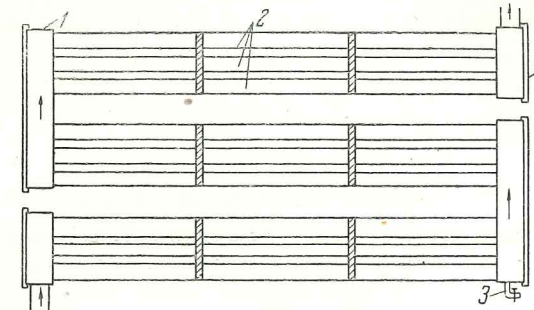


Рис. 31. Схема батарейно-трубчатого газоохладителя

Батарейно-трубчатые охладители имеют значительные размеры, неудобны для монтажа и осмотра, требуют большого количества крепежного материала. Все это вместе с сравнительно слабой циркуляцией воздуха между трубками (в особенности у тракторов) и послужило причинами появления охладителей радиаторного типа.

##### Радиаторный охладитель

Радиаторный охладитель (рис. 32) по внешнему виду напоминает обычный радиатор системы охлаждения двигателя. Он состоит из верхнего 1 и нижнего 2 резервуаров, соединенных двумя рядами вертикальных трубок 3.

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. В нижнем резервуаре эти пробки служат также для спуска конденсата.

Газ, поступающий в первое отделение нижнего резервуара, проходит по одним трубкам в верхний резервуар, откуда по другим

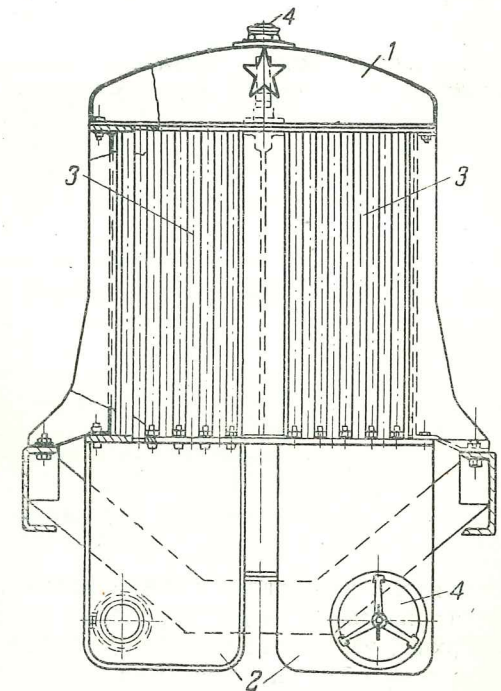


Рис. 32. Схема радиаторного газоохладителя



спускается во второе отделение нижнего резервуара и из него направляется в газопровод смесителя.

Радиаторный охладитель монтируется перед водяным радиатором двигателя, поэтому воздушный вентилятор охлаждает и газоохладитель. Воздушный поток, проходящий между трубками, и вентилятор создают хорошие условия для охлаждения газа. Форма трубок, их количество и устройство резервуаров радиаторного охладителя могут видоизменяться в зависимости от его емкости и требуемой интенсивности охлаждения.

### Классификация газоочистителей

По способу фильтрации газа газоочистители разделяются на 1) жидкостные, 2) сухие и 3) комбинированные. В свою очередь сухие делятся на а) поверхностные, б) матерчатые и сетчатые и в) динамические (инерционно-ударные и центробежные).

### Схемы конструкций газоочистителей

#### Жидкостные очистители

В жидкостных очистителях газ очищается водой, керосином или маслом.

Примером такого очистителя может служить очиститель газогенераторной установки «Виско-автогаз» (Германия) (рис. 33). Этот

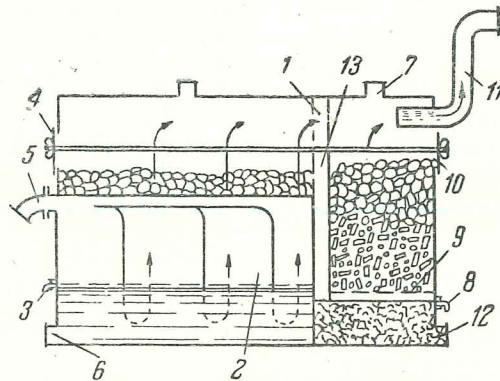


Рис. 33. Схема жидкостного газоочистителя

очиститель изготовлен в виде прямоугольного бака, разделенного перегородками 1 на два отделения. Одна из этих перегородок имеет в верхней части отверстия, а другая не доходит до дна бака, благодаря чему оба отделения бака сообщаются.

В первое отделение 2 наливается вода до уровня контрольного крана 3. В воду опущены края корытообразной коробки, дно которой прикреплено к сетке, соединенной со стенками бака. Коробка имеет три вертикальные пластины, которые дают направление газу. На сетку через люк 4 насыпается пробковая стружка. Патрубок 5 служит для подвода газа, пробка 6 — для спуска воды.

Второе отделение через отверстие 7 заполняют отработанным маслом с керосином до уровня контрольного крана 8. Над масляной поверхностью расположена сетка 9, на которую через люк 10 насыпаются кольца Рашига. Газ отводится через патрубок 11 с предохранительной сеткой; для спуска масла имеется отверстие 12.

Поступая в бак, газ попадает в первое отделение, где направляется отражательными пластинами вниз. Выходя из-под краев коробки и поднимаясь через слой пробковой стружки, газ очищается от капель воды. Из первого отделения газ переходит во второе по каналу 13, опускается и проникает на глубину 20—25 мм в масло, после чего снова поднимается, проходя через кольца Рашига, очищаясь от масляных капель и выходит из очистителя по отводящему патрубку.

Очистители этого типа не дают достаточной очистки, создают большое сопротивление проходу газа (около 200—300 мм водяного столба), неудобны для эксплуатации в зимнее время и требуют вспомогательного фильтрующего слоя для задерживания капель жидкости. Поэтому такие очистители не получили распространения.

#### Сухие очистители

В настоящее время наибольшее распространение получили сухие очистители, дающие хорошее качество очистки и удобные в отношении ухода.

#### Поверхностные очистители

В поверхностных очистителях газ очищается, проходя через слой материала с большой поверхностью (кольца Рашига, металлические стружки, кокс, металлический волос), через металлические щетки, пластины и др.

Простейший поверхностный очиститель изображен на рис. 34. Он состоит из двух цилиндров, наполненных 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.

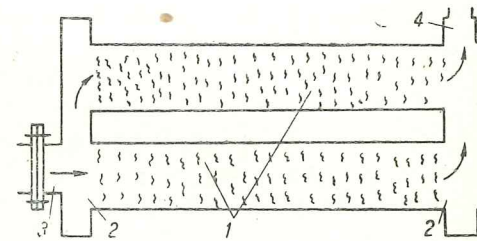


Рис. 34. Схема поверхностного газоочистителя

Проходя через металлические стружки, газ оставляет на их поверхности содержащиеся в нем различные примеси.

Примеси осаждаются значительно интенсивнее, если поверхность фильтрующего материала увлажнена. Поэтому во многих поверхностных очистителях используется конденсат. В этом случае очиститель ставят вертикально, чтобы конденсат стекал вниз, увлажняя фильтрующий материал. Капли воды, стекая на дно прибора, увлекают с собой примеси. Материал иногда увлажняют до укладки его в очиститель.



Поверхностные очистители работают удовлетворительно, но требуют периодической промывки фильтрующего материала или полной его смены.

#### Матерчатые и сетчатые очистители

Фильтрующим материалом в матерчатых очистителях обычно служит фланель.

Очиститель (рис. 35) представляет собой прямоугольный короб 1, в котором на длинных стержнях смонтированы матерчатые фильтры 2 с металлическими каркасами. Короб имеет подводный патрубок 3, вертикальную отражательную перегородку 4, съемную крышку 5, к которой приварены стержни 6, и отводящий канал 7 с выходным патрубком 8.

Газ, поступивший в очиститель, проходит сквозь оба фильтра, поднимается под крышку и спускается к отводящему патрубку.

Очистители подобного устройства дают хорошую очистку, но быстро загрязняются и, если через них проходит неохлажденный газ, сгорают. При наличии влаги в газе фильтры увлажняются и прекращают доступ газа в смеситель. Для предохранения от быстрого загрязнения эти фильтры обычно устанавливают после очистителей другого типа, в которых газ предварительно очищается от наиболее крупных примесей. В лучших конструкциях имеются контрольные фильтры в виде небольшой мелкой сетки, надеваемые на начало газоотводящей трубы. Загрязнение этой сетки вызывает прекращение подачи газа и остановку двигателя и этим указывает на необходимость очистки основных фильтров.

В некоторых конструкциях фильтрующим материалом служит мелкая сетка.

В последнее время наблюдается тенденция изготавливать поверхностные и матерчатые очистители большого объема, который используется для накопления газа. При переменной нагрузке и при кратковременном нарушении газообразования в генераторе этот запас газа делает работу двигателя более гибкой и облегчает его пуск.

Такие очистители получили наименование очистителей-газгольдеров.

#### Динамические очистители

Работа динамических очистителей основана на том, что в них скорость газа понижается, а его направление резко изменяется и становится зигзагообразным или спиральным. При этом примеси, содержащиеся в газе и обладающие большим удельным весом, продолжают двигаться по инерции с прежней скоростью и в том же направлении, ударяются о различные препятствия и отбрасываются на дно прибора.

В зависимости от внутреннего устройства динамических очистителей и характера движения в них газа они разделяются на инерционно-ударные и центробежные.

**Инерционно-ударные очистители.** Инерционно-ударный очиститель (рис. 36) состоит из цилиндров или прямоугольных коробов 1, внутри которых устанавливаются отражательные пластинки 2. В пластинках имеется ряд отверстий, расположенных

в шахматном порядке. По ходу газа, в последовательно соединенных цилиндрах число пластинок и число отверстий в них постепенно увеличивается, а диаметр отверстий и расстояние между пластинками уменьшаются. Пластинки монтируются на опорных стержнях и вместе с ними они могут быть вынуты для очистки через люки с крышками 3.

Проходя через очиститель, газ многократно ударяется о пластин-

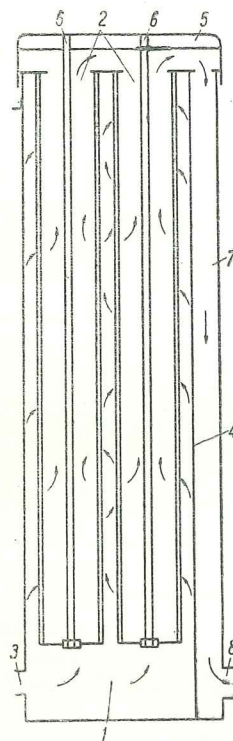


Рис. 35. Схема матерчатого газоочистителя

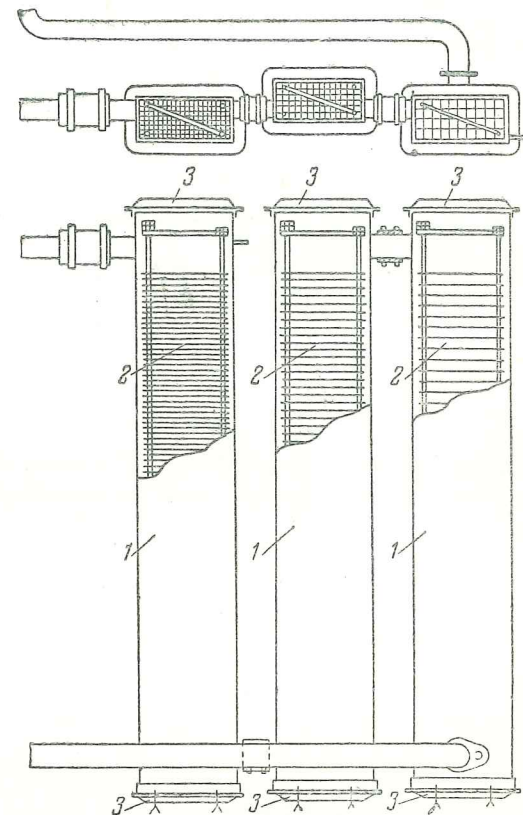


Рис. 36. Схема инерционно-ударного газоочистителя

ки, и направление его движения изменяется. Благодаря этому содержащиеся в газе примеси выпадают на дно короба.

Инерционно-ударные очистители изготавливаются в виде батарей из нескольких секций. Они имеют большую охлаждаемую поверхность и поэтому относятся к группе очистителей-охладителей.

При установке подобных очистителей-охладителей надобность в специальных охладителях отпадает. Инерционно-ударные очистители обычно устанавливаются для первичной грубой очистки газа.

**Центробежные очистители.** В центробежных очисти-



телях для очистки газа используется центробежная сила, под действием которой механические примеси отбрасываются к стенкам. Центробежная сила создается различными крыльчатками, приводимыми в действие движением газа или механическим приводом. Для той же цели устанавливают завихряющие приборы.

Конструкция центробежного очистителя с крыльчаткой, приводимой в действие движением газа, показана на рис. 37. Этот очиститель имеет цилиндрический корпус 1 с вводным патрубком 2 и отъемным дном. Крыльчатка 3 накрыта колпаком 4 с щелевыми отверстиями 5, через которые поступает газ. Крыльчатка имеет два ряда лопастей 6. Патрубок 7 служит для отвода газа.

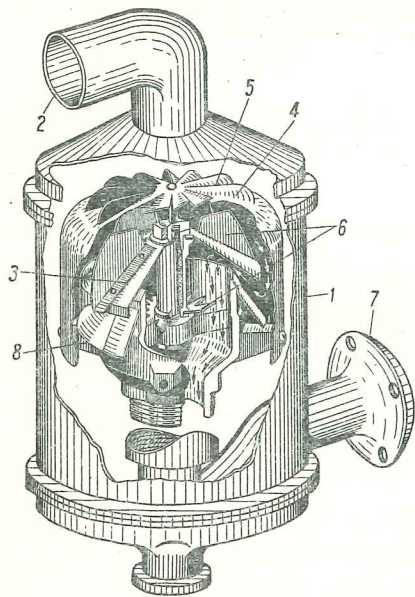


Рис. 37. Схема центробежного газоочистителя

на. В них газ вихреобразно движется по спирали. Такие очистители получили широкую известность под названием циклонных или циклонов (рис. 38).

Газ поступает в циклон по патрубку 1, расположенному по касательной к поверхности прибора 2, отчего газ приобретает вращательное движение. На отводящем патрубке 3 имеется завихритель 4, состоящий из ряда изогнутых лопаток. Механические примеси оседают в коническом пылесборнике 5, снабженном люком 6 для чистки.

#### Комбинированные очистители

В комбинированных очистителях газ очищается, проходя через фильтры нескольких видов, например через жидкостный и сухой, поверхностный и матерчатый, находящиеся в одном приборе. Схема одного из таких очистителей представлена на рис. 39.

Газ поступает в нижнюю часть очистителя по патрубку 1; поднимаясь вверх, газ проходит через слой кокса 2, затем окончательно очищается матерчатым фильтром 3 и отводится по патрубку 4.

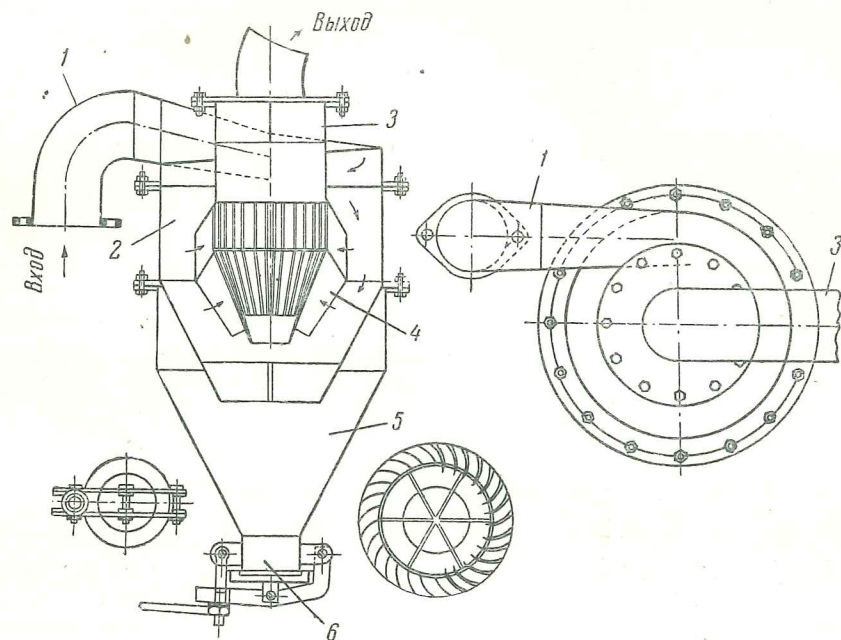


Рис. 38. Схема циклонного газоочистителя

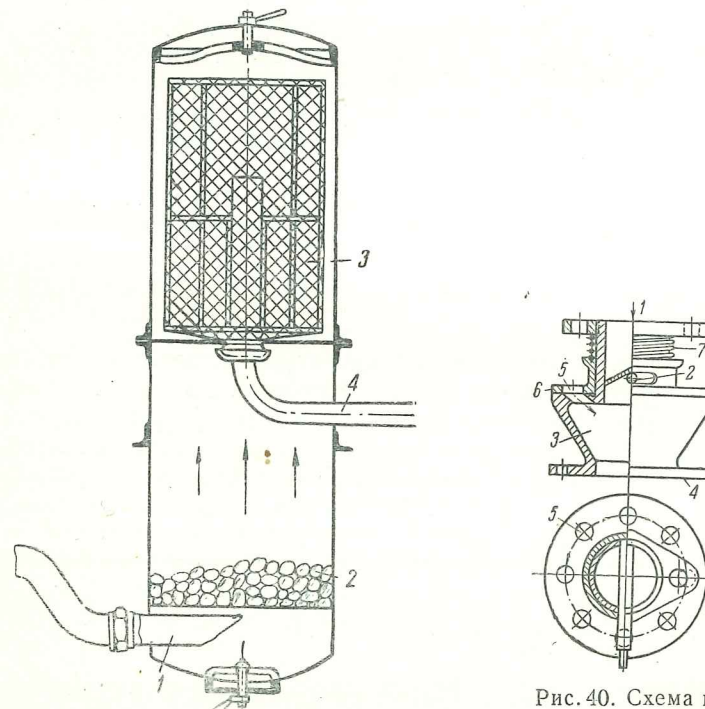


Рис. 39. Схема комбинированного газоочистителя

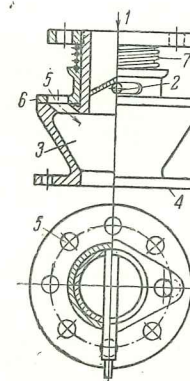


Рис. 40. Схема параллельно-поточного смесителя простого действия



### Классификация смесителей

Современные смесители разделяются на следующие типовые группы:

1) смесители с параллельным движением потоков газа и воздуха: а) параллельно-поточные, б) эжекционные;

2) смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха: а) перпендикулярно-поточные, б) наклонно-поточные, в) эжекционные;

3) смесители турбулентные.

Если смеситель соединен с карбюратором в один прибор, позволяющий работать как на газозвоздушной смеси, так и на смеси воздуха с жидким топливом, или на одном жидком топливе, он называется смесителем-карбюратором.

Смесители с параллельными потоками газа и воздуха

#### Параллельно-поточные

Изображенный на рис. 40 (стр. 67) смеситель состоит из газоподводящего патрубка 1 с газовым дросселем 2, камеры смешения 3 и патрубка 4 для присоединения ко всасывающему коллектору двигателя.

Воздух, необходимый для образования газозвоздушной смеси, подводится в камеру смешения через отверстия 5. Их проходное сечение можно регулировать вручную кольцевой шайбой 6; которая также имеет отверстия. Для регулировки эти отверстия при помощи тяги смещают по отношению к воздушным отверстиям корпуса смесителя. Пружина 7 служит для удержания шайбы 6 в определенном положении.

В камеру смешения параллельно поступают поток газа по патрубку 1 и разделенный на мелкие струи поток воздуха через отверстия 5.

#### Эжекционные

В эжекционных смесителях (рис. 41) газовый патрубок 1 глубоко вводится в корпус 2 смесителя: конец патрубка делается суженным. Воздух подводится через ряд отверстий 3 в подвижной шайбе 4 и корпусе смесителя 2. Под действием разрежения, создаваемого работающим двигателем, и подсосывания газовым потоком воздух проходит в камеру смешения 5. Количество поступающего воздуха регулируется шайбой 4, смещаемой с помощью рычажка 6.

Так как сужение газоподводящего патрубка повышает сопротивление движению газа, то в некоторых конструкциях эжекционных смесителей через патрубок 1 в камеру смешения подводится воздух, а газ засасывается через отверстия 3. Эжекция в этом случае создается потоком воздуха.

Смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха

#### Перпендикулярно-поточные

Цилиндрический корпус 1 смесителя (рис. 42) образует камеру смешения 2, в которую газ подводится по патрубку 3, в воздух —

через ряд отверстий 4 в корпусе и регулировочной шайбе 5. Количество воздуха, поступающего в камеру смешения, регулируется смещением отверстий шайбы по отношению к отверстиям корпуса смесителя. Это смещение производится при помощи ручной тяги, присоединяемой к выступу 6. Дроссель 7 служит для регулировки количества газозвоздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя.

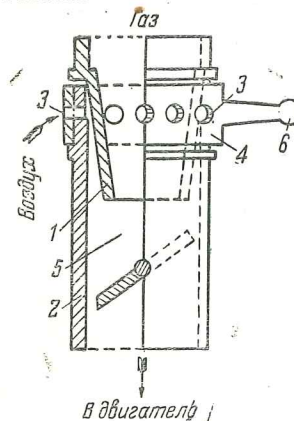


Рис. 41. Схема параллельно-поточного смесителя эжекционного действия

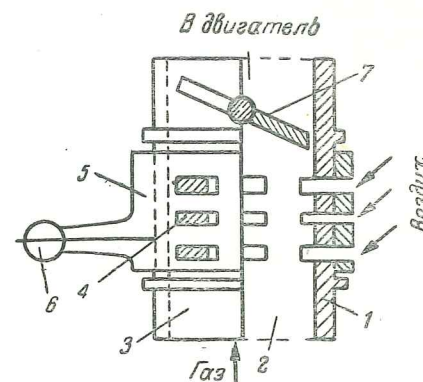


Рис. 42. Схема перпендикулярно-поточного смесителя

Газозвоздушная смесь образуется путем пересечения под прямым углом газового потока рядом струй воздуха. При этом создается некоторое торможение потока газа.

#### Наклонно-поточные

Стремление избавиться от тормозящего действия воздуха и еще более упростить конструкцию смесителя привело к созданию наклонно-поточных смесителей с пересечением потоков газа и воздуха под острым углом.

Схема такого типа смесителя показана на рис. 43 (стр. 70). Патрубок 1 подводит газ в камеру смешения 2, к которой присоединен наклонный воздушный патрубок 3 с дросселем 4 для регулировки количества поступающего воздуха. Дроссель 5 служит для регулировки количества газозвоздушной смеси, пропускаемой в цилиндры.

#### Эжекционные

В настоящее время наиболее распространены смесители эжекционного типа (рис. 44, стр. 70).

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



## Турбулентные смесители

В турбулентных смесителях смешиваемые газ или воздух совершают вихревое движение, проходя по спиральному ходу и поступая в камеру смешения через ряд каналов, расположенных касательно к поверхности камеры. При встрече газового и воздушных потоков,

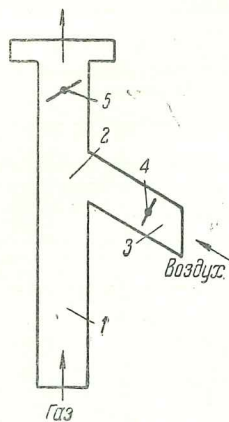


Рис. 43. Схема наклонно-поточного смесителя

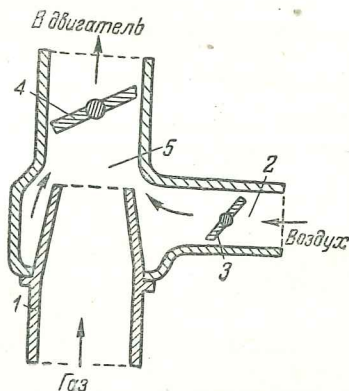


Рис. 44. Схема перпендикулярно-поточного смесителя эжекционного действия

из которых один находится в вихреобразном состоянии, происходит их энергичное перемешивание и достигается хорошее качество смеси. Однако смесители этого типа имеют повышенное сопротивление и поэтому почти не применяются.

Конструкция турбулентного смесителя показана на рис. 45.

Корпус имеет газопроводящий патрубок 1, который переходит в кольцевую камеру 2, окружающую вставной стакан 3. Стакан расположен эксцентрично по отношению к кольцевой камере. Этот стакан служит для поступления воздуха и имеет каналы 4, которые идут по касательной к поверхности стакана. Благодаря этому газ поступает в камеру смешения по спирали, чем обеспечивается его вихревое движение. Дроссель 5

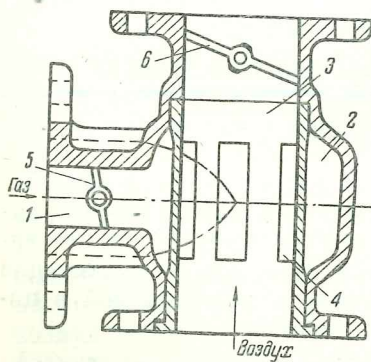


Рис. 45. Схема турбулентного смесителя

предназначен для регулировки количества входящего в смеситель газа, дроссель 6 — для регулировки количества газовой смеси, пропускаемой в цилиндры двигателя.

## Смесители-карбюраторы

Параллельно со смесителями на двигателе, как правило, устанавливаются еще и карбюраторы. Они используются для работы

машин на жидком топливе при маневрировании и для присадки жидкого топлива к генераторному газу в случае необходимости обогащения рабочей смеси. Однако наличие отдельно установленных смесителя и карбюратора несколько усложняет систему питания двигателя. Поэтому в некоторых газовых двигателях устанавливается смеситель-карбюратор, изготовленный в виде одного прибора. Основой такого прибора служит либо карбюратор, если двигатель рассчитывается преимущественно на питание жидким топливом, либо смеситель, если карбюратор предназначен

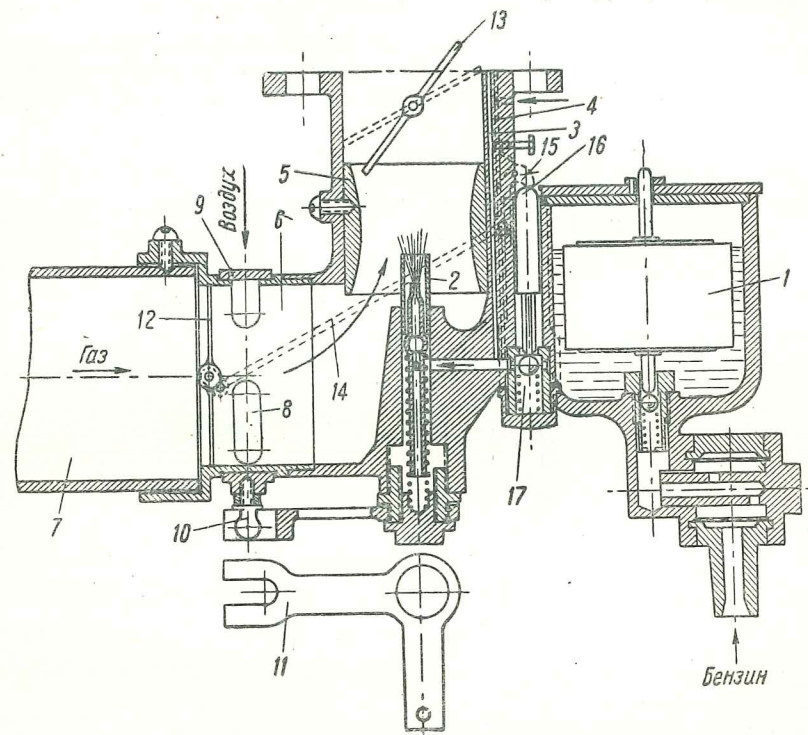


Рис. 46. Схема смесителя-карбюратора

только для пуска двигателя и для присадки бензина при трудных условиях работы машины (трогание с места, подъемы).

Конструкция прибора, в котором основой является карбюратор, изображена на рис. 46.

Прибор представляет собою пульверизационный карбюратор с поплавковой камерой 1, главным жиклером 2, пусковым каналом 3, каналом 4 для автоматической регулировки качества смеси и диффузором 5. Патрубок 6, обычно служащий для подвода воздуха, использован в качестве смесителя для образования газовой смеси по принципу пересекающихся потоков. Газ подводится в смеситель через трубопровод 7, а воздух — через каналы 8, расположенные перпендикулярно к газопроводу.

Количество воздуха, поступающего для образования газовой смеси,







Глава V

КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНО-ТРАКТОРНЫХ  
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ  
УСТАНОВОК

Древесные установки

Газогенераторные установки конструкции С. И. Декаленкова

Газогенераторная установка «Пионер» Д-8  
для автомобиля ЗИС-5 (модель 1934 г.)

Газогенераторная установка Д-8, работающая по принципу обратного процесса газификации топлива с периферийно-щелевой подачей воздуха (рис. 48), состоит из газогенератора, охладителей-очистителей и смесителя.

Газогенератор имеет цилиндрическую форму и состоит из следующих основных частей: бункера 1, корпуса 2 топливника, топливника 3, опорного конуса 4, газосборной камеры 5 и зольника 6.

Бункер газогенератора имеет загрузочный люк, закрываемый крышкой 7, которая при открытии люка отодвигается в сторону на стержне при помощи ручки 8 замка. Бункер сваривается из 2-мм листовой стали. К нижней части бункера приварено кольцо 9 для соединения с корпусом топливника.

Корпус 2 топливника в верхней части имеет фланец для соединения с бункером, а в нижней части фланец 10 для соединения с зольником 6.

Корпус топливника на уровне воздушной щели 11 имеет смотровой люк 12 с крышкой и, кроме того, два отверстия 13 с вваренными патрубками. Патрубки расположены диаметрально противоположно и предназначены для подвода воздуха к топливнику.

В корпусе топливника имеется отверстие для патрубка 14 газосборной камеры.

Топливник 3 отлит из чугуна и имеет коническую форму. К верхней части топливника приклепывается конус 15 из 3-мм листовой стали. После отливки топливника в нем фрезеруются воздушные щели 11 высотой 3 мм и общей длиной 260 мм. Верхняя и нижняя части топливника остаются при этом соединенными при помощи ребер, которые отлиты вместе с топливником. Верхний конец

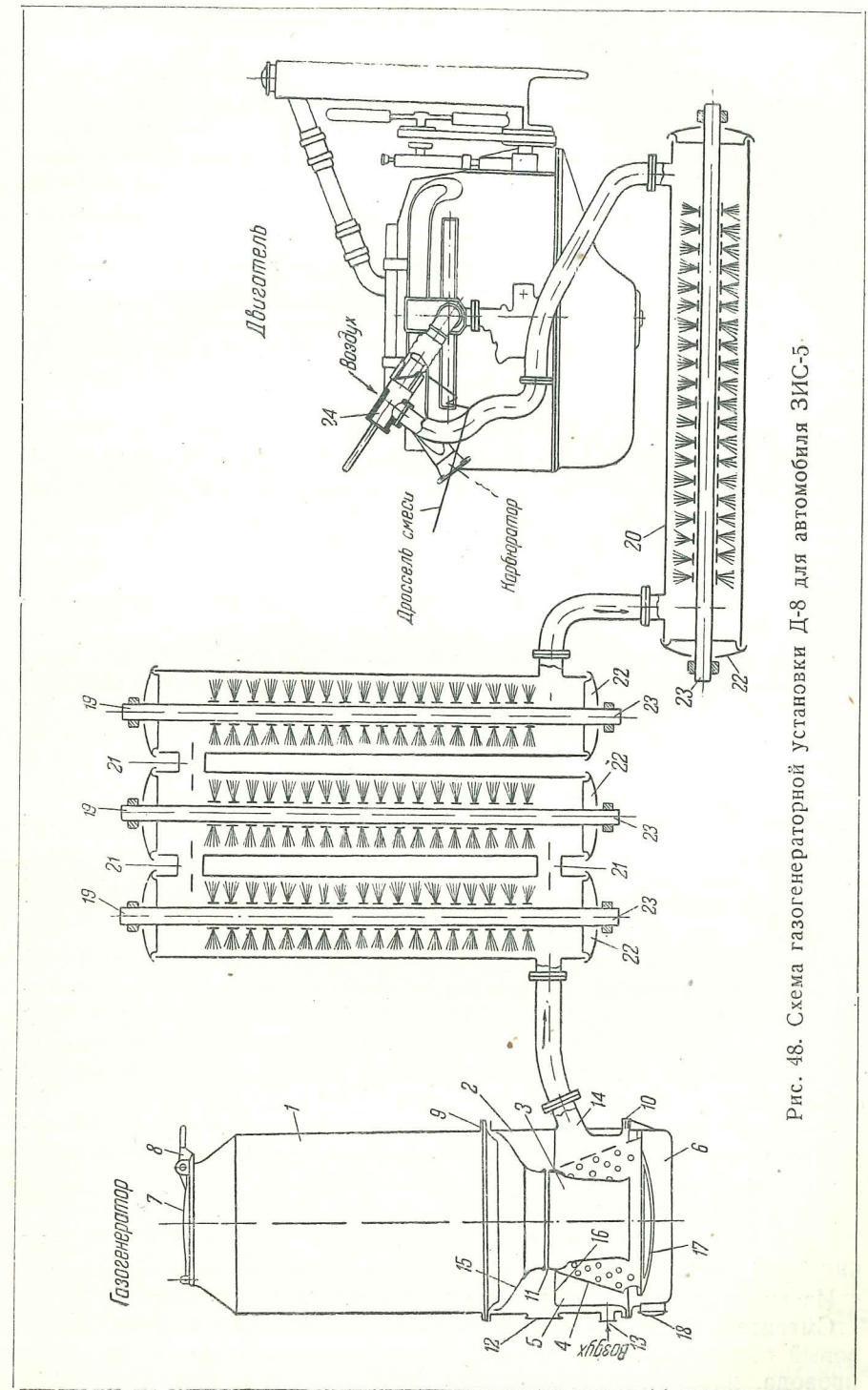


Рис. 48. Схема газогенераторной установки Д-8 для автомобиля ЗИС-5.



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

Место соединения конуса с бункером уплотняется асбестовым шнуром.

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

Нижняя часть газосборной камеры имеет отогнутый край, который зажимается между фланцами корпуса топливника и зольника.

Тяжелый топливник поддерживается опорным конусом 4, нижний конец которого ставится на кольцо колосниковой решетки 17, приваренное к стенке зольника. В опорном конусе просверлено 188 отверстий, диаметром 7 мм каждое, служащих для пропуска газа в газосборную камеру и для грубой его фильтрации. Конус изготовлен из 5-мм железа.

Последней частью газогенератора является зольник 6; он сварен из 3-мм листовой стали и соединяется с корпусом топливника. В зольнике подвешена сферической формы качающаяся колосниковая решетка 17, выполненная из круглого 10-мм железа.

Для очистки и розжига в зольнике имеется люк 18, плотно закрывающийся крышкой с асбестовой прокладкой. Общая высота газогенератора 1600 мм, диаметр 640 мм, емкость — 117 кг древесных чурок.

Воздух входит в газогенератор через отверстия 13, проходит через пространство, образованное корпусом топливника и стенкой газосборной камеры, подогревается и направляется 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 состоит из четырех цилиндров, причем три из них соединены в батарею 19, а четвертый 20 поставлен отдельно.

Длина каждого цилиндра батареи охладителей-очистителей 1200 мм, диаметр 220 мм. Длина цилиндра последнего очистителя — 1400 мм, диаметр — 220 мм. Цилиндры соединены между собой трубами 21. Концы цилиндров закрываются крышками 22 с асбестовой шнуровой прокладкой, плотно прижимаемыми к отбортованным краям.

Крышки с двух сторон надеваются на полые стержни 23, проходящие через всю длину цилиндров, и притягиваются при помощи гаек, навинчиваемых на резьбу концов труб.

Для очистки газа в каждом цилиндре имеются фильтрующие проволочные щетки круглой формы, а для спуска конденсата — спускные пробки.

Из охладителя-очистителя газ направляется в смеситель 24.

Смеситель имеет тройник, в один конец которого вставлен бронзовый стаканобразный золотник с тягой, в другой — конец газопровода, идущего от охладителя-очистителя, и в третий — начало

газопровода, соединяющего смеситель со всасывающим коллектором двигателя.

В золотнике и в связанном с ним конце тройника высверлены шесть отверстий диаметром 11 мм, через которые засасывается в смеситель воздух. Проходное сечение отверстий можно регулировать вращением золотника. Этот же золотник служит и для полного прекращения подачи воздуха в смеситель.

Помимо регулируемых воздушных отверстий имеется еще 12 отверстий постоянного диаметра (3 мм), расположенных в газопроводе газовой смеси. Дроссель газовой смеси находится в патрубке, приваренном ко всасывающему коллектору двигателя. Карбюратор МААЗ-5 оставлен на своем месте.

Воздушные отверстия смесителя регулируются поворотом штанги, соединенной с золотником.

### Газогенераторная установка «Пионер» Д-8а для автомобиля ЗИС-5 (модель 1935 г.)

Установка Д-8а 1935 г. является развитием конструкции установки Д-8 1934 г.

Основное изменение, внесенное в конструкцию газогенератора, заключается в том, что топливник сделан более надежным из двух частей (рис. 49) — чашки и горловины. Чашка 1 отливается

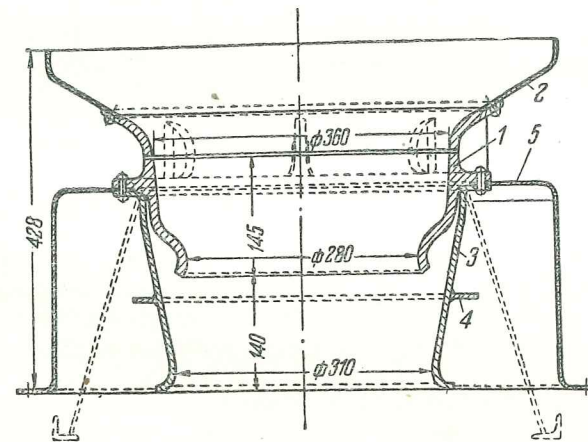


Рис. 49. Топливник газогенератора Д-8а

из жароупорного кремнистого чугуна и соединяется на заклепках с переходным конусом бункера 2 и с горловиной 3, сваренной из 7-мм листовой стали. Для предохранения от действия температурных напряжений горловина охвачена приваренным кольцом 4. В месте соединения чашки и горловины очага крепится и диафрагма 5 газосборной камеры.

Охладители-очистители выполнены по схеме установки Д-8 1934 г., но цилиндры имеют одинаковую длину 1200 мм и диаметр 200 мм.

В установке Д-8 каждый цилиндр имел две крышки, в установке



Д-8а 1935 г. только одну: на противоположных концах цилиндров сделаны глухие днища.

Кроме того, в первом по ходу газа цилиндре смонтированы на трубчатом стержне не проволочные щеточные фильтры, а стальные диски со срезанными сегментами.

Смеситель (рис. 50), отлитый из алюминия, имеет следующее устройство.

Газ поступает в смеситель по патрубку 1, который заканчивается коническим соплом 2 в расширенной части коленообразного корпуса смесителя. Величину кольцевого зазора 3, образованного стенкой корпуса и соплом, можно регулировать установкой ряда прокладок 4 и тем самым изменять сечение для прохода воздуха.

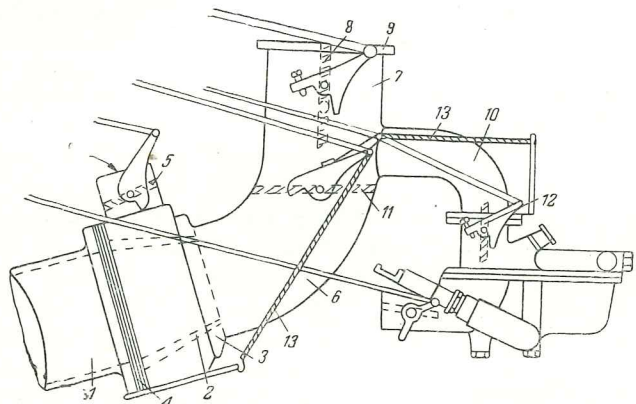


Рис. 50. Схема смесителя газогенераторной установки Д-8а

Воздух засасывается в смеситель через патрубок, снабженный воздушным дросселем 5, и поступает в смесительную камеру, откуда газозвоздушная смесь по трубе 6 проходит в патрубок 7 с дросселем газозвоздушной 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 газозвоздушной 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. Пружинами 13 дроссели 12 и 11 удерживаются в нужном положении.

#### Газогенераторная установка «Пионер» Д-10 для автомобиля ЗИС-5 (модель 1936 г.)

В этой установке по сравнению с установкой Д-8а изменений весьма мало, все они не носят принципиального характера и свелены к устранению мелких конструктивных недостатков прежних установок; например, батарея охладителей-очистителей составлена из трех цилиндров, а четвертый заменен охладителем из ряда плоских труб.

Основными недочетами, свойственными в той или иной степени всем установкам типа «Пионер», являются:

1) недостаточная стойкость топливника, 2) неполная герметичность загрузочного люка, 3) высокая температура газа, выходящего из газогенератора, 4) неудовлетворительная работа очистителей, 5) значительное количество смол в газе.

Перечисленные недостатки установок «Пионер» ставят их по качеству работы ниже конструкций современных газогенераторных установок, которые достигли к настоящему времени более высоких показателей (ЗИС-13, ЗИС-21, НАТИ Г-21, НАТИ Г-14, Г-23 и ряд других). Однако установки «Пионер» сыграли большую роль в развитии газогенераторного дела в лесной промышленности и создании кадров работников в новой области. Именно на этих установках учились эксплуатировать нужную лесной промышленности газогенераторную машину на механизированных лесопунктах.

#### Газогенераторная установка ЛТА Лесотехнической академии им. С. М. Кирова для автомобиля ЗИС-5 (Экспериментальная)

Установка ЛТА для автомобиля ЗИС-5 сконструирована по типу одноименной установки для тракторов СТЗ-ХТЗ с обратным процессом газификации и центрально-фурменной нижней подачей воздуха.

Газогенератор (рис. 51, стр. 80) предназначен для работы на древесной воздушно-сухой щепе размерами  $20 \times 20 \times 50$  мм. Основными частями его являются: наружный кожух 1, внутренний кожух (бункер) 2, топливник 3 и зольник 4.

Наружный кожух 1, изготовленный из 2-мм листовой стали, состоит из верхней и нижней частей, скрепляемых фланцами 5. В верхней части наружного кожуха имеется загрузочный люк, закрываемый крышкой 6 при помощи планки 7 и барашка 8. В нижней части наружный кожух заканчивается двойным дном.

Внутренний кожух 2, изготовленный из 2-миллиметровой листовой стали, в верхней части доходит до загрузочного люка, образуя с внешним кожухом паросборное кольцевое пространство; в нижней части бункер переходит в конический топливник.

Топливник 3 сделан из 10-миллиметровой листовой стали, в центр его подведена воздушная фурма 9, смонтированная на дне наружного кожуха и закрепленная при помощи гайки 10. Фурма снизу имеет отверстие для розжига, закрываемое при работе газогенератора крышкой 11, и отверстия 12, через которые она сообщается с воздушной камерой 13, а сверху восемнадцать отверстий 14 диаметром 8 мм, расположенных в три ряда. Фурма изготовлена из чугуна.

Пространство между колосниковой решеткой 15 и дном 16 наружного кожуха служит зольником 4. Колосниковая решетка сделана из чугуна и имеет встряхивающий рычаг 17. Решетка составлена из двух половин, опирающихся на 7 лап, приваренных к стенке наружного среднего кожуха. Люк 18 служит для очистки зольника.



Для засыпки дополнительного восстановительного слоя угля в пространство между наружным кожухом и топливником сделаны два круглых люка 19.

Необходимый для газификации топлива воздух поступает по трубе 20 в воздушную камеру 13 и проходит через отверстия 12 в фурму 9. Из фурмы воздух выходит через отверстия 14.

Газ из топливника направляется через газосборную камеру и кольцевую коробку 21 по газоотводящему патрубку в два последо-

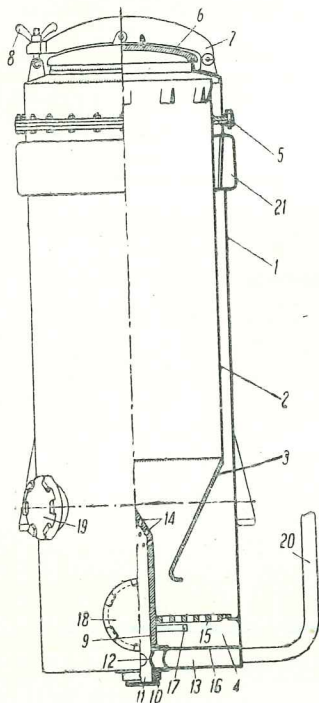


Рис. 51. Схема газогенератора установки ЛТА для автомобиля ЗИС-5

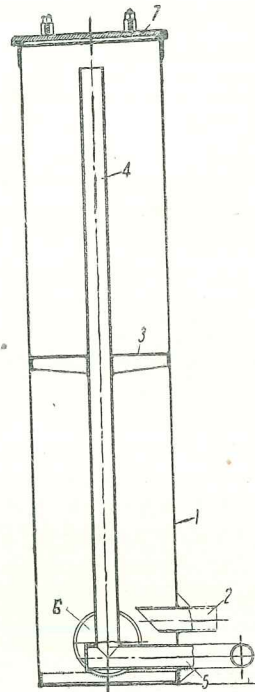


Рис. 52. Схема газоочистителя установки ЛТА для автомобиля ЗИС-5

вательно установленных циклонных очистителя, а из очистителей — в радиаторный охладитель<sup>1</sup>.

Из охладителя газ поступает в тонкий очиститель емкостью в 0,210 м<sup>3</sup> газа, одновременно выполняющий роль газгольдера (рис. 52).

Очиститель-газгольдер выполнен в виде прямоугольного короба 1, сечением 335 × 335 мм и высотой 1660 мм, из 2,5-миллиметровой листовой стали. Газ поступает в очиститель по патрубку 2, проходит через слой колец Рашига, насыпанных на сетку, которая лежит на уголке 3, и выходит через вертикальную трубу 4 в отводящий

<sup>1</sup> Описание конструкций очистителей и охладителя см. на стр. 135.

патрубок 5. Люк 6 служит для очистки агрегата. Крышка 7 закрывает люк очистителя, служащий для засыпки и выемки колец Рашига. Крышка прижимается двумя планками при помощи накладных болтов.

После тонкого очистителя газ засасывается в смеситель такого же типа, как в установке ЗИС-21.

#### Газогенераторная установка Гумбольдт-Дейтц (Германия)

Установка Гумбольдт-Дейтц, изготовленная для автомобиля Фаун-Дейтц, работает по принципу обратного процесса газификации и имеет центрально-фурменную нижнюю подачу воздуха.

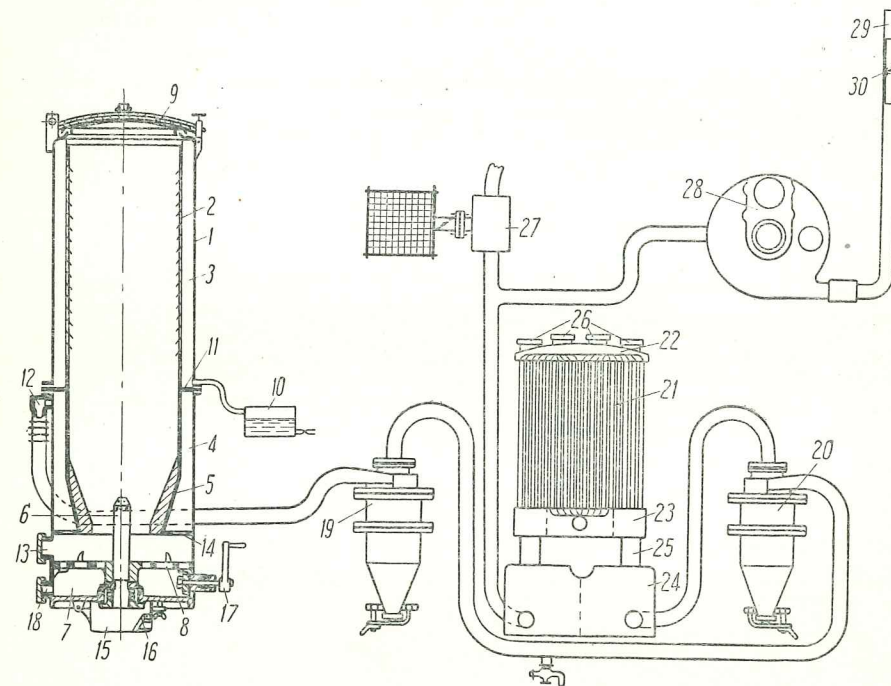


Рис. 53. Схема газогенераторной установки «Гумбольдт-Дейтц»

Составными частями установки являются: 1) газогенератор, 2) циклонные очистители, 3) охладитель, 4) смеситель, 5) вентилятор.

Газогенератор (рис. 53) состоит из двух кожухов — наружного 1 и внутреннего 2, образующих паросборную 3 и газосборную 4 камеры, топливника 5 с воздушной фурмой 6 и зольника 7 с колосниковой решеткой 8.

Наружный кожух 1 имеет в верхней части загрузочный люк с крышкой 9, в средней части расположено отверстие, от которого идет трубка, отводящая конденсат к резервуару 10. Ниже трубки имеются фланцы для зажима опорного кольца 11 бункера, которое

6 Газогенераторные установки



отделяет паросборную камеру от газосборной, и газоотводящий патрубок 12. В нижней части наружный кожух заканчивается зольником 7.

Емкость внутреннего кожуха 2 (бункера) — 106 кг топлива. Он имеет ряд отверстий для прохода паров влаги и продуктов сухой перегонки в паросборную камеру.

Внизу бункера заканчивается топливником 5 с огнеупорной обмуровкой.

Люк 13 служит для заполнения углем добавочной восстановительной зоны. На пути газа в газосборную камеру установлена газоочистительная решетка 14.

В центр топливника входит воздушная фурма 6 диаметром 73 мм, имеющая на конце 15 отверстий, расположенных в два ряда. Фурма укреплена в дне газогенератора и через воздухоприемную камеру 15 сообщается с атмосферой. Воздухоприемная камера снабжена обратным автоматическим клапаном 16 и сделана откидной.

Колосниковая решетка перемещается валиком с шестерней рукояткой 17. Люк 18 предназначен для очистки зольника.

Газ проходит из топливника через дополнительный восстановительный слой угля и газоочистительную решетку в газосборную камеру, откуда затем отсасывается через отводящий патрубок в циклонные очистители 19 и 20. Газ входит в очиститель через касательно поставленный патрубок и получает спиральное движение, причем крупные механические примеси, имеющиеся в генераторном газе, отбрасываются к стенкам циклона и опускаются вниз, выпадая из потока газа. Перед тем как попасть в отводящий патрубок, газ меняет направление и проходит между неподвижно установленными отражательными пластинками. Вихревое движение газа, создающееся при его прохождении между пластинками, способствует лучшей очистке, так как при этом интенсивно выпадают взвешенные примеси. В отводящей трубе и в нижней части циклона для устранения завихрения газа поставлены успокоительные перегородки.

Для чистки очистителя внизу имеется люк с крышкой, прижимаемой при помощи скобы и накидного болта.

Первый и второй циклоны соединены последовательно. Конструкция их одинакова.

Из второго циклона 20 газ переходит в охладитель 21 радиаторного типа, состоящий из трех резервуаров 22, 23, 24 и четырех секций, из 5 овальных трубок каждая. Этими секциями соединяются верхний и средний резервуары; средний и нижний резервуары соединены двумя короткими патрубками 25. Нижний резервуар, имеющий большие размеры, предназначен для сбора конденсата и примесей, выделяющихся из газа.

Через резервуары 24 и 23 газ поступает в первую секцию, поднимается по трубкам и входит в первое отделение резервуара 22, а оттуда опускается в среднее отделение резервуара 23. Отсюда газ поднимается во второе отделение верхнего резервуара 22 и, опускаясь из него, проходит через средний резервуар 23 в резервуар 24, откуда уже отсасывается в смеситель. Для очистки охладителя в его верхнем резервуаре сделаны четыре пробки 26 и в среднем — одна.

Смеситель 27 относится к типу перпендикулярно-поточных. Его камера смешения 1 (рис. 54) сообщается с газоподводящим 2 и с воздушным 3 патрубками. Воздушный патрубок соединен с воздухоочистителем 4 и имеет воздушный дроссель 5. В камеру смешения воздух проходит через отверстия 6. Дроссель газовой смеси 7 установлен в отводящем патрубке, идущем ко всасывающему коллектору.

Смеситель 27 относится к типу перпендикулярно-поточных. Его камера смешения 1 (рис. 54) сообщается с газоподводящим 2 и с воздушным 3 патрубками. Воздушный патрубок соединен с воздухоочистителем 4 и имеет воздушный дроссель 5. В камеру смешения воздух проходит через отверстия 6. Дроссель газовой смеси 7 установлен в отводящем патрубке, идущем ко всасывающему коллектору.

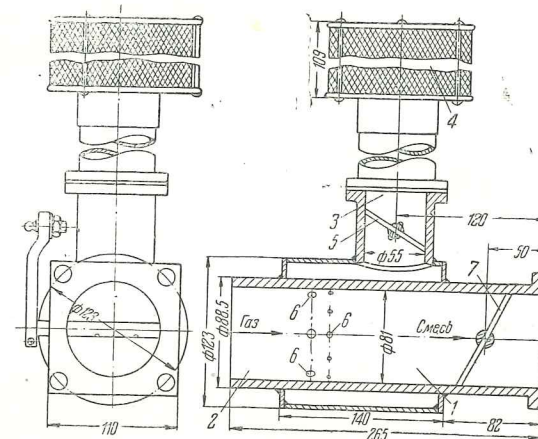


Рис. 54. Схема смесителя установки „Гумбольдт-Дейтц“

В газопровод, соединяющий охладитель со смесителем (рис. 53), включен центробежный вентилятор 28 с ручным и электрическим приводом. Трубой 29 корпус вентилятора сообщается с атмосферой; трубка может перекрываться заслонкой 30.

Газогенераторная установка НАТИ Г-14 для автомобиля ГАЗ-42 (серийная)

Установка НАТИ Г-14 состоит из следующих частей (рис. 55, стр. 84): 1) газогенератора, 2) горизонтального охладителя-очистителя, 3) вертикального очистителя для тонкой очистки газа, 4) вентилятора, 5) смесителя.

Газогенератор работает на древесных чурках по принципу обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха. Основными его частями являются (рис. 56, стр. 84): бункер 1, наружный кожух 2, топливник 3 и зольник 4.

Бункер 1 имеет в верхней части загрузочный люк с крышкой 5. Необходимая герметичность закрытия люка достигается с помощью затвора 6.

Фланцем 7 бункер соединяется через болты с фланцем наружного кожуха.

Бункер 1 внутри покрыт медью; он заканчивается приваренным



снизу топливником 3, изготовленным из углеродистой стали и покрытым внутри алюминием (алитированным).

В топливнике имеется десять воздушных фурм 8, диаметром 8 мм, окруженных кольцевой воздушной камерой 9. Эта камера сообщается с наружным воздухом полой втулкой (футоркой) 10, выв-

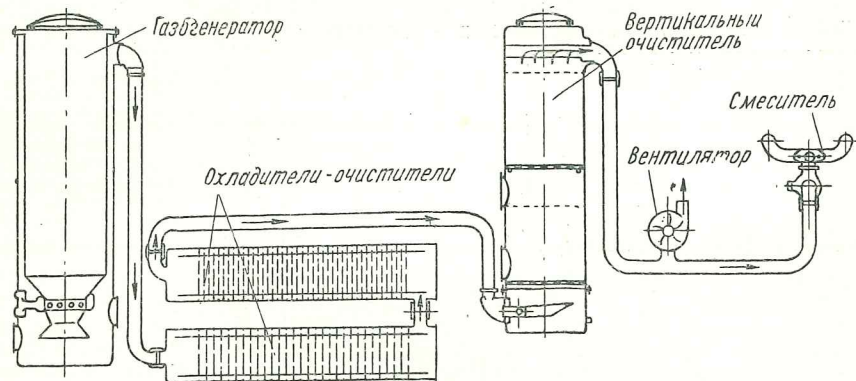


Рис. 55. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14 для автомобиля ГАЗ-42

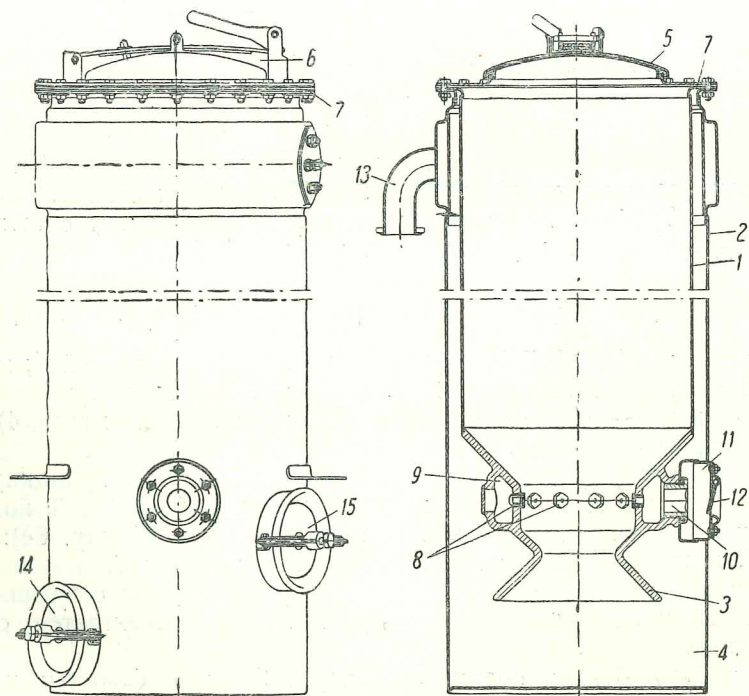


Рис. 56. Схема газогенератора установки НАТИ Г-14

денной к отверстию воздухоприемной камеры 11 наружного кожуха.

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

Наружный кожух 2 сверху имеет газоотводящий патрубок 13, а внизу переходит в зольник 4.

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

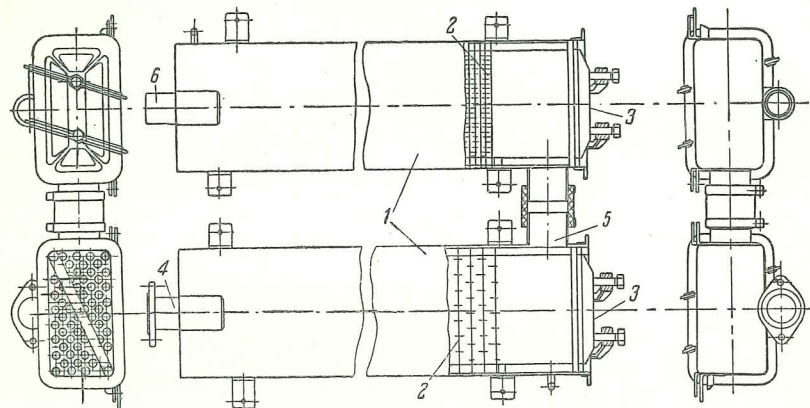


Рис. 57. Схема охладителя-очистителя установки НАТИ Г-14

Высота газогенератора 1600 мм, диаметр — 450 мм. Объем бункера — 0,15 м<sup>3</sup>. В газогенератор загружается 12 кг угля для первоначального розжига и 40 кг древесных чурок.

Кроме того, установка имеет запасный ящик, в который помещается 45 кг топлива.

Воздух поступает в топливник через воздухоприемную камеру 11, втулку 10 и воздушные фурмы 8. Газ из топливника проходит через дополнительный восстановительный слой угля и газосборную камеру в газосборное кольцо и выходит в газоотводящий патрубок. Проходя между внутренним и наружным кожухами, газ значительно охлаждается и вместе с тем подогревает топливо в бункере.

Из газогенератора газ поступает в горизонтальный охладитель-очиститель инерционно-ударного типа (рис. 57), состоящий из двух секций 1.

Каждая секция представляет собой прямоугольный короб из 1,5-миллиметровой листовой стали, длиной 1420 мм и сечением 256 × 136 мм. Внутри секций имеются фильтрующие железные пластинки 2, смонтированные на четырех длинных стержнях и удерживаемые на них распорными втулками.

Каждая секция состоит из различного количества пластин, кото-



рые в свою очередь имеют различное количество отверстий разного диаметра. Отверстия в пластинах по ходу газа между собой не совпадают, в связи с чем газ при движении все время меняет свое направление.

Для очистки секций снимают крышки 3, после чего можно вынуть все пластины. Конденсат спускается через сливные трубки.

Газ поступает из газогенератора в первую секцию через патрубок 4, проходит через отверстия пластин и по патрубку 5 направляется во вторую секцию, опять проходит ряд пластин и через патрубок 6 выходит из очистителя.

Проходя через отверстия пластин, газ очищается от крупных частиц угля и золы. Одновременно благодаря значительной поверхности охлаждения секций температура газа понижается.

Из батареи охладителя-очистителя газ переходит в вертикальный тонкий очиститель. Он представляет собой цилиндр высотой 1660 мм и диаметром 400 мм, изготовленный из 1,5-миллиметровой листовой стали (рис. 58). Газоподводящий патрубок 1 расположен в нижней части очистителя; газ при движении вверх к выводному патрубку 2 проходит через два слоя колец Рашига, насыпанных на решетки 3.

Очиститель освобождают от накопившихся примесей через люк 4. Конденсат спускается через трубку 5, кольца засыпаются и промываются через люки 6 и 7, а выгружаются через люки 7 и 8. Крышка очистителя имеет ту же конструкцию, что и крышка газогенератора.

Рис. 58. Схема вертикального тонкого очистителя установки НАТИ Г-14

Очищенный газ поступает в смеситель (рис. 59) эжекционного типа. К всасывающему коллектору присоединяется карбюратор типа «Солекс».

Для розжига газогенератора в установке НАТИ Г-14 имеется электровентиль. Крыльчатка вентилятора приводится во вращение электрическим мотором постоянного тока напряжением 6 вольт, мощностью 110—120 ватт, 3500—4000 об/мин.

Вентиль включается в газопровод между смесителем и вертикальным очистителем и устанавливается на правой подножке.

Газогенератор монтируется с левой стороны шасси за кабиной, батарея охладителя-очистителя — под кузовом, вертикальный очиститель — с правой стороны шасси за кабиной.

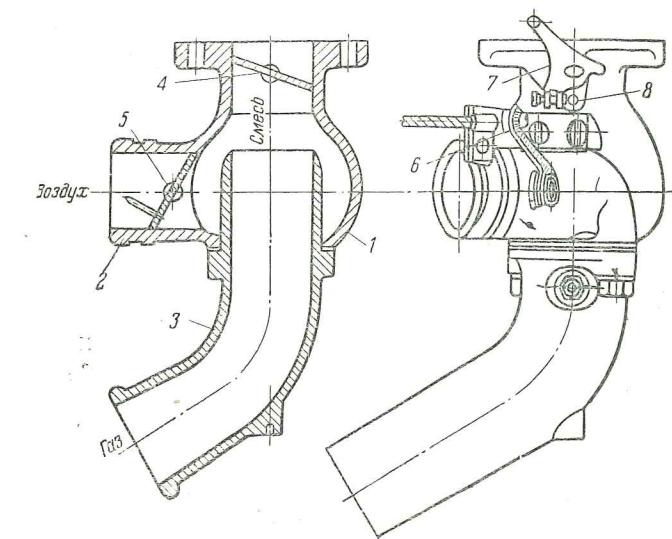
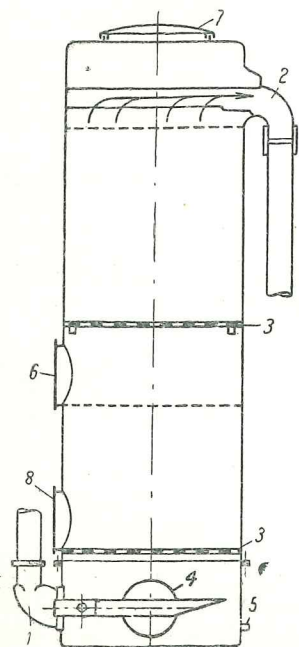


Рис. 59. Схема смесителя установки НАТИ Г-14:

1—корпус смесителя; 2—патрубок входа воздуха; 3—патрубок входа газа; 4—дроссель смеси; 5—воздушный дроссель; 6—рычаг управления воздушным дросселем; 7—рычаг управления дросселем смеси; 8—винт регулировки холостого хода двигателя

размера. Газогенератор работает по принципу обратного процесса газификации и имеет периферийно-фурменную подачу воздуха.

Газогенераторная установка состоит из следующих частей: (рис. 60): а) газогенератора, б) горизонтального очистителя-охла-

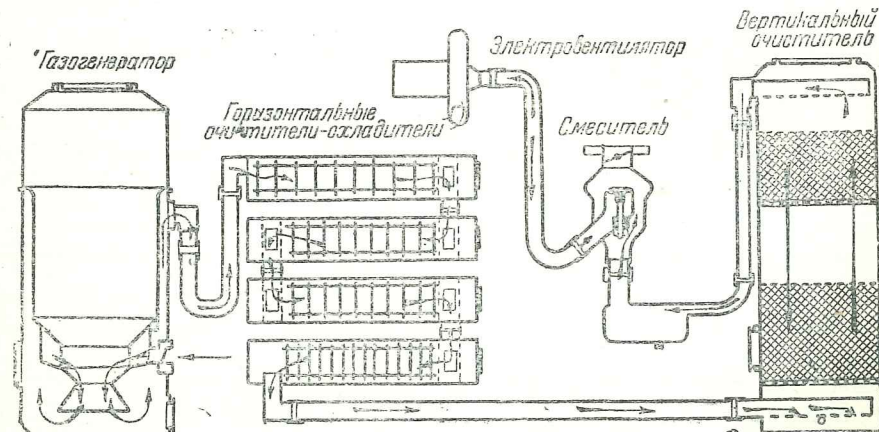


Рис. 60. Схема газогенераторной установки ЗИС-13 для автомобиля ЗИС

### Газогенераторная установка ЗИС-13 для автомобиля ЗИС (серийная)

Газогенераторная установка ЗИС-13 для автомобиля ЗИС сделана по типу установки «Имберг» заводом им. Сталина. Установка предназначена для работы на древесных чурках нормального



дителя, в) вертикального очистителя для тонкой очистки газа, г) смесителя и д) электровентилатора.

Газогенератор (рис. 61) состоит из наружного кожуха 1, бункера 2 и топливника 3. В верхней части газогенератор имеет загрузочный люк 4, герметически закрывающийся крышкой с уплотнением из пропитанного графитом асбестового шнура при помощи прижимной планки 5 и пружины 6. Крышка с пружиной одновременно служит предохранительным клапаном на случай повышения давления при возможной вспышке газа в бункере.

В последних выпусках установок ЗИС-13 прижимная планка и пружина крышки загрузочного люка заменены рессорной планкой с эксцентриковым затвором.

Топливник 3 выполнен в виде двух усеченных конусов, сопряженных между собою вершинами. Верхний конус переходит в пояс воздушных фурм 7, который примыкает к бункерному кожуху.

Десять воздушных фурм диаметром 10 мм расположены на равном расстоянии по фурменному поясу.

К фурменному поясу и переходной части бункера приварена воздушная камера 8, изготовленная из 4-миллиметровой стали<sup>1</sup>. В камеру вварена гайка 9, служащая для соединения топливника с воздухоприемной коробкой 10 наружного кожуха. В гайку 9 ввернута соединительная втулка. Воздух, необходимый для горения, подводится в воздушную камеру через отверстие 11 коробки, снабженное обратным клапаном, служащим для прекращения доступа воздуха в

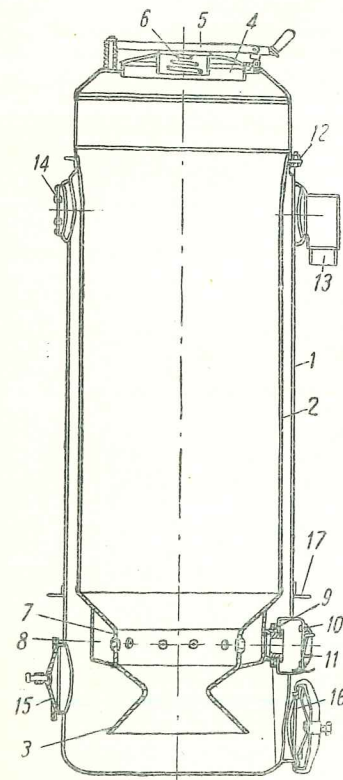


Рис. 61. Схема газогенератора ЗИС-13

газогенератор и выхода газа наружу при остановке двигателя.

Наружный кожух 1 изготовлен из 2,5-миллиметровой листовой стали; он соединен фланцем 12 с бункером 2. В верхней части 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 его от мелких частиц угля.

В нижней части кожух имеет два люка 15 для загрузки дополнительного восстановительного слоя угля и один люк 16 для очи-

<sup>1</sup> В более поздних выпусках установок ставились цельнолитые топливники.

стки газогенератора от золы. Все люки закрываются круглыми крышками, имеющими асбестовые прокладки, скобы и прижимные винты. Опоры 17 из 5-миллиметровой листовой стали, приваренные к наружному кожуху, служат для крепления газогенератора к раме.

Пространство между стенками наружного кожуха и бункера служит газосборной камерой.

При движении горячего газа по этой камере происходит подогрев топлива в бункере и отдача тепла окружающему воздуху, отчего газ интенсивно охлаждается.

Выходящий из газогенератора газ поступает в горизонтальный инерционно-ударный очиститель, который одновременно служит охладителем. Очиститель-охладитель (рис. 62 а, б) выполнен в виде батареи из четырех цилиндров 1, изготовленных из 1,5-миллиметровой листовой стали. Диаметр каждого цилиндра равен 200 мм, длина — 1440 мм.

Каждые два цилиндра образуют секции. Цилиндры каждой секции сварены в опорный лист из 2,5-миллиметровой листовой стали. Секции расположены одна над другой, причем газ поступает сначала в верхнюю секцию, а затем в нижнюю. Между собой цилиндры соединены короткими жесткими патрубками 2, а секции — при помощи гибкого шланга.

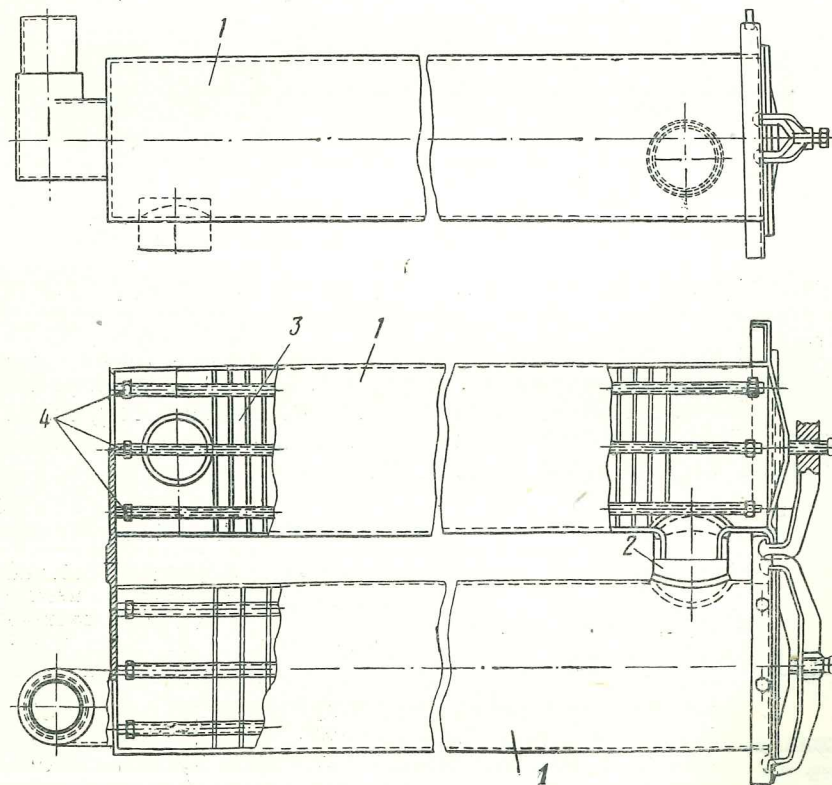


Рис. 62а. Схема охладителя-очистителя установки ЗИС-13 (первая секция)



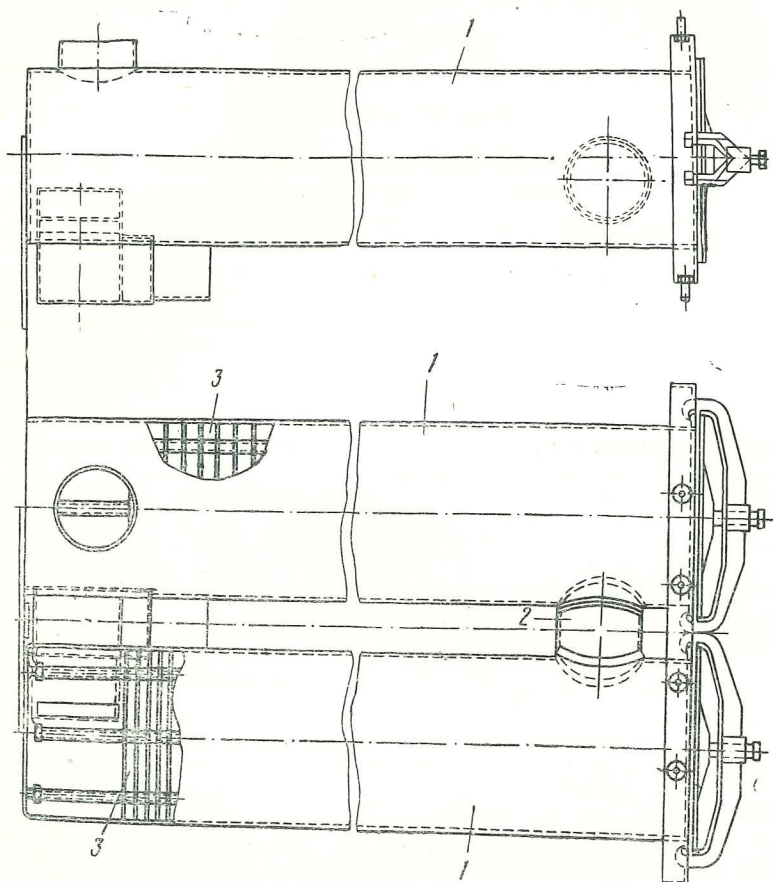


Рис. 62 б. Схема охладителя-очистителя установки ЗИС-13 (вторая секция)

Внутри каждого цилиндра имеются металлические диски 3 с отверстиями, насаженные на три стержня 4. Между дисками установлены распорные трубки. Число дисков и отверстий в них, диаметр отверстий и расстояние между дисками в отдельных цилиндрах различно, как это видно из табл. 15.

Таблица 15

№ цилиндров батареи	Число дисков	Число отверстий в дисках	Диаметр отверстий в дисках в мм	Расстояние между дисками в мм
1	40	53	15	30
2	64	120	10	18
3	64	120	10	18
4	111	202	8	10

Для улучшения качества очистки и охлаждения газа в батарее поддерживается постоянный уровень конденсата благодаря тому, что вертикальные соединительные патрубки очистителя выступают внутри цилиндров на 28 мм, а горизонтальные смещены по отношению к центру цилиндров на 25 мм. Излишек конденсата стекает из цилиндров в вертикальный очиститель. Выступающие патрубки удерживают также угольную пыль в цилиндрах, препятствуя уносу ее газами.

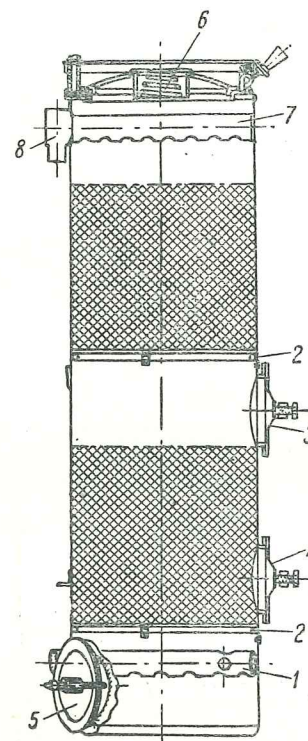


Рис. 63. Схема очистителя тонкой очистки ЗИС-13

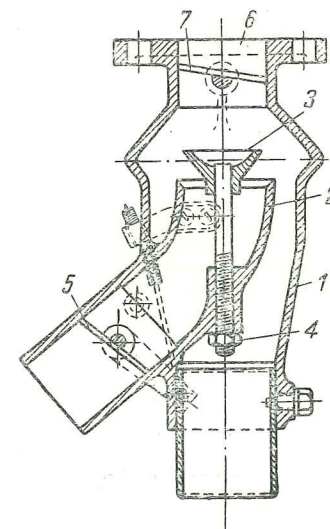


Рис. 64. Схема смесителя установки ЗИС-13

Вертикальный очиститель предназначен для тонкой очистки газа.

Очиститель (рис. 63) представляет собой вертикальный цилиндр высотой 1 440 мм, диаметром 384 мм. Газ подводится в очиститель снизу через трубу 1 диаметром 60 мм. Труба имеет 8 отверстий, обращенных вниз. Внутри цилиндра на опорных кольцах помещены две сетки 2, на которые насыпаются кольца Рашига; кольца сделаны из листового железа толщиной 0,4 мм и имеют вид трубочек диаметром 15 мм и высотой 15 мм.

Люк 3 служит для загрузки колец, а люк 4 для выгрузки, люк 5 для удаления отфильтрованных примесей и полного спуска конденсата. Для стока конденсата в стенке очистителя имеется отвер-



ствие, расположение которого определяет максимальный уровень конденсата в очистителе.

Вверху цилиндра очистителя имеется крышка 6 такой же конструкции, как и крышка загрузочного люка газогенератора<sup>1</sup>.

Из очистителя газ отводится через трубу 7 диаметром 60 мм, снабженную рядом отверстий для прохода газа. Выходная труба, вваренная в стенку очистителя, переходит в газоотводящий патрубок 8.

Газовоздушная смесь образуется в смесителе (рис. 64, стр. 91) путем пересечения потоков воздуха и газа. Воздух поступает в смеситель по выполненному заодно с корпусом 1 патрубку 2, имеющему грибовидный регулировочный клапан 3\*.

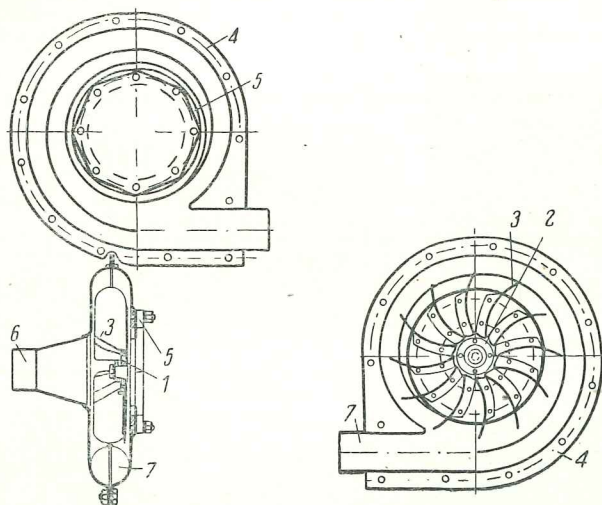


Рис. 65. Схема центробежного вентилятора установки ЗИС-13:

1—ступица ротора; 2—диск ротора; 3—лопасти ротора; 4—кожух вентилятора; 5—прижимной диск; 6—входной патрубок; 7—выходное отверстие

Количество воздуха, проходящего через отверстие около клапана, можно регулировать, опуская или подымая последний в приливе патрубка и закрепляя в нужном положении контргайкой 4. Форма головки клапана обеспечивает получение веерообразного потока воздуха. Помимо регулировочного клапана в воздушном патрубке установлен воздушный дроссель 5 для регулировки качества газовоздушной смеси.

Воздушный патрубок смесителя соединен с трубой, заканчивающейся на уровне козырька кабины автомобиля.

Газ, идущий из вертикального очистителя, поступает в смеситель через газовый патрубок, соединенный с корпусом смесителя при

<sup>1</sup> В установках ЗИС-13 последних выпусков очиститель вместо крышки имеет глухое дно. Для засыпки колец Рашига сверху очистителя делается добавочный люк такой же конструкции, как и нижний.

\* В последних выпусках установок ЗИС-13 грибовидный клапан смесителя снят.

помощи стопорного болта. Обтекая конец воздушного патрубка с клапаном, газ пересекает воздушный поток и, перемешиваясь с воздухом, образует газовоздушную смесь.

Количество газовоздушной смеси, идущей из смесителя в цилиндры двигателя через патрубок 6, регулируют дросселем смеси 7.

Электрический вентилятор для розжига газогенератора (рис. 65) — обычного центробежного типа. Крыльчатка вентилятора насажена на удлиненной оси якоря электромотора и помещена в корпусе. Корпус состоит из двух половин и соединен с одной стороны через воздушную трубу с атмосферой, а с другой — с воздушным патрубком смесителя. При работе вентилятора газ отсасывается из установки и отводится через трубу в атмосферу. Когда вентилятор не работает, через ту же трубу и корпус вентилятора в смеситель засасывается двигателем чистый воздух.

Электромотор вентилятора мощностью в 200 ватт при 4000 об/мин. имеет напряжение в 12 вольт и питается током от общей сети электрооборудования автомобиля.

Газогенераторная установка монтируется на шасси ЗИС-8 следующим образом: газогенератор установлен слева шасси за кабиной; батарея горизонтального очистителя-охлаждителя расположена сзади кабины в два ряда (по два цилиндра). Второй очиститель поставлен вертикально справа шасси за кабиной; вентилятор помещен под брызговиком правой подножки.

#### 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 процесса газификации и периферийно-фурменной подачи воздуха.

Газогенераторная установка состоит из следующих частей (рис. 66): а) газогенератора, б) горизонтального очистителя-охла-

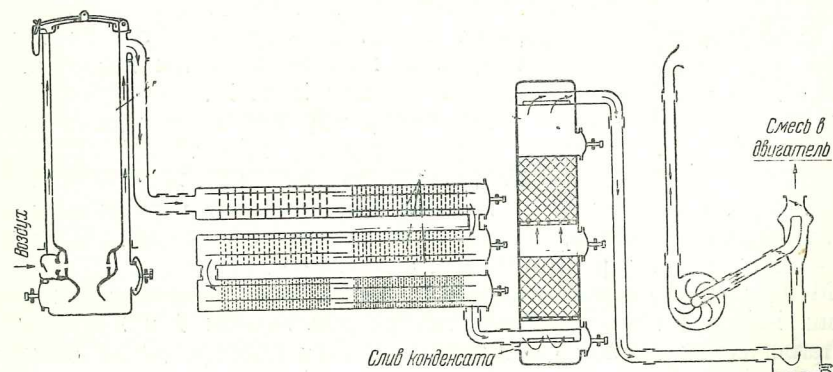


Рис. 66. Схема газогенераторной установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21



дителя, в) вертикального очистителя для тонкой очистки газа, г) отстойника, д) смесителя и е) электровентилятора.

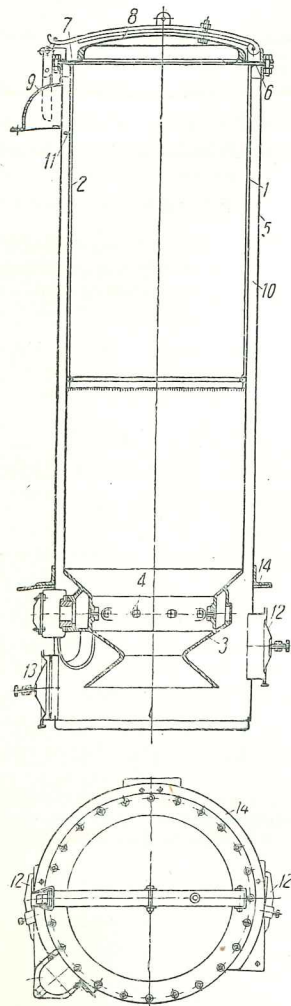


Рис. 67. Схема газогенератора установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21

(рис. 66) по газопроводу, поступает в батарею горизонтального очистителя-охладителя, состоящую из трех цилиндров. Диаметр каждого цилиндра равен 204 мм, а длина — 1905 мм.

Между собою цилиндры соединены гибкими резиновыми шлангами. Каждый цилиндр имеет внутри две группы 1 и 2 (рис. 68) металлических дисков с отверстиями. Для предохранения от коррозии диски оцинкованы. Каждая группа дисков насаживается на три стержня. Для предупреждения сдвига дисков между ними

Газогенератор (рис. 67) состоит из бункера с топливником и наружного кожуха. Бункер 1, выполненный из 2-миллиметровой стали, имеет в верхней части медную рубашку 2 или омеднение для предохранения от коррозии. Внизу бункер заканчивается цельнолитым из углеродистой стали алитированным топливником 3; по размерам и конструкции он почти одинаков с топливником установки ЗИС-13.

Топливник газогенератора автомобиля ЗИС-21 отличается от топливника газогенератора автомобиля ЗИС-13 лишь креплением воздушных фурм 4, которое сделано на резьбе. Диаметр фурм равен 9,2 мм. Фурмы изготовлены из хромоникелевой стали. Фурменный пояс немного увеличен по диаметру.

Наружный кожух 5 в верхней части соединяется фланцем 6 с бункером и фланцем 7, на котором монтируется крышка 8 загрузочного люка. Для удобства загрузки диаметр этого люка увеличен до 454 мм.

Патрубок 9, непосредственно приваренный к наружному кожуху, служит для отбора газа из газосборной камеры 10.

Равномерность отбора газа достигается благодаря козырьку-отражателю 11.

В нижней части наружный кожух имеет два люка 12 для загрузки дополнительного восстановительного слоя угля и люк 13 для очистки газогенератора от золы. Конструкция люков и затворов к ним аналогичны имеющимся на автомобиле ЗИС-13.

Газогенератор крепится в своей раме с помощью пояса 14 с тремя опорами. Газ, выходящий из газогенератора

ставят распорные втулки, надеваемые на стержни 3. На концах стержней имеются стяжные гайки.

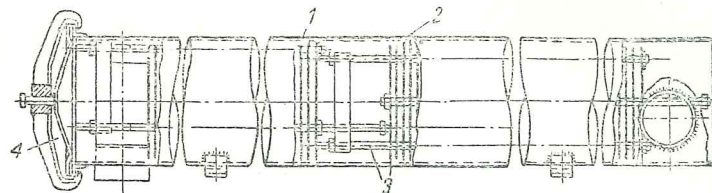


Рис. 68. Схема очистителя-охладителя установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21

Диаметр отверстий в дисках и расстояние между дисками постепенно уменьшаются по ходу газа (табл. 16).

Таблица 16

№ секций дисков	Количество дисков	Расстояние между дисками в мм	Количество отверстий в каждом диске	Диаметр отверстия в мм
1	25	30	53	15
2	40	18	120	10
3	40	18	120	10
4	40	18	120	10
5	70	10	201	8
6	70	10	201	8

Чистка цилиндров производится через люки со съемными крышками 4.

После грубой очистки газ направляется в очиститель, предназначенный для тонкой очистки газа. Этот очиститель (рис. 69, стр. 96) выполнен в виде вертикального цилиндра диаметром 384 мм и высотой 1810 мм. Он соединен с батареей очистителя-охладителя составным газопроводом. Газ поступает в очиститель по патрубку 1 и проходит два слоя оцинкованных колец Рашига, насыпанных на опорные сетки 2. Всего в очиститель засыпается около 23 000 колец.

Люки 3 и 4 служат для засыпки и выгрузки колец, а нижний люк 5 — для удаления отфильтрованных примесей и полного спуска конденсата. Газоподводящий патрубок, приваренный в нижней части очистителя, имеет продольную щель для направления газа вниз. Это дает некоторую очистку газа от конденсата вследствие изменения направления движения газа.

Для крепления вертикальный очиститель имеет опорный пояс 6 с двумя лапами 7. Газоотводящий патрубок 8 снабжен тремя продольными узкими прорезями, которые препятствуют уносу колец Рашига. Трубочка 9 диаметром 8 мм служит для спуска конденсата.



По патрубку 8 и составному газопроводу газ из очистителя поступает в отстойник, конструкция которого показана на рис. 70. Отстойник снабжен газоподводящим патрубком 1, отводящим патрубком 2, двумя успокоительными перегородками 3 и краном 4 для спуска конденсата.

Корпус отстойника выполнен в виде прямоугольного короба 5.

Из отстойника газ засасывается в смеситель (рис. 71, стр. 98).

Количество воздуха, поступающего в смеситель, регулируется дросселем 1, а количество газовой смеси — дросселем 2.

Смеситель соединяется с отстойником с помощью фланца 3. Сечение каналов этого смесителя увеличено по сравнению со смесителем ЗИС-13, благодаря чему достигается лучшее наполнение цилиндров.

Для розжига газогенератора служит электро-вентиль (рис. 72, стр. 98), который устроен аналогично электро-вентилу автомобиля ЗИС-13<sup>1</sup>. Отличается он только формой лопаток крыльчатки 1 вентилятора, которые на автомобиле ЗИС-21 закрепляются между двумя дисками 2 и 3. Крыльчатка делает до 4000 об/мин. Мощность электромотора вентилятора — 200 ватт. Мотор питается электроэнергией от аккумуляторов.

Для уменьшения сопротивления прохождению газа диаметр газопроводов увеличен.

Газогенератор монтируется (рис. 73, стр. 98) на трех лапах-кронштейнах с правой стороны в углублении кабины водителя.

Каждый кронштейн крепится к раме автомобиля восемью сквозными болтами. Батарея охладителя-очистителя располагается под кузовом поперек рамы. Цилиндры батареи крепятся к раме автомобиля специальными лапами. Лапы имеют резиновые амортизаторы. Второй очиститель поставлен вертикально, слева шасси, около кабины водителя и смонтирован на двух кронштейнах при помощи опорных лап.

Отстойник смонтирован под смесителем. Смеситель непосредственно соединен со всасывающим коллектором двигателя.

Рис. 69. Схема очистителя тонкой очистки установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21

Вентиль помещен на левой подножке автомобиля<sup>2</sup>, рычаги управления смесителем и карбюратором находятся в кабине водителя.

<sup>1</sup> В первых выпусках автомобилей ЗИС-21 устанавливается вентилятор типа вентиляторов автомобиля ЗИС-13.

<sup>2</sup> В первых выпусках автомобилей ЗИС-21 вентилятор устанавливается на специальном кронштейне, укрепленном на раме автомобиля под брызговиком правой подножки.

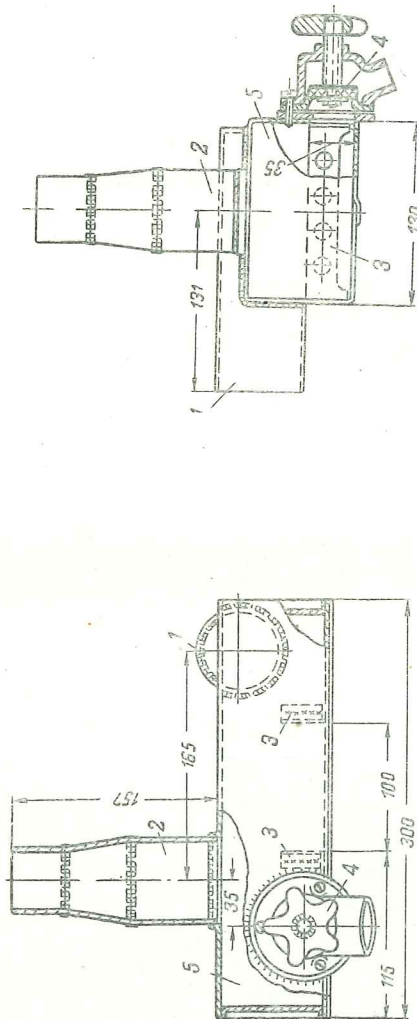


Рис. 70. Схема отстойника установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21



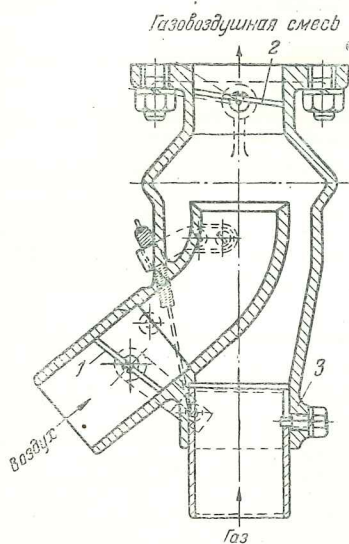


Рис. 71. Схема смесителя установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21

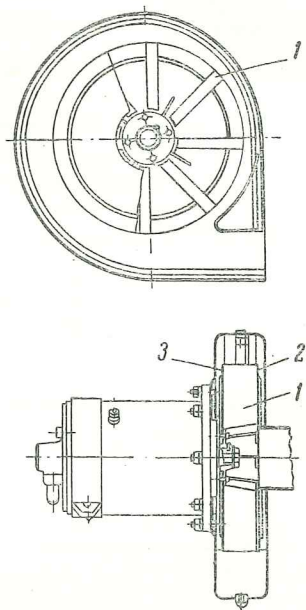


Рис. 72. Схема электровентильатора установки ЗИС для автомобиля ЗИС-21

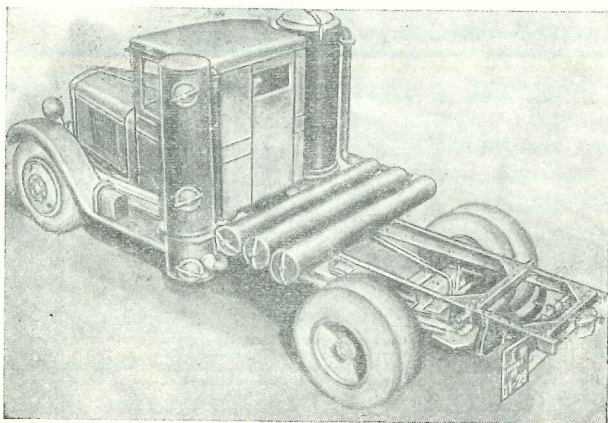


Рис. 73. Расположение отдельных частей газогенераторной установки ЗИС-21 на автомобиле

Правая манетка 1 на штурвале (рис. 74) связана с педалью и действует на дроссель газовой смеси смесителя. Левая манетка 2 связана с воздушным дросселем смесителя.

На арматурном щитке приборов управления (рис. 75) находятся

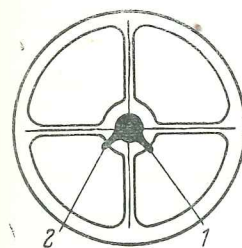


Рис. 74. Расположение манеток на штурвале автомобиля ЗИС-21

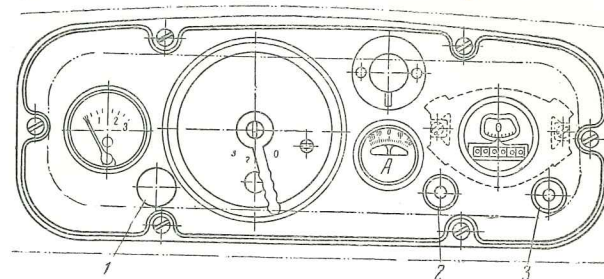


Рис. 75. Щиток автомобиля ЗИС-21

три кнопки. Кнопка 1 связана с рычажком опережения магнето, кнопка 2 — с дросселем бензиновой смеси карбюратора, кнопка 3 — с воздушным дросселем карбюратора.

#### Газогенераторная установка НИИГТ Г-1 для автобуса ЗИС (экспериментальная)

Установка НИИГТ Г-1 (Научно-исследовательского института городского транспорта) представляет собой один из вариантов установки ЗИС-13 для автобуса ЗИС-8. Она состоит из газогенератора, газоохладителя-очистителя, очистителя тонкой очистки, смесителя и электровентильатора (рис. 76, стр. 100).

Газогенератор 1 работает по принципу обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха. Конструкция газогенератора аналогична конструкции газогенератора автомобиля ЗИС-13. Вес чурок, загружаемых в газогенератор, — 115—120 кг. Размер чурок —  $60 \times 60 \times 80$  мм.

Из газогенератора газ поступает в охладитель-очиститель 2, изготовленный из 1-миллиметровой нержавеющей стали. В корпусе охладителя смонтированы несколько отражательных пластин 3 и змеевик 4, соединенный с отводящим патрубком 5. Проходя через отражательные пластины и змеевик, газ очищается от крупных примесей, чему способствует также стекание конденсата по змеевику. Значительная поверхность очистителя используется и для охлаждения газа.

После охлаждения и грубой очистки газ переходит в очиститель тонкой очистки 6.

В корпусе этого очистителя между сетками 7 насыпаны кольца Рашига. Перегородка 8 служит для направления движения газа, а люки 9 и 10 предназначены для ухода за очистителем и насыпания колец.



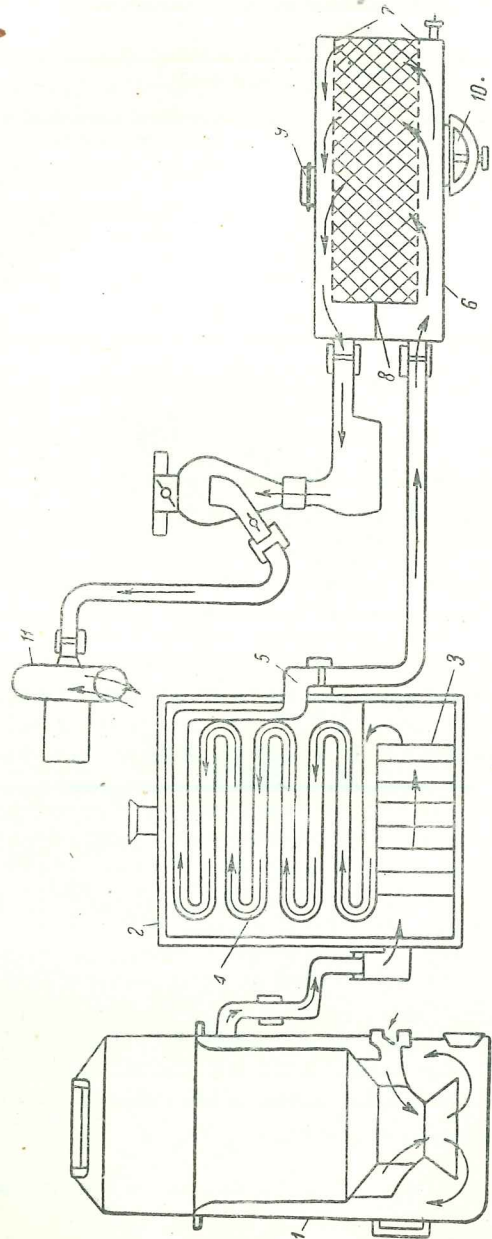


Рис. 76. Схема газогенераторной установки НИИГТ Г-1

Пройдя вторичную тонкую очистку, газ направляется в смеситель типа смесителя газогенераторной установки автомобиля ЗИС-13. Для розжига газогенератора в установку введен электрический вентилятор 11.

#### Газогенераторная установка А. Пельтцер для автомобиля М-1 (экспериментальная)

Газогенераторная установка А. Пельтцер работает на древесных чурках по принципу обратного процесса газификации с периферийно-фурменной подачей воздуха.

В установку входят (рис. 77, стр. 102): газогенератор, отстойник, газоохладитель-очиститель, тонкий очиститель, смеситель и вентилятор.

Газогенератор имеет прямоугольную форму. Он состоит из наружного кожуха 1, бункера 2, кожуха топливника 3, образующего внизу зольник 4, и топливника 5.

Бункер 2 емкостью в 70 кг снабжен сверху двумя загрузочными люками 6, а внизу переходит в топливник 5.

Воздух подается в топливник через три конические фурмы 7 диаметром 14,5 мм. Две из этих фурм соединены между собой общим воздушным каналом 8, а третья имеет отдельный воздухоподводящий патрубок 9. Такая установка фурм позволяет выключать первые две фурмы при розжиге газогенератора для ускорения розжига. Ускорение розжига достигается большой скоростью воздуха, проходящего через одну фурму.

Значительное сечение фурменного пояса 10 дает возможность газифицировать древесные чурки размером от  $100 \times 100 \times 120$  мм.

Стенки наружного кожуха и бункера образуют газосборную камеру 11, которая обеспечивает полный подогрев бункера и охлаждение газа. Газосборная камера соединена с газоотводящим патрубком 12. Люк 13 служит для засыпки добавочного восстановительного слоя угля, а люк 14 для очистки зольника.

Из газогенератора газ поступает в отстойник 15, где благодаря уменьшению скорости движения газа оседают более тяжелые частицы угля.

После отстойника газ поступает в охладитель-очиститель 16 по трубе 17. Корпус охладителя-очистителя имеет нижнюю и верхнюю коробки, соединенные между собой девятью последовательно расположенными трубками 18.

Газ входит в охладитель-очиститель через подводный патрубок, проходит через нижнюю коробку 19 и девять трубок в верхнюю коробку и затем отводится по патрубку 20. Конденсат, стекающий вниз по трубкам, улучшает очистку газа, так как омывает поднимающийся газ и уносит с собою взвешенные примеси. Для спуска конденсата имеется кран 21.

После грубой очистки и охлаждения газ направляется в тонкий очиститель 22, выполненный в виде барабана с двумя сетками 23 и 24. В пространство между сетками насыпается около 20 кг колец Рашига. Газ подводится в тонкий очиститель через патрубок 20, а отводится через патрубок 25,



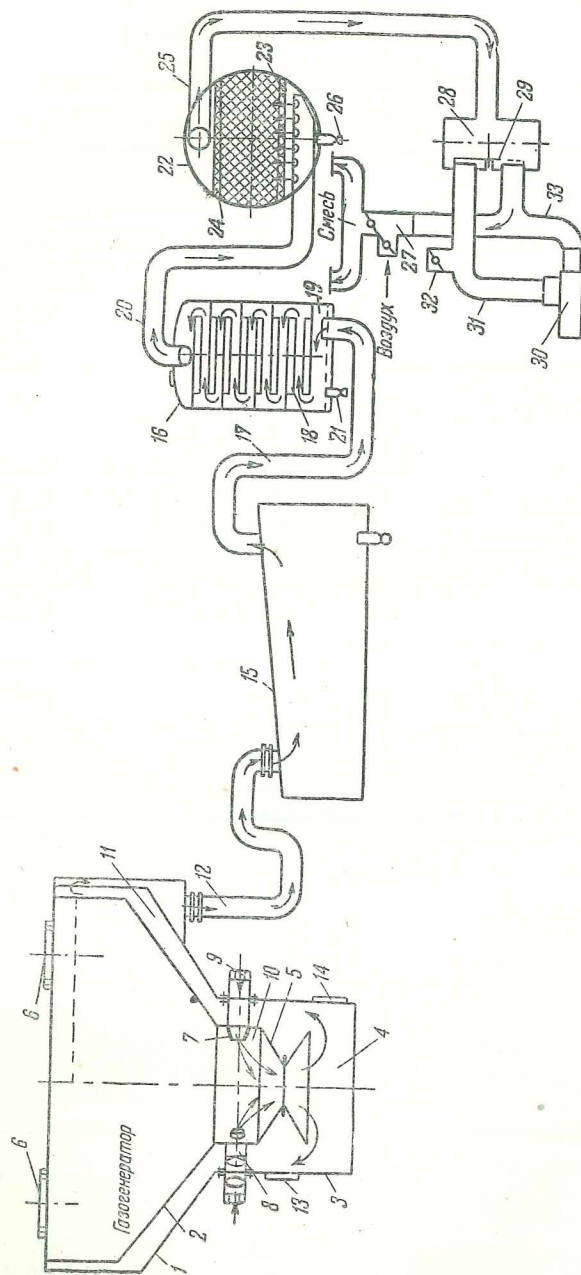


Рис. 77. Схема газогенераторной установки А. Пельцера для легкового автомобиля М-1

Кран 26 служит для спуска конденсата. Смеситель 27 с пересекающимися потоками газа и воздуха соединен с очистителем тонкой очистки переходной коробкой 28, имеющей перекидной клапан 29. Электровентилятор 30 также соединен с этой же коробкой при помощи трубопровода 31. Трубопровод 31 сообщается с атмосферой через патрубок 32, снабженный заслонкой. Смеситель соединяется с вентилятором через трубопровод 33.

Во время розжига газогенератора перекидной клапан должен соединить вентилятор через переходную коробку с агрегатами газогенераторной установки. Одновременно в патрубке 32 открывается заслонка, сообщающая вентилятор с атмосферой.

После розжига перекидной клапан ставится в положение, при котором открывается доступ газа в смеситель через трубопровод 33. Заслонка в патрубке 32 при этом закрывается.

Газогенератор на автомобиле располагается сзади кузова в специальном кожухе, выполненном в виде багажника.

### Древесноугольные установки

#### Газогенераторная установка У-6 конструкции проф. Наумова для автомобиля ГАЗ-АА (экспериментальная)

Древесноугольная установка У-6 (рис. 78, стр. 104) состоит из газогенератора, охладителя, очистителя, смесителя и ручного вентилятора.

Газогенератор работает без присадки воды по принципу прямого процесса газификации топлива с подачей воздуха под колосниковую решетку. Главными элементами генератора являются (рис. 79, стр. 105): основной бункер 1, дополнительный бункер 2, топливник 3 и зольник 4.

Основной бункер сделан из 2-миллиметровой листовой стали. Верхняя часть бункера имеет круглую крышку 5, герметично закрывающуюся при помощи скобы и барашка. К этой же части приварен сбоку цельносварной стальной дополнительный бункер 2 объемом в 0,1 м<sup>3</sup>, имеющий прямоугольное сечение. Загрузочный люк дополнительного бункера закрывается прямоугольной крышкой.

В нижней части основного бункера имеется газосборный пояс 6. Он образован двумя конусами с отверстиями для прохода газа. Из пояса газ отводится через патрубок 7.

Основной бункер соединен фланцем 8 с кожухом 9 топливника. Топливник внутри имеет шамотную огнеупорную обмуровку 10; она состоит из трех сплошных колец, лежащих одно на другом.

Внизу топливник заканчивается опорным кольцом, на котором лежит чугунная колосниковая решетка. Одновременно это кольцо поддерживает обмуровку.

Топливник заключен в цилиндрический корпус 11, соединенный в верхней части с фланцем основного бункера. Корпус имеет ряд отверстий 12 для засасывания воздуха в топливник. В нижней части кожух переходит в зольник 4, снабженный люком 13 для очистки.



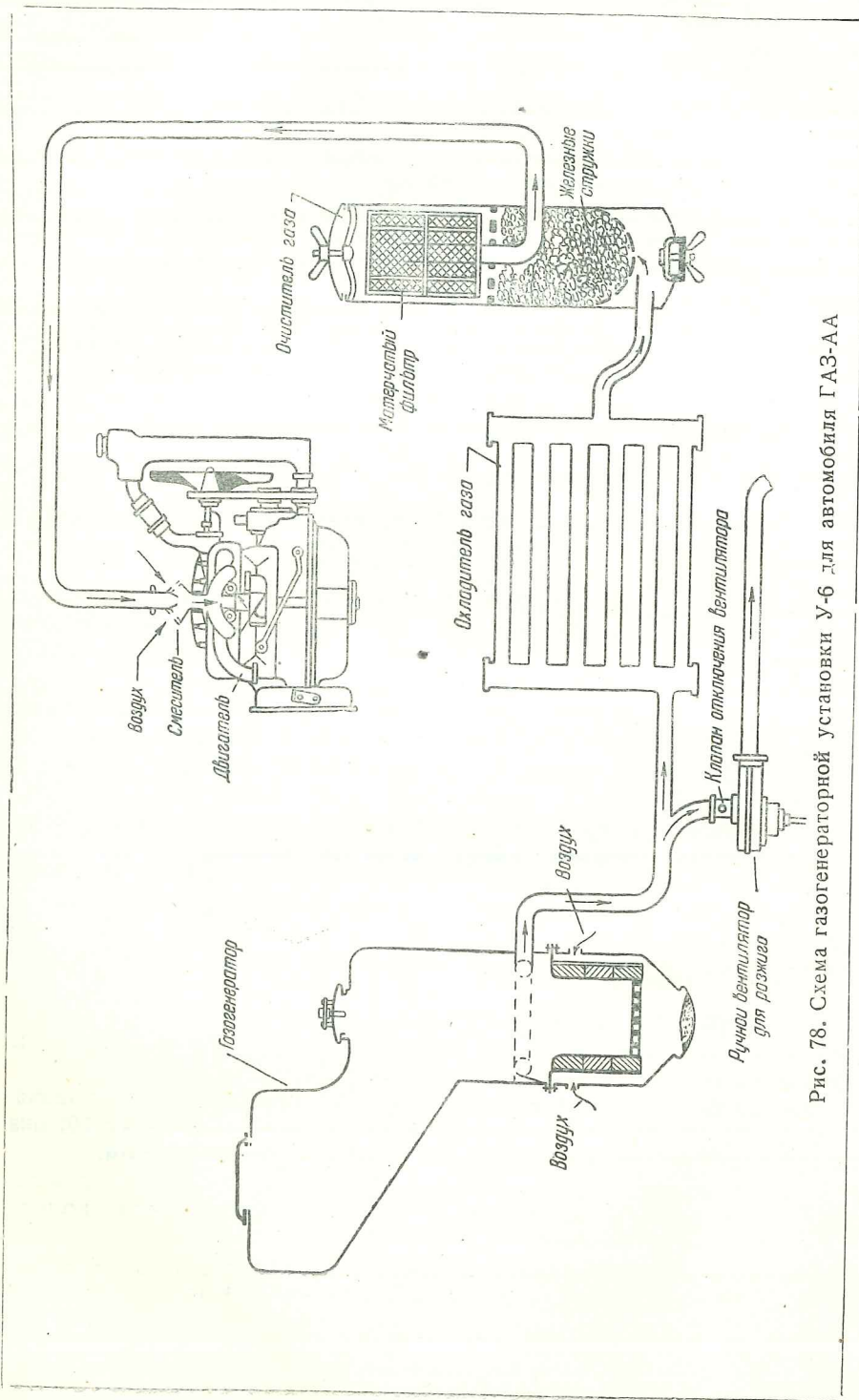


Рис. 78. Схема газогенераторной установки У-6 для автомобиля ГАЗ-АА

Необходимый для газификации воздух поступает через воздушную камеру, образуемую стенкой корпуса и стенкой топливника. В камере воздух подогревается и затем поступает под колосниковую решетку. Полученный в газогенераторе газ отсасывается через патрубок 7 и направляется в охладитель.

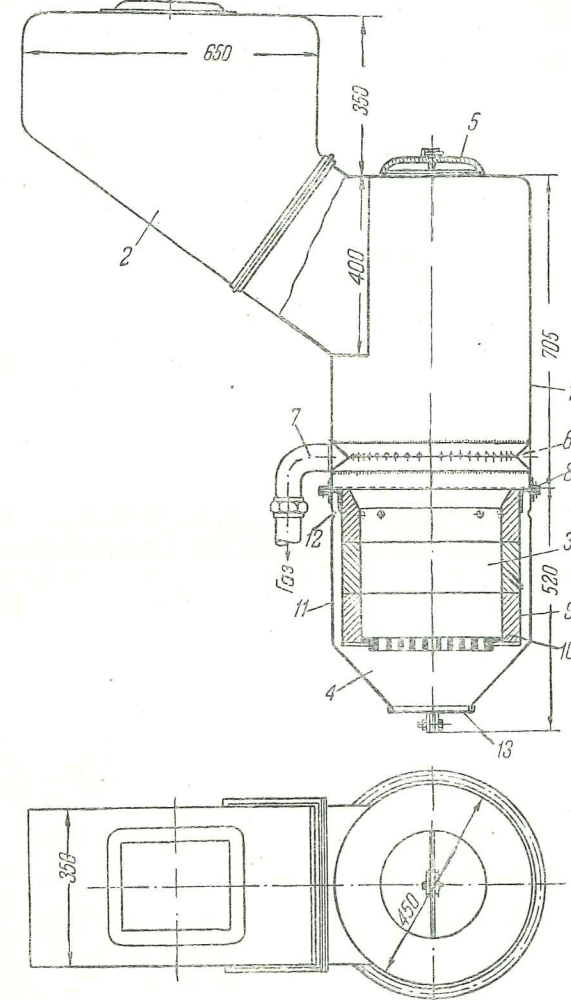


Рис. 79. Схема газогенератора установки У-6

Охладитель батарейно-трубчатой конструкции (рис. 80, стр. 106) составлен из шести тонкостенных газовых труб 1, сваренных в коллекторные трубы 2. Батарея располагается поперек рамы горизонтально, с небольшим наклоном назад и омывается потоком воздуха, проходящим под кузовом. Пробки 3 служат для очистки трубок батареи.

Из охладителя газ поступает по газопроводу 4 в комбинированный очиститель. Газ входит в очиститель по патрубку 1 (рис. 82,



стр. 106), расположенному в нижней части корпуса очистителя, затем проходит через отверстия в конусе 2 с откидным дном 3 в среднюю часть очистителя, где насыпан фильтрующий материал — железные стружки, прикрытые древесной шерстью. После

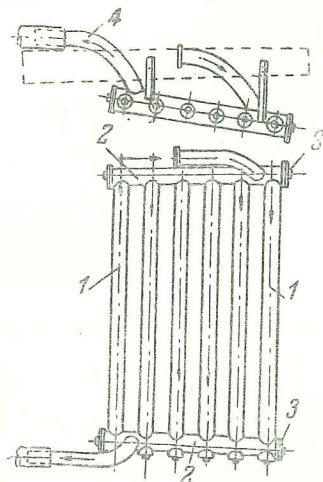


Рис. 80. Схема газоохладителя установки У-6

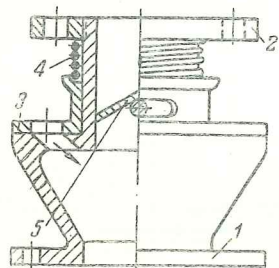


Рис. 81. Схема смесителя установки У-6

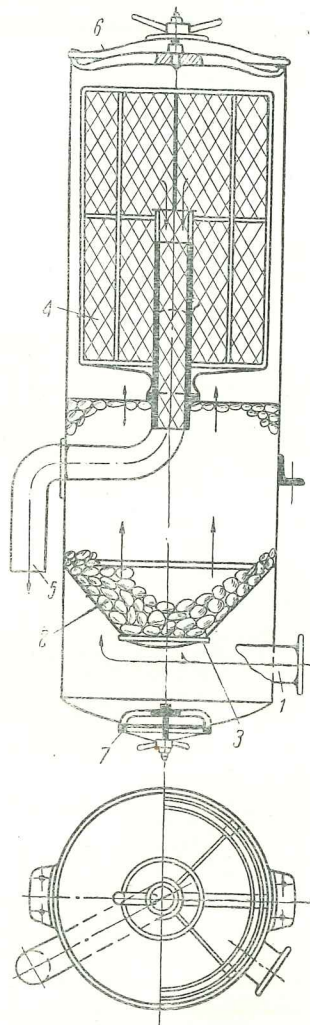


Рис. 82. Схема газоочистителя установки У-6

первой фильтрации газ направляется в матерчатый фильтр 4 из фланели, расположенный в верхней части очистителя, здесь газ проходит вторичную фильтрацию и отсасывается затем через газопровод 5 в смеситель. Очиститель имеет сверху люк 6 для промывки и установки фильтров, а внизу люк 7 для очистки. Смеситель

тель (рис. 81) по конструкции относится к типу параллельно-поточных. Корпус смесителя сделан из бронзы. Фланцем 1 смеситель присоединяется к фланцу патрубка всасывающего коллектора двигателя; фланец 2 служит для соединения с газопроводом от очистителя. Кольцо 3 с восемью круглыми отверстиями, диаметром 9 мм каждое, прикрывает воздушные отверстия в корпусе смесителя. Пружина 4 удерживает кольцо 3 в определенном положении; с помощью кольца 3 регулируют количество входящего в смеситель воздуха. Для этого при помощи ручной тяги смещают отверстия кольца по отношению к отверстиям корпуса смесителя. Дроссель 5 позволяет прекратить доступ газа в смеситель. Количество газовой смеси, направляющейся в цилиндры двигателя, регулируется дросселем смеси, который расположен в трубке, приваренной ко всасывающему коллектору.

Для розжига газогенератора в установке имеется ручной вентилятор центробежного типа. Одним отверстием он связан через патрубок с газопроводом, идущим от генератора, а другим — через трубопровод с атмосферой. В трубке, связывающем вентилятор с газопроводом, установлена заслонка выключения.

Газогенератор устанавливается с правой стороны рамы сзади кабины; батарея охладителя помещается на месте снятого запасного колеса и крепится к раме; охладитель соединен с газогенератором при помощи газопровода, расположенного вдоль правого лонжерона рамы, а с очистителем — газопроводом, идущим вдоль левого лонжерона; очиститель монтируется с левой стороны рамы за кабиной на общей с газогенератором раме; вентилятор для розжига газогенератора присоединяется к газопроводу, соединяющему газогенератор с охладителем, недалеко от последнего.

#### Газогенераторная установка „Панар“ для грузового автомобиля „Панар и Левассор“ (Франция)

Газогенераторная установка одной из старейших автомобильных французских фирм «Панар и Левассор» работает на древесном угле по принципу обратного процесса газификации с периферийно-щелевой подачей воздуха. Установка состоит (рис. 83, стр. 108) из: а) газогенератора, б) охладителя, в) очистителя, г) смесителя и д) вентилятора.

Основными частями газогенератора являются: бункер 1, кожух топливника 2, обмурованный топливник 3 с корпусом 4 и зольник 5.

Бункер, вмещающий 36 кг угля, сверху имеет загрузочный люк с крышкой 6, а внизу соединен с кожухом 2 топливника тремя болтами 7. Это соединение имеет уплотнительную прокладку 8 из асбестового шнура, укладываемую в канавку между стенкой 1 и отражателем 9 бункера.

Через патрубок 10 кожух топливника сообщается с вентилятором 11 и, кроме того, регулировочным краном 12 с атмосферой. В нижней части кожуха имеется зольник 5 с люком 13 для очистки. Над колосниковой решеткой 14 устроен люк 15. Зольниковая коробка имеет фланец для присоединения труб охладителя.



Топливник поддерживается опорным кольцом 16, приваренным к корпусу. Колосниковую решетку можно поворачивать при помощи рычага 17 с рукояткой.

Необходимый для горения воздух поступает через вентилятор и патрубок в пространство между стенкой кожуха и корпусом топливника 4, откуда после подогрева направляется в щель, образованную отражателем и верхней кромкой топливника.

Газ отсасывается через колосниковую решетку в зольниковую коробку, откуда поступает в охладитель.

Регулировочный кран 12 с рядом отверстий сообщает зону горения с атмосферой и дает возможность поддерживать горение при длительных стоянках.

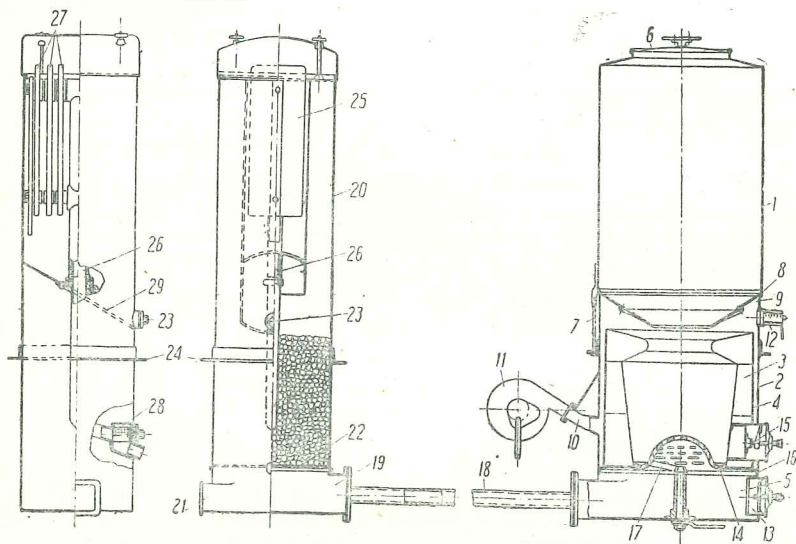


Рис. 83. Схема газогенераторной установки «Панар» для автомобиля «Панар и Левассор»

Охладитель батарейно-трубчатого типа состоит из пяти труб 18, которые по концам имеют фланцы для соединения с зольниковой коробкой газогенератора и с коробкой 19 очистителя.

Охлажденный газ поступает в очиститель, в котором происходит двойная фильтрация.

Корпус очистителя 20 цилиндрической формы. В нижней части он имеет коробку 19 для соединения с трубками охладителя и сбора отфильтрованных примесей. Для очистки коробки служит люк 21.

Внизу же укреплена решетка 22, на которую насыпается слой фильтрующего материала — кокса до высоты, определяемой положением пробки 23. Очиститель крепится кольцом 24.

Пройдя через слой кокса, газ поступает в верхнюю часть очистителя, в которой имеется матерчатый фильтр 25, смонтированный на газоотводящей трубе 26. Фильтр состоит из шести секций 27. Каждая секция представляет собой металлическую сетку, на которую натянуты два матерчатых мешка.

Газ, прошедший вторично фильтрацию, поступает через ряд отверстий в газоотводящую трубу 26 и перед выходом встречает еще один предохранительный фильтр 28. Этот фильтр сделан из двойной латунной сетки, которая быстро засоряется, если основные фильтры плохо очищают газ. Засорение этой контрольной сетки служит для водителя автомобиля сигналом, что фильтры работают плохо.

Наклонный диск 29 служит для сбора отфильтрованных примесей из матерчатого фильтра; диск очищается через пробку 23.

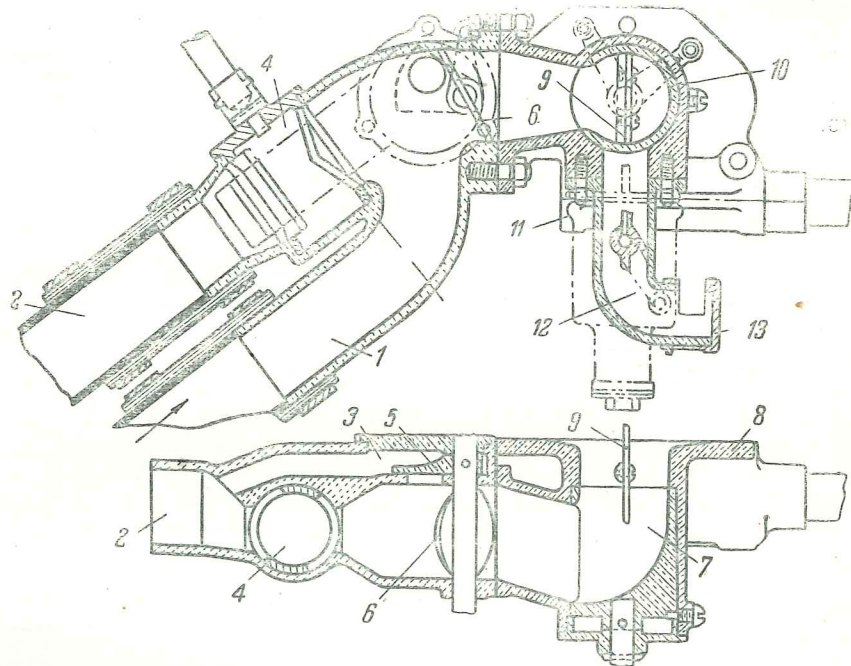


Рис. 84. Схема смесителя установки «Панар»

Из очистителя газ по шлангу направляется в смеситель.

Смеситель параллельно-поточного типа; он устроен следующим образом (рис. 84).

Газ из очистителя поступает через патрубок 1, а воздух — через патрубок 2 с дополнительным каналом 3. Количество поступающего в смеситель воздуха можно регулировать золотниковым воздушным дросселем 4, установленным в основном воздушном канале 2, и клапаном 5, расположенным в дополнительном канале 3 на одной оси с дросселем 6 газовой смеси. Когда дроссель смеси открывается, клапан 5 дает доступ воздуху по дополнительному каналу в камеру смешения и автоматически поддерживает постоянство смеси при различном числе оборотов двигателя.

Патрубок 7 с фланцем 8 служит для крепления смесителя ко всасывающему коллектору двигателя. В патрубке имеется дроссель смеси 9, соединенный с регулятором оборотов.







стие 22, проходит между кожухом 2 и топливником 4 и перед поступлением в воздушные фурмы подогривается.

Газ, образующийся в топливнике, отсасывается в газосборную камеру 3, откуда по газовому коллектору 13 направляется в очиститель 23.

Коллектор 13 служит для отбора газа из двух параллельно работающих газогенераторов и одновременно используется как охладитель. Он представляет собой ребристую трубу из листовой стали эллиптического сечения.

Очиститель 23 имеет цилиндрическую форму. Для очистки газ пропускается через металлическую стружку. Очиститель имеет крышку для очистки и для загрузки стружки.

Пройдя очиститель, газ направляется по гибкому газопроводу 24, изолированному асбестом, в охладитель 25 радиаторного типа. Охладитель имеет две секции, каждая из 9 медных 20-миллиметровых трубок, связанных сверху и внизу с плитами 26.

Сверху секции имеют общий резервуар 27, а снизу каждая из секций снабжена своим резервуаром 28. Нижние резервуары имеют люки для чистки и патрубки для соединения с очистителем и смесителем.

Газ, идущий из очистителя, поступает в первую секцию охладителя и через его верхний резервуар проходит во вторую секцию, откуда по гибкому шлангу засасывается в смеситель.

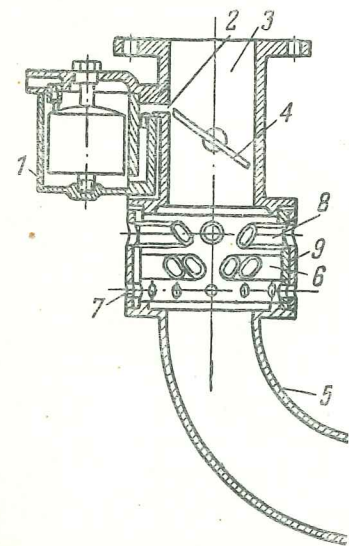
Рис. 86. Схема смесителя установки Я-5

Смеситель (рис. 86) перпендикулярно-поточного типа представляет одно целое с поплавковой камерой 1. Поплавковая камера соединена с баком пускового топлива и, кроме того, каналом 2 со всасывающим патрубком 3. Дроссель 4, установленный в этом патрубке, служит для регулирования поступления газозоудной (а при пуске двигателя — бензиновоздушной) смеси.

Газ идет в смеситель по патрубку 5 и в камере смешения 6 пересекается струями засасываемого воздуха. Воздух засасывается через 12 отверстий 7 диаметром 5 мм, высверленных в корпусе камеры смешения, и через 16 трубок 8 диаметром 12 мм, вставленных в два ряда по периферии камеры.

Количество воздуха, входящего в смеситель, регулируют с помощью регулировочного кольца 9, имеющего отверстия и прикрывающего воздушные отверстия камеры смешения.

Из поплавковой камеры бензин поступает при закрытом дросселе благодаря высокой степени разрежения за дросселем. При посте-



пенном открытии дросселя и регулировке подачи воздуха с помощью кольца двигатель плавно переводится с бензина на газ.

Газогенераторная установка смонтирована на автомобиле Я-5 с двигателем «Геркулес УХ-90», имеющим степень сжатия 8,2. Газогенераторы установлены с обеих сторон шасси за кабиной на раме, связанной с лонжеронами основной рамы автомобиля. Соединительный коллектор расположен под кузовом. Рядом с коллектором на раме газогенераторов расположен очиститель, от которого идет газопровод к охладителю, установленному перед радиатором на передних концах лонжеронов. Смеситель монтируется на месте карбюратора у всасывающего коллектора двигателя.

Необходимо отметить универсальность газогенераторной установки В. П. Карпова. Удалив один из двух газогенераторов, имеющихся в установке для автомобиля Я-5, ее можно смонтировать на автомобиле ГАЗ-АА.

Кроме того, газогенератор можно перевести на древесное топливо (мелкую щепу). Для этого удаляют малую крышку зольникового люка и колосниковую решетку, а на их место устанавливают центральную воздушную фурму с рядом воздушных отверстий по ее периферии (рис. 87, стр. 114).

#### Газогенераторная установка ЛТА Лесотехнической академии им. С. М. Кирова для автомобиля ЗИС-5 (экспериментальная)

Древесноугольная установка ЛТА для автомобиля ЗИС-5 сконструирована по типу установки ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ; она работает по принципу горизонтального процесса газификации и имеет центрально-фурменную боковую подачу воздуха.

Ввиду того, что входящие в установку очистители циклонного типа, газоохладитель радиаторного типа, очиститель-газгольдер, электровентилятор и смеситель аналогичны по конструкции с уже разобранными агрегатами древесной установки ЛТА для автомобиля ЗИС-5 (стр. 79), ниже дается только краткое описание устройства газогенератора (рис. 88, стр. 114).

Газогенератор состоит из бункера 1, топливника 2 и зольника 3. Бункер объемом в 0,27 м<sup>3</sup> имеет сверху загрузочный люк с крышкой 4, а внизу фланец 5 для соединения с топливником.

В верхней части бункер, кроме наружного корпуса, имеет внутренний цилиндр 6. Пространство между этим цилиндром и наружным кожухом образует кольцевой водяной резервуар вместимостью 30 литров. Отверстие 7 служит для подачи воды по трубке 8 в водяную камеру воздушной фурмы.

Топливник 2, изготовленный из 10-миллиметрового железа, имеет плоское дно, в котором для чистки газогенератора сделан люк с крышкой 9, закрывающейся при помощи планок.

В топливник введена сбоку горизонтальная воздушная фурма 10, закрепленная в штуцере 11. Внутренний диаметр фурмы — 36 мм; она изготовлена из железа и окружена второй стенкой, образующей пространство для охлаждающей воды.



На противоположной стенке топливника приварен газоотводящий патрубок 12, перед которым установлена защитная решетка 13 с 5-миллиметровыми отверстиями, предохраняющая газосборную камеру 14 от попадания в нее крупных частиц угля.

При газификации топлива производится присадка воды из водяной камеры воздушной фурмы; это повышает теплотворную способность газа за счет дополнительного образования  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ .

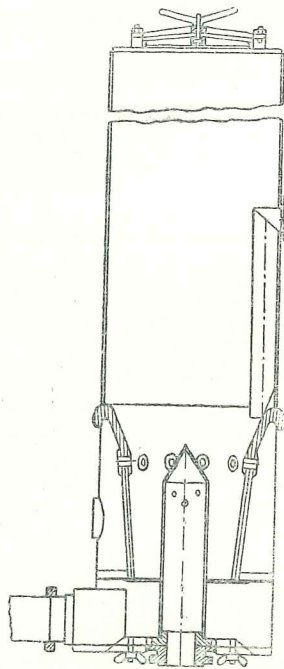


Рис. 87. Универсальный газогенератор системы В. П. Карпова для древесного угля и древесины

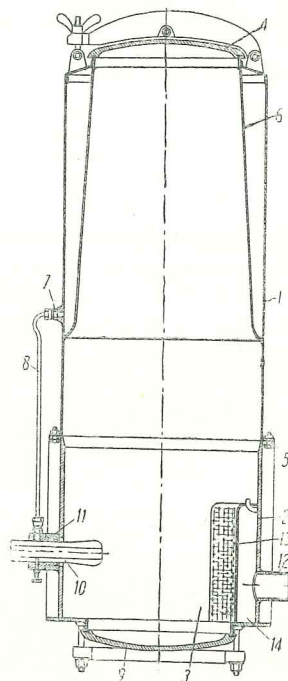


Рис. 88. Схема газогенератора установки ЛТА для автомобиля ЗИС-5

Испытание установки показало, что устройство водяного резервуара в газогенераторе нецелесообразно ввиду выкипания воды из-за отсутствия охлаждения.

**Газогенераторная установка НАТИ Г-23 для автомобиля ЗИС и НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА (экспериментальные)**

Древесноугольная установка НАТИ Г-23 (рис. 89), спроектированная по типу установок Гоэн-Пулен, состоит из газогенератора, охладителя, очистителя, смесителя и вентилятора.

Газогенератор предназначен для газификации мелкого угля размерами 10—25 мм. Он работает по принципу горизонтального процесса газификации с центрально-фурменной боковой подачей воздуха.

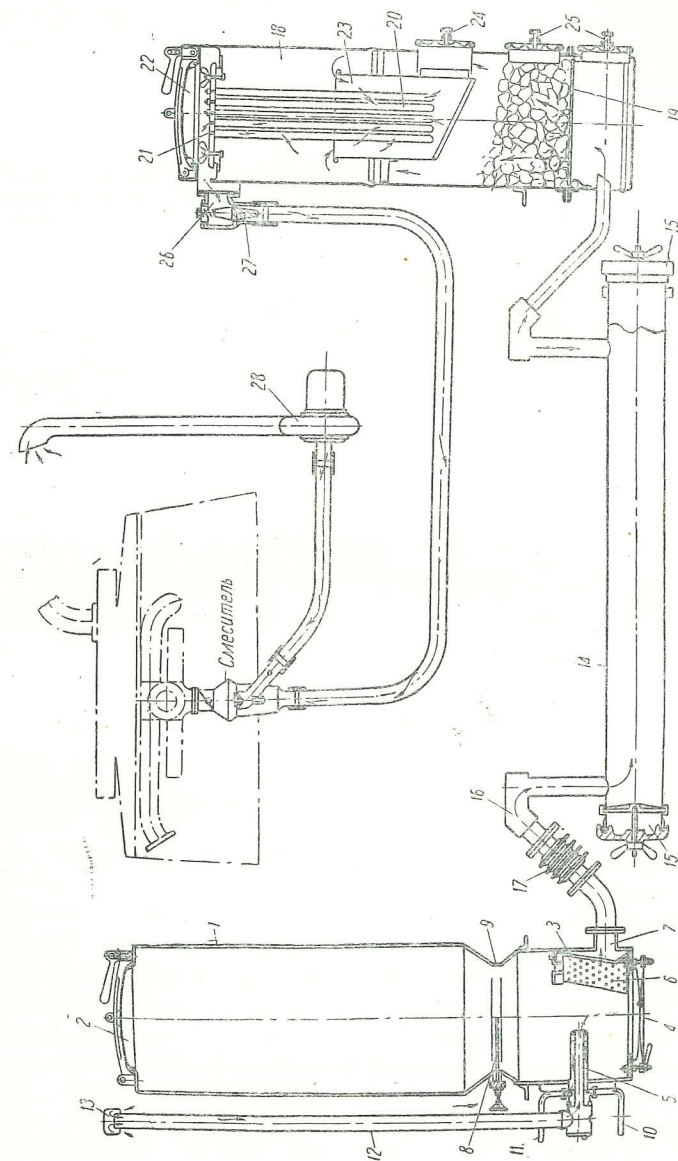


Рис. 89. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-23 для автомобиля ЗИС



Газогенератор имеет цилиндрическую форму. Его полная высота — 1840 мм, диаметр — 500 мм, вес загружаемого угля — 51 кг.

Основными частями газогенератора являются: бункер 1, изготовленный из 1,5-миллиметровой листовой стали, с загрузочным люком 2, топливник 3 из 6-миллиметровой 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 бункер с топливником. Заслонка поддерживает уголь в бункере во время чистки топливника. При работе газогенератора заслонка вынимается, а щель в горловине закрывается крышкой с уплотняющей прокладкой.

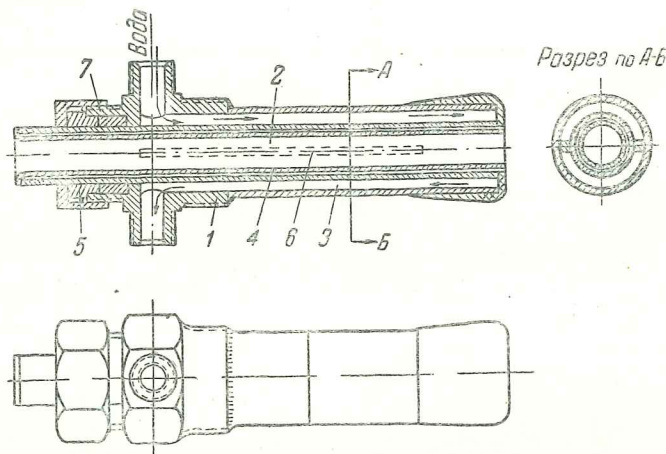


Рис. 90. Воздушная фурма газогенератора установки НАТИ Г-23:

1—корпус; 2—внутренняя трубка; 3—водяная рубашка; 4—дополнительная трубка; 5—вкладыш; 6—распорка; 7—сальник

Воздушная фурма 5 расположена на высоте 190 мм от дна топливника. Диаметр проходного отверстия для воздуха равен 25 мм. Фурма изготовлена из красной меди и имеет форму цилиндра с двойными стенками. В пространстве между стенками циркулирует вода, охлаждающая фурму. Вода поступает в фурму из системы охлаждения двигателя через трубку 10, идущую от водяного насоса; из фурмы вода отводится через трубку 11, идущую к верхнему патрубку головки блока цилиндров. Перед поступлением в фурму воздух проходит через вертикальную трубу 12 с колпаком 13. Конструкция фурмы показана на рис. 90.

Защитная решетка 6 (рис. 89) 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.

При газификации топлива в описываемом газогенераторе горение концентрируется около воздушной фурмы, а газ движется в поперечном направлении к отводящему патрубку. Из этого патрубка газ переходит в охладитель 14 цилиндрической формы, 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 соединен с газоотводящим патрубком газогенератора при помощи газопровода 16 с компенсатором 17, обеспечивающим необходимую гибкость.

Из охладителя газ поступает в очиститель 18. Очиститель имеет форму цилиндра, его высота — 1617 мм, диаметр 454 мм. Внутри очистителя на решетке 19 насыпан фильтрующий материал — кокс, который служит для первоначальной очистки (по типу поверхностных очистителей); матерчатый фильтр 20, имеющийся в цилиндре, выполняет вторичную тонкую очистку.

Матерчатый фильтр изготовлен из пяти отдельных металлических каркасов, прикрепленных к общей крышке 21; 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. Для загрузки кокса и чистки нижней части прибора имеются два боковых люка 25.

Газ при входе в очиститель меняет скорость и направление, благодаря чему частично освобождается от примесей. При дальнейшем движении газа вверх он проходит двойную очистку в комбинированном очистителе, после чего отводится через патрубок 26. Для контроля за работой очистителя отводящий патрубок снабжен сетчатым фильтром 27, засорение которого указывает на плохую очистку газа.

Из очистителя газ поступает в стандартный смеситель газогенераторного автомобиля ЗИС.

Для розжига газогенератора в установку введен электроventильатор 28, питающийся током из общей сети электрооборудования автомобиля.

Газогенератор расположен с левой стороны шасси за кабиной водителя, очиститель с правой стороны за кабиной, охладитель прикреплен на кронштейнах к раме в поперечном направлении за газогенератором и очистителем. Смеситель установлен на фланце всасывающего коллектора. Электроventильатор включен в воздухопровод, идущий в смеситель.

Между газогенератором и очистителем установлен ящик, вмещающий 90 кг топлива.

Научным авто-тракторным институтом (НАТИ) построена и испытана такого же типа установка НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА, отличающаяся от НАТИ Г-23 только меньшими размерами. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-21 приведена на рис. 91 (стр. 118).



### КОНСТРУКЦИИ ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

#### Древесные установки

Газогенераторная установка „Пионер“ Д-9 для трактора „Сталинец-60“ (серийная)

Установка «Пионер» Д-9 (рис. 92) для трактора «Сталинец-60» по конструкции аналогична установке Д-8 для автомобиля ЗИС-5. В обеих установках газогенераторы однотипны.

В установке для трактора батарея очистителя-охладителя состоит из пяти цилиндров; первые два цилиндра соединены не-

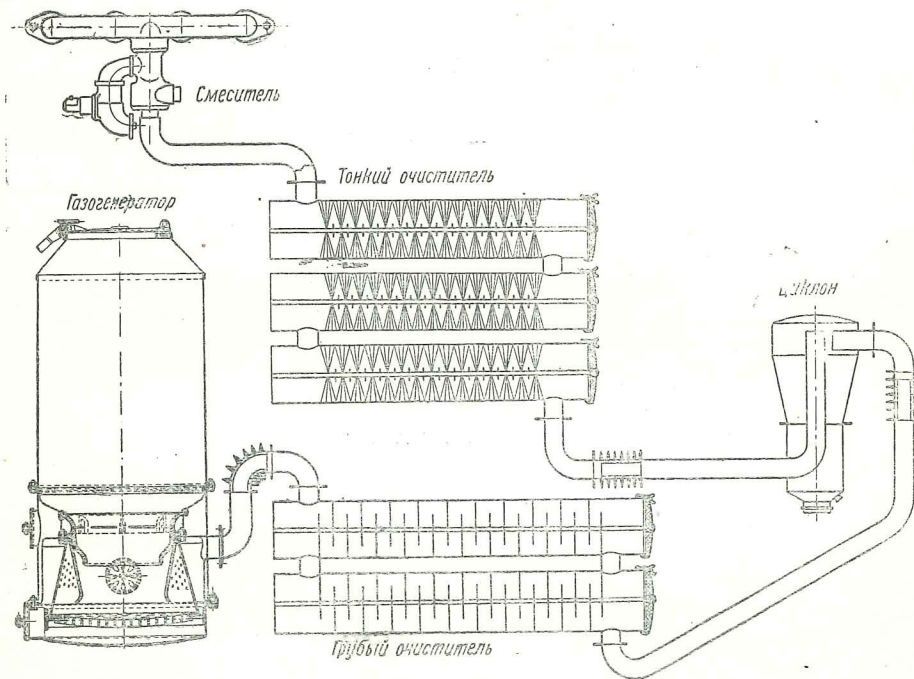


Рис. 92. Схема газогенераторной установки Д-9 для трактора „Сталинец-60“

посредственно с газогенератором и служат для грубой очистки газа. В них установлены стальные диски со срезанными сегментами, надеты на соединительную трубу. Конец трубы нарезан; на него надевается крышка, которая притягивается гайкой к бортам цилиндра; крышка имеет асбестовое уплотнение.

Пройдя через первые два цилиндра батареи очистителя-охладителя, газ поступает в циклонный очиститель.

Этот очиститель (рис. 93) состоит из металлического корпуса 1, к которому газ подводится по касательно поставленному патрубку 2. Отводящий патрубок 3 помещен в нижней части прибора и

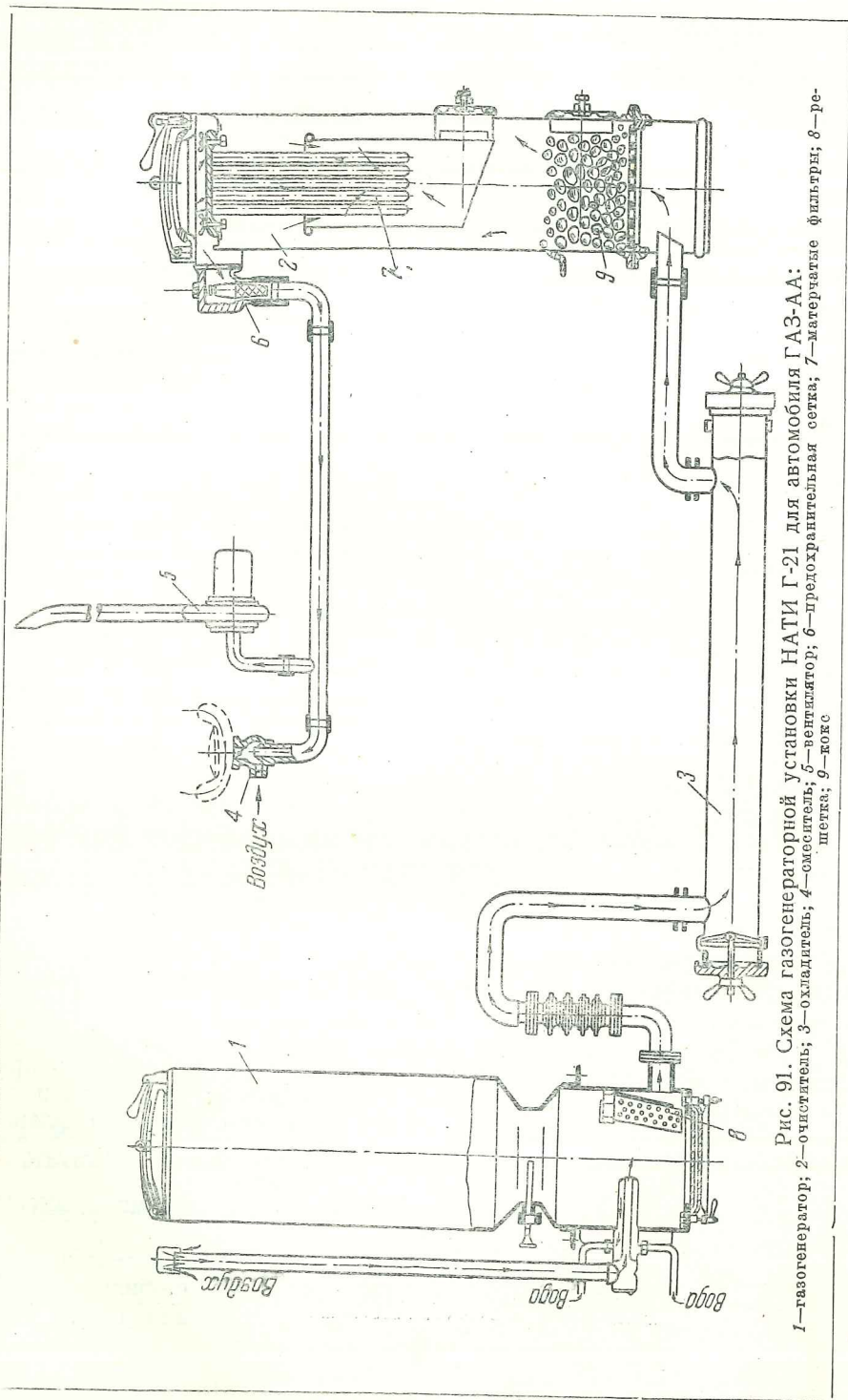


Рис. 91. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-21 для автомобиля ГАЗ-АА: 1—газогенератор; 2—очиститель; 3—охладитель; 4—смеситель; 5—вентилятор; 6—предохранительная сетка; 7—магистральная сетка; 8—ре- фильеры; 9—ре- сетка; 10—кокс



соединяется с отсасывающей трубой внутри циклона, конец которой расположен под верхней крышкой.

Такое устройство обеспечивает спиральное движение газа в циклоне и резкое изменение его направления при выходе в отводящий патрубок, благодаря чему взвешенные механические примеси в газе отбрасываются к стенкам и падают на дно, имеющее люк 4 для очистки.

Из циклонного центробежного очистителя газ поступает в последние три цилиндра батареи охладителя-очистителя с металлическими щетками (рис. 92) и здесь проходит тонкую очистку.

Монтаж установки на тракторе производится следующим образом: газогенератор устанавливается слева от сиденья тракториста

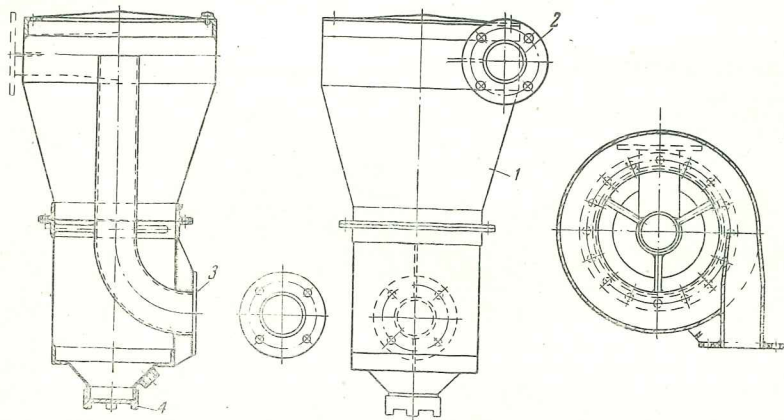


Рис. 93. Схема циклонного очистителя установки Д-9

(рис. 94); первые два цилиндра батареи охладителя-очистителя располагаются сзади сиденья поперек трактора, циклонный очиститель ставится с правой стороны трактора на линии маховика, три последние цилиндра охладителя-очистителя укрепляются перед радиатором, а смеситель присоединяется к всасывающему коллектору вместе с карбюратором.

#### Газогенераторная установка ЛТА Лесотехнической академии им. С. М. Кирова для тракторов СТЗ-ХТЗ-30 (экспериментальная)

Древесная газогенераторная установка ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ-30 предназначена для газификации дробленой щепы или чурок размером  $20 \times 20 \times 50$  мм. Установка работает по принципу обратного процесса и имеет центрально-фурменную нижнюю подачу воздуха.

Газогенераторная установка состоит из следующих частей (рис. 95): газогенератора, двух очистителей циклонного типа, охладителя и смесителя.

Очистители (циклонного типа) и газоохладитель (радиаторного типа) детально рассмотрены при изложении конструкции древесно-

угольной установки ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ-30 (стр. 135). Ниже приводится описание только устройства газогенератора.

Основными деталями газогенератора являются бункер 1, наруж-

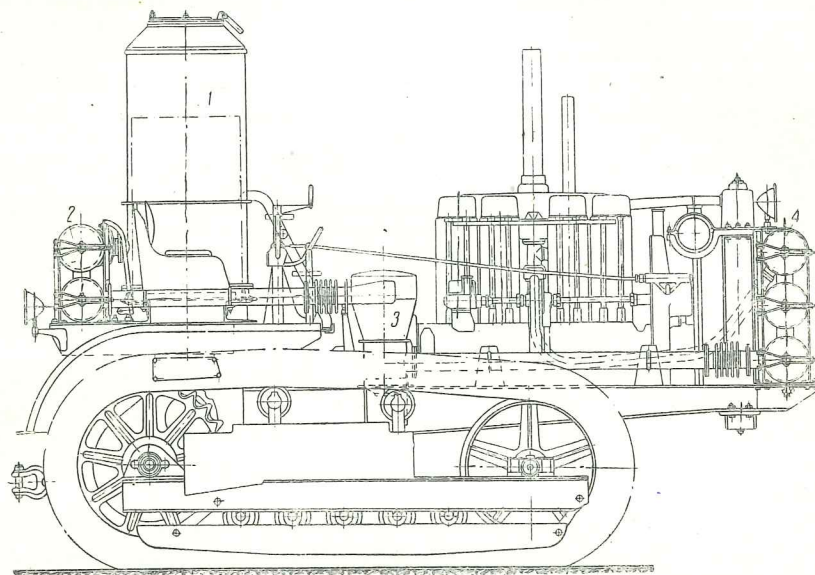


Рис. 94. Монтаж установки Д-9 на тракторе „Сталинец-60“:  
1—газогенератор; 2—грубые очистители-охладители; 3—очиститель-циклон; 4—очиститель тонкой очистки газа

ный кожух 2, топливник 3, воздушная фурма 4, зольник 5 и колосниковая решетка 6.

Наружный кожух имеет цилиндрическую форму; в верхней его части находится герметически закрывающийся загрузочный люк 7,

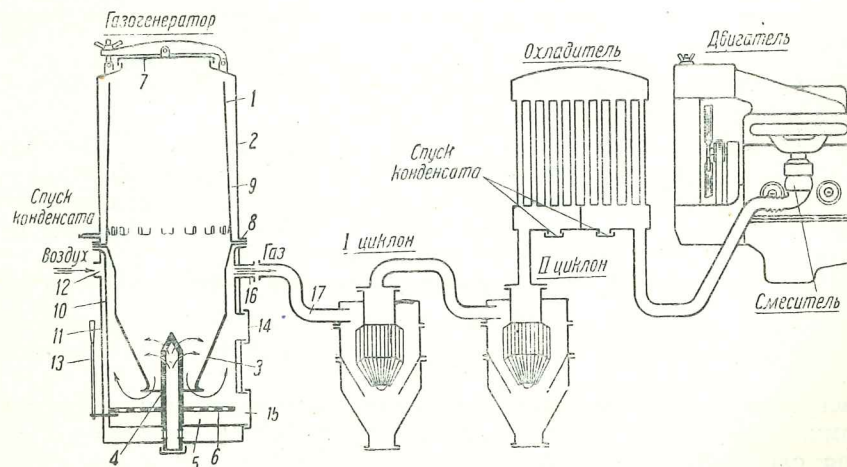


Рис. 95. Схема газогенераторной установки ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ-30



а в нижней — фланец 8 для соединения с топливником и его корпусом. Наружный кожух и стенки бункера образуют паросборную камеру 9, предназначенную для отбора паров влаги и части продуктов сухой перегонки; топливник 3 конической формы является продолжением бункера. Пространство между топливником и его корпусом 10 является газосборной камерой. Корпус топливника окружен кожухом 11. Пространство между кожухом и корпусом топливника служит воздушной камерой, через которую проходит в целях подогрева воздух, поступающий через отверстие 12.

Из воздушной камеры воздух проходит в пространство между первым и вторым дном газогенератора, откуда через центральную воздушную фурму поступает в топливник.

Воздушная фурма имеет периферийные отверстия диаметром 5 мм, расположенные в три ряда, по шесть в каждом.

Колосниковая решетка 6 опирается на угольники, приваренные 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, поступает в газосборную камеру, откуда через патрубок 16 отсасывается по газопроводу 17 в первый, а затем во второй циклонный очиститель.

После очистителей газ проходит через охладитель и направляется в эжекционный смеситель типа НАТИ, смонтированный на всасывающем коллекторе вместе с карбюратором «Энсайн RW».

Элементы, входящие в данную установку, монтируются на трактор так же, как древесноугольная установка ЛТА на трактор СТЗ-ХТЗ-30 (стр. 135).

#### Газогенераторная установка ЛС-1-3 треста Лесосудомашстрой для трактора „Сталинец-60“ (серийная)

Газогенераторная установка ЛС-1-3 (рис. 96) состоит из газогенератора 1, двух циклонных очистителей 2, очистителя-отстойника 3, радиатора-фильтра 4 и смесителя.

Газогенератор (рис. 97) работает на древесных чурках размером  $80 \times 60 \times 60$  мм по принципу обратного процесса газификации и имеет периферийно-фурменную подачу воздуха. Газогенератор сделан из листовой стали толщиной 1,5 мм. Вверху газогенератора находится загрузочный люк с крышкой 1, имеющей прижимную планку 2 и затвор 3. Верхняя часть газогенератора состоит из кожухов 4 и 5, образующих между собою паросборную камеру. В эту камеру отводятся пары влаги и часть продуктов сухой перегонки через отверстия 6 в кожухе 5 и кольцевую щель 7. Отверстия расположены в два ряда и прикрыты вдавленными внутрь козырьками. Паросборная камера соединена с трубкой 8, которая служит для слива конденсата, образующегося в камере. При отвинчивании болтов соединительного шва 9 вся верхняя часть газогенератора может быть снята.

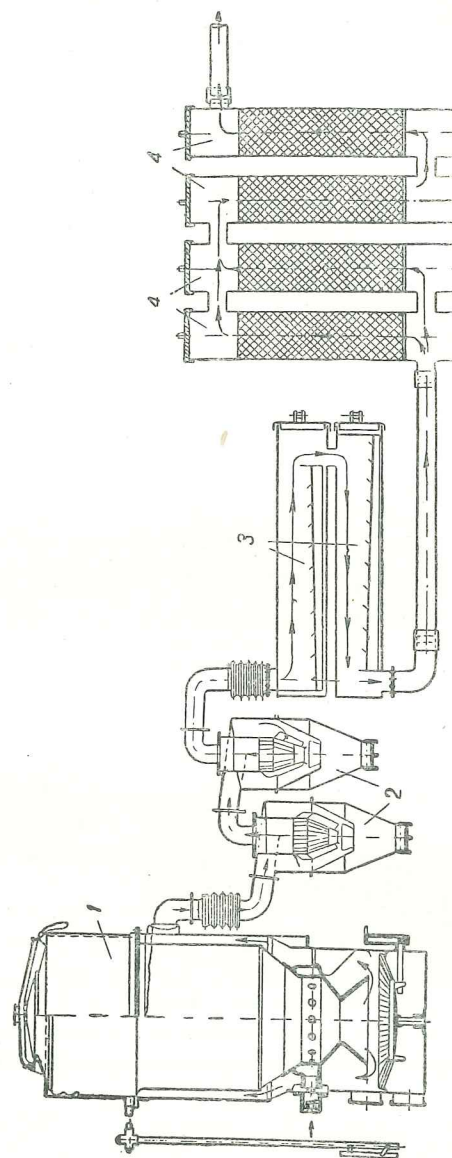


Рис. 96. Схема газогенераторной установки ЛС-1-3 для трактора „Сталинец-60“



Продолжением кожуха 5 служит кожух 10, который вместе с первым представляет бункер газогенератора. Бункер заканчивается внизу приваренным к нему топливником 11, изготовленным из углеродистой стали. Кожух 10 окружен наружным кожухом 12, переходящим в корпус топливника. Кожух 12 и кожух 10 соединены с верхней частью болтовым швом 9. В нижней части корпуса топливника находится зольник 13 с люком 14 для очистки. Зольник отделен колосниковой решеткой 15, центральная часть которой при помощи рукоятки 16 может поворачиваться в горизонтальной плоскости на опорном стержне 17. Через люк 18 в пространство между топливником и его корпусом засыпается уголь, который образует дополнительную восстановительную зону.

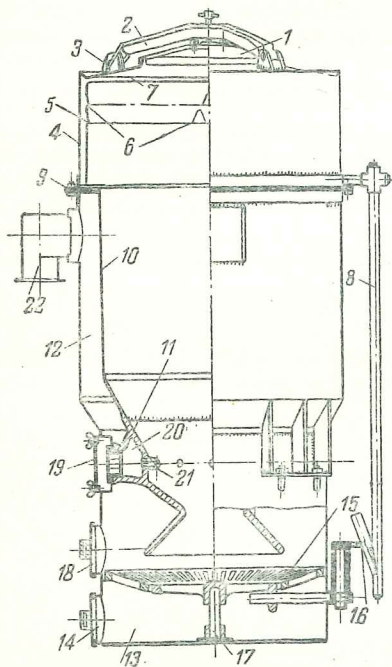


Рис. 97. Схема газогенератора ЛС-1-3 для трактора „Сталинец-60“

но охлаждается, так как он соприкасается со стенками бункера и расходует тепло на подогрев топлива, а также излучает тепло через наружный кожух в атмосферу.

По выходе из генератора газ подвергается грубой очистке в двух, последовательно соединенных между собою, очистителях-циклонах 1 и 2 (рис. 98) одинаковой конструкции. Каждый из циклонов имеет касательно расположенный к его корпусу газоподводящий патрубок 3, пылеотбойное устройство 4, состоящее из двух рядов изогнутых пластинок, отводящий патрубок 5 и люк 6 для удаления собираемых примесей.

Из циклонов газ переходит в инерционный очиститель-отстойник (рис. 99), состоящий из двух горизонтально расположенных секций. Каждая секция представляет собой цилиндр 1 диаметром в 210 мм и длиной в 1200 мм, внутри которого находится корытообразно изогнутый лист 2, снабженный козырьками 3. Эти козырьки задерживают примеси, содержащиеся в газе. Люк 4 служит для удаления скопившихся в очистителе примесей.

Из инерционного очистителя газ поступает в радиатор-фильтр (рис. 100), где подвергается тонкой очистке. Этот очиститель относится к типу поверхностных; он изготовлен в виде батареи, состоящей из четырех секций 1. Диаметр каждой секции равен 210 мм,

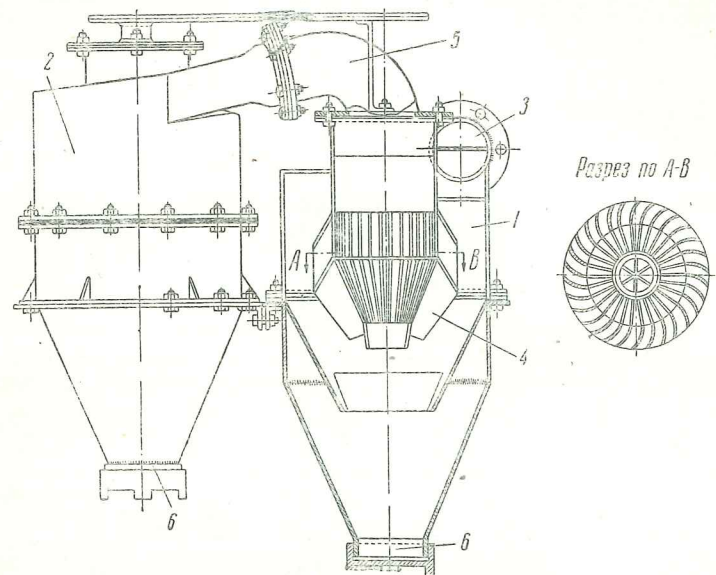


Рис. 98. Схема циклонного очистителя установки ЛС-1-3 для трактора „Сталинец-60“

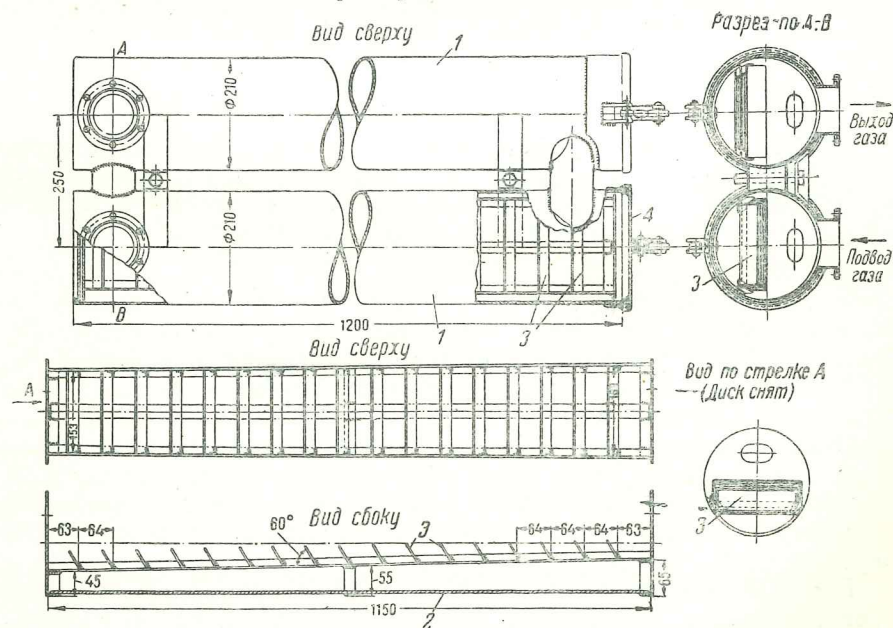


Рис. 99. Схема очистителя-отстойника установки ЛС-1-3 для трактора „Сталинец-60“



а длина — 1200 мм. Первая, вторая и четвертая секции представляют собой вертикальные цилиндры, в каждом из которых помещаются по два дырчатых ведерка 2 с кольцами Рашига. Высота слоя колец Рашига в одном ведре равна 250 мм. Третья секция, также цилиндрической формы, не имеет ведерок с кольцами Ра-

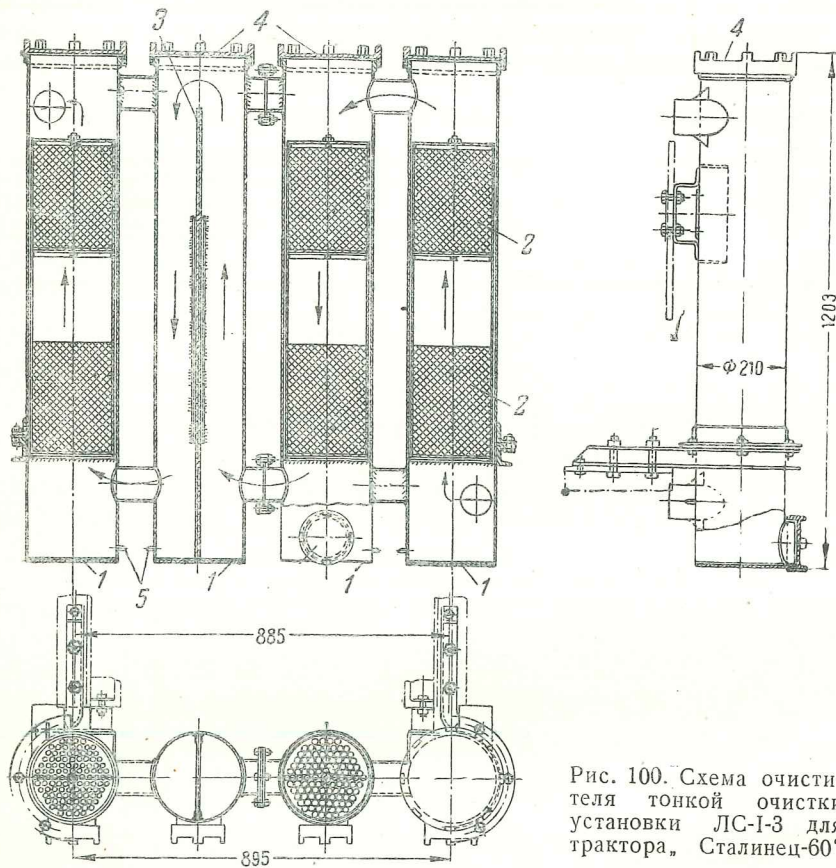


Рис. 100. Схема очистителя тонкой очистки установки ЛС-1-3 для трактора „Сталинец-60“

шига. В этом цилиндре есть только одна неполная вертикальная перегородка 3. Все секции соединены между собою последовательно и имеют люки 4, служащие для загрузки и выемки ведерок с кольцами Рашига и для промывки. Трубки 5 предназначены для слива конденсата.

Циклонные очистители соединены с газогенератором и инерционным очистителем металлическими газопроводами при помощи эластичных амортизаторов-компенсаторов. Инерционный очиститель соединен с поверхностным тонким очистителем при помощи трубопровода и шлангов.

Благодаря значительной поверхности всех очистительных приборов газ охлаждается параллельно с его очисткой, поэтому специальных охладителей в установке нет.

Из тонкого очистителя газ засасывается в перпендикулярно-

поточный смеситель эжекционного действия типа НАТИ. Этот смеситель (рис. 101) состоит из корпуса 1, воздушного 2 и газового 3 патрубков. К фланцу 4 при помощи переходного угольника 5 крепится карбюратор 6 трактора ЧТЗ. В верхней части смесителя последовательно установлены две заслонки. Заслонка 7 является общим дросселем смеси, регулирующим количество смеси, поступающей в цилиндры как при работе на бензине, так и на газе. Заслонка соединена тягой 8 с регулятором оборотов двигателя.

Дроссели 9 и 10, соединенные общей тягой 11, приводятся в действие тягой 12 с ручным управлением. Дроссель 9 открывает доступ бензиновоздушной смеси из карбюратора, а дроссель 10 — доступ газовоздушной смеси из смесителя. При работе на газе дроссель 10 должен быть открыт, а дроссель 9 — закрыт.

Воздушный патрубок 2 имеет дроссель 13, связанный тягой 14 с рычагом ручной регулировки воздуха. Поступление воздуха в карбюратор при работе на бензине регулируется заслонкой 15.

Верхним фланцем смеситель крепится к всасывающему коллектору.

В установки ЛС-1-3 выпуска 1939 г. (рис. 96) внесены следующие основные конструктивные изменения:

а) в газогенераторе устранен кольцевой отбор газа, поставлен газосборный патрубок по типу газогенератора автомобиля ЗИС-21, а для равномерного отсоса газа между наружным кожухом и бункером введен отражательный козырек;

б) в радиаторе-фильтре первые две секции соединены параллельно, а остальные последовательно. Кроме того, кольца Рашига засыпаются в очиститель непосредственно на сетки (без ведерок), а выгружаются через специальные люки;

в) перед радиатором-фильтром для защиты его от ударов при наезде на препятствия устанавливается мощный буфер (бампер) в виде поперечной балки на кронштейнах.

Монтаж установки ЛС-1-3 осуществлен следующим образом (см. рис. 131): газогенератор установлен с левой стороны от места водителя над гусеницей, циклонные очистители расположены впереди газогенератора, инерционный очиститель — под сиденьем водителя, радиатор-фильтр — перед радиатором трактора.

#### Газогенераторная установка НАТИ-ХТЗ-2Г (НАТИ Г-19) для трактора ХТЗ-12Г (серийная)

Газогенераторная установка НАТИ Г-19 спроектирована для работы на древесных чурках. Она работает по принципу обратного процесса газификации и имеет периферийно-фурменную подачу воздуха.

Составными элементами установки являются (рис. 102, стр. 129): газогенератор, два циклонных очистителя, охладитель, тонкий очиститель, отстойник и смеситель.

Газогенератор состоит из наружного кожуха 1, бункера 2, топливника 3 и зольника 4. Бункер и наружный кожух соединены ввер-



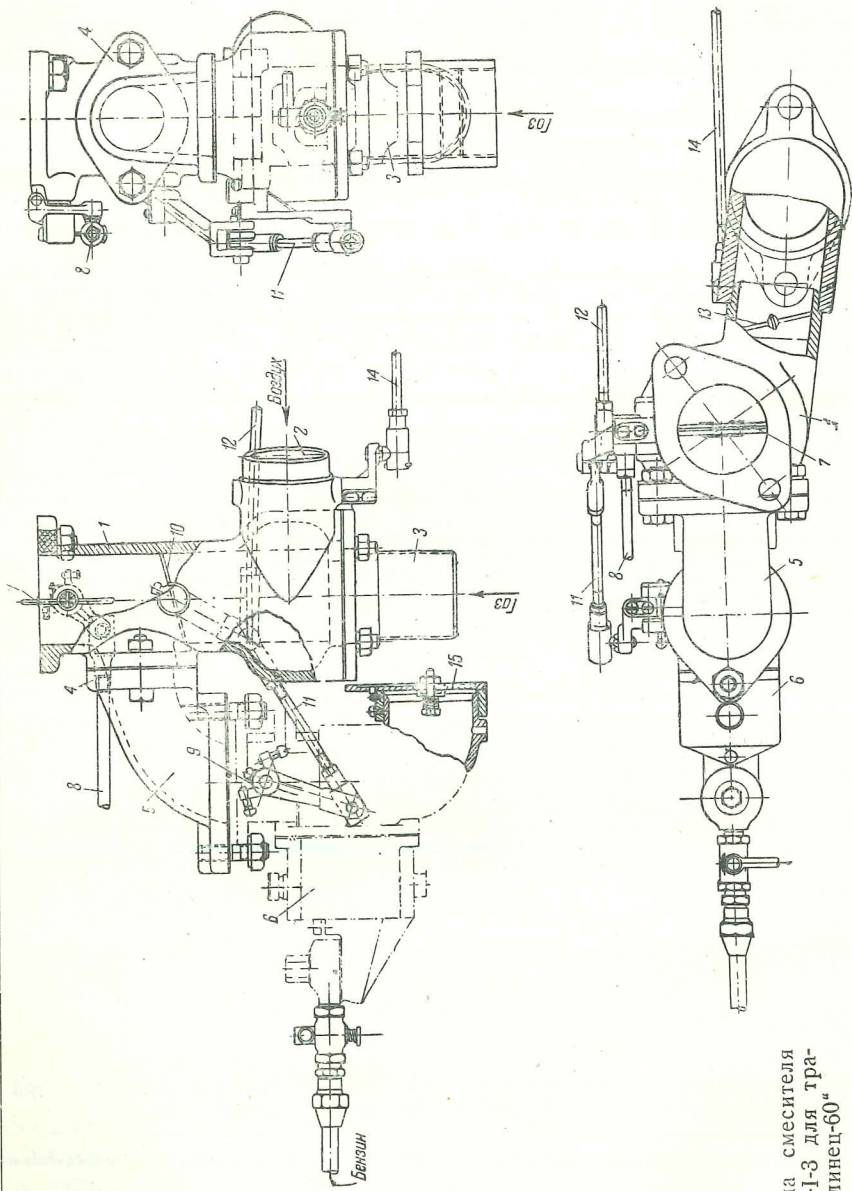


Рис. 101. Схема смесителя установки ЛС-1-3 для трактора «Сталинец-60»

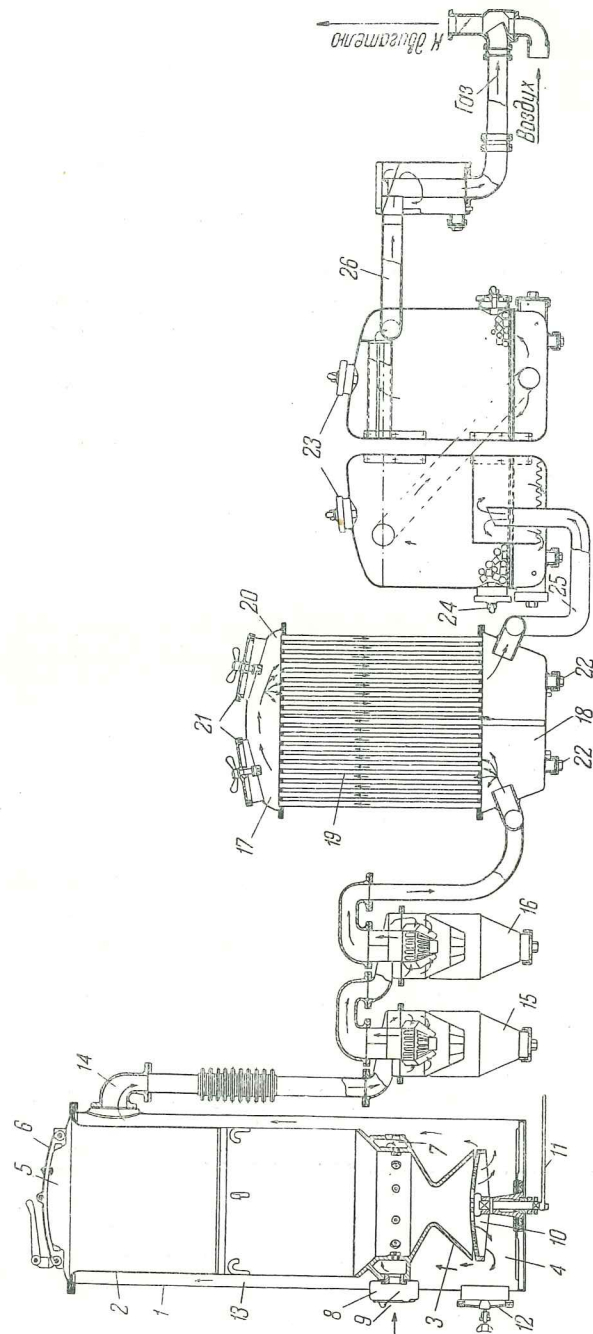


Рис. 102. Схема газогенераторной установки НАТИ-ХГЗ-2Г



ху при помощи фланцев. Бункер, вмещающий 60 кг топлива, имеет загрузочный люк с крышкой 5, прижимаемой к люку рессорной планкой 6. В нижней части бункер переходит в цельнолитой топливник 3 с рядом воздушных фурм, окруженных кольцевым воздушным поясом 7, который сообщается с атмосферой через воздухоприемную камеру 8. Камера имеет обратный клапан 9. Под топливником расположена подвижная колосниковая решетка 10, которая может приводиться во вращение рукояткой 11. Люк 12 служит для очистки зольника.

Бункер и наружный кожух образуют между собой газосборную камеру 13. Генераторный газ из топливника проходит в эту камеру, откуда поступает в отводящий патрубок 14. Проходя через газосборную камеру, газ подогревает топливо в бункере, а через наружный кожух отдает тепло в атмосферу и, таким образом, значительно охлаждается.

Из генератора газ входит в два, последовательно соединенные очистителя 15 и 16 циклонного типа.

Пройдя грубую очистку, газ поступает в охладитель 17 радиаторного типа. Охладитель состоит из нижнего резервуара 18, разделенного перегородкой на два отделения, сердцевины 19 и верхнего резервуара 20. Крышки 21 служат для чистки охладителя, а пробки 22 для спуска конденсата.

После охладителя газ направляется для тонкой очистки в третий очиститель поверхностного типа. Этот очиститель представляет собой бак, который разделен на две секции, соединенные между собой трубкой. Каждая секция заполнена кольцами Рашига, насыпанными на поддерживающие сетки. Люки 23 и 24 служат для насыпания и удаления колец.

Газ входит в очиститель по патрубку 25, проходит через слой колец в первом отделении и, спустившись по трубе во второе отделение, проходит через второй слой колец и отводится через патрубок 26.

После тонкой очистки газ поступает в водоотделитель-отстойник и затем идет в эжекционный смеситель типа НАТИ.

Газогенератор монтируется за кабиной с левой стороны (рис. 103). Охладитель расположен впереди радиатора трактора, два циклонных очистителя — сзади кабины, тонкий очиститель — на месте топливного бака.

#### Газогенераторная установка НАТИ Г-25 для трактора „Сталинец-65“ (СГ-65) (серийная)

Газогенераторная установка НАТИ Г-25, спроектированная Научным авто-тракторным институтом (рис. 104, стр. 132), состоит из газогенератора, двух циклонных очистителей, инерционного очистителя, фильтра-охладителя, отстойника и смесителя.

Газогенератор работает по принципу обратного процесса газификации, имеет периферийно-фурменную подачу воздуха и предназначен для работы на древесных чурках размером 80 × 60 × 60 мм. Он состоит из наружного кожуха 1, бункера 2, переходящего в топ-

ливник 3, защитного кожуха 4 и зольника 5. Бункер, вмещающий 100 кг топлива, в нижней части переходит в топливник. Топливник изготовлен из малоуглеродистой стали, покрытой алюминием. Кожух 4 сделан из меди и поставлен для предохранения бункера от возможного разъедания уксусной кислотой, выделяющейся при сухой перегонке дерева. Вверху газогенератор снабжен загрузочным люком 6 и имеет болтовой шов 7, соединяющий наружный, бункерный и антикоррозийный кожухи. Зольник отделен от топливника колосниковой решеткой 8, укрепленной на кольцевой опоре при помощи пяти стоек, опирающихся на дно газогенератора. Люк 9

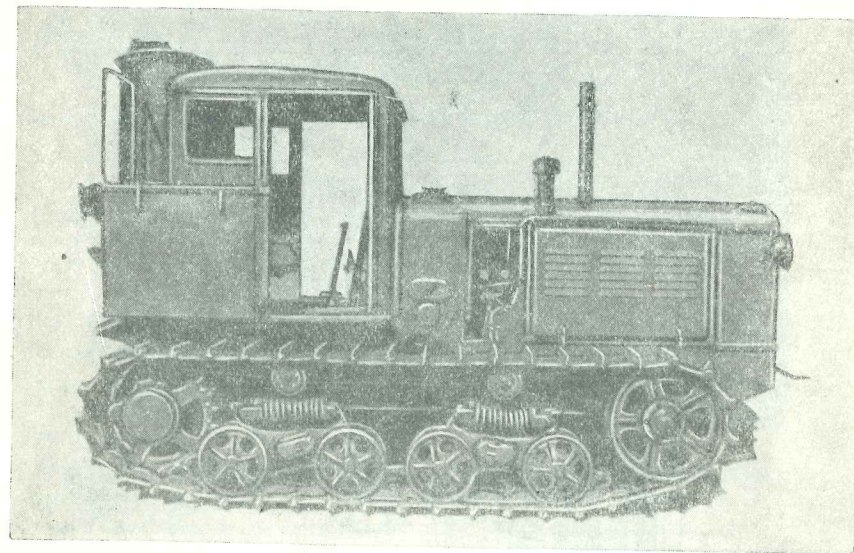


Рис. 103. Газогенераторная установка НАТИ-ХТЗ-2Г для трактора ХТЗ-Т2Г

служит для очистки зольника и колосниковой решетки. Воздух подводится в топливник через два входных канала 10 с предохранительными обратными клапанами 11, через кольцевой воздушный пояс 12 и восемь стальных фурм 13 диаметром 12 мм, расположенных по периферии топливника. Газ отводится из топливника в газосборное пространство, образованное наружным кожухом и бункером, и через отсасывающий патрубок 14 поступает в очистительные приборы. По пути из топливника к отсасывающему патрубку газ подогревает весь бункер и одновременно значительно охлаждается сам.

Из газогенератора газ последовательно переходит в первый и второй очистители-циклоны 15 и 16. После первичной очистки в циклонах газ поступает в четырехсекционную батарею инерционно-ударного очистителя 17. Каждая секция этого очистителя сделана в виде цилиндра, внутри которого смонтированы на трех стержнях



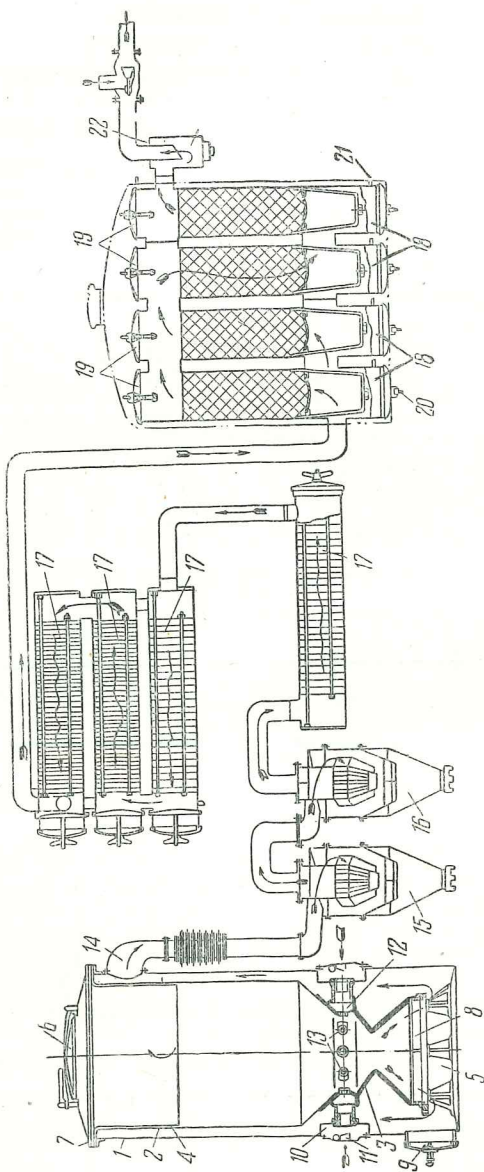


Рис. 104. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-25 для трактора «Сталинец-65»

диски с отверстиями. Эти диски расположены так, что газ, проходя через очистители, многократно изменяет направление, ударяется о диски и фильтруется.

После грубой очистки газ направляется для тонкой очистки. Имеющийся для этой цели очиститель поверхностного типа 18 устроен в виде батареи из четырех секций, из которых первые две соединены параллельно, а остальные — последовательно. В каждую секцию на съемную сетку насыпаются кольца Рашига, служащие материалом для фильтрации газа. Высота слоя — 600 мм. Засыпка про-

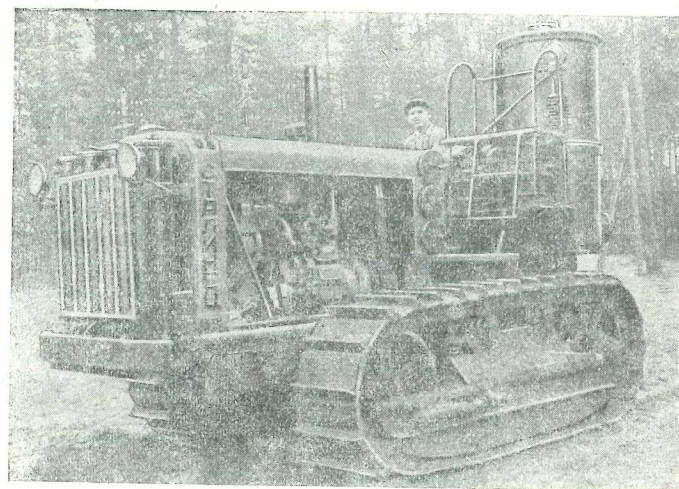


Рис. 105. Газогенераторная установка Г-25 на тракторе СТ-65

изводится через люки 19, которые используются также и для промывки колец. Люки 20 служат для выгрузки колец. Для спуска конденсата имеются трубки 21.

Специальных охлаждающих приборов установка не имеет; газ охлаждается, проходя через очистители, имеющие значительную поверхность.

Из последнего очистителя газ поступает в отстойник 22, выполненный в виде цилиндрического резервуара с патрубками для подвода и отвода газа. В отстойнике накапливается конденсат из водяных паров, уносимых газом. Очищенный газ после отстойника засасывается в смеситель параллельно-струйного типа.

Расположение газогенераторной установки на тракторе показано на рис. 105: газогенератор смонтирован с левой стороны трактора вблизи сидения водителя, циклоны расположены впереди газогенератора, одна секция инерционно-ударного очистителя помещена под сиденьем водителя, три остальных секции очистителя расположены горизонтально перед водителем, фильтр-охладитель смонтирован перед радиатором трактора.



## Древесноугольные установки

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

Древесноугольная установка ЛТА для тракторов СТЗ-ХТЗ-30 сконструирована по типу установки «Гоен-Пулен» (Франция). Газогенератор работает по принципу горизонтального процесса и имеет центрально-фурменную боковую подачу воздуха. Применяемый в качестве топлива древесный уголь должен быть с влажностью до 15% и размером в грецкий орех.

Газогенераторная установка (рис. 106) состоит из следующих частей: газогенератора, очистителя-циклона, охладителя, тонкого очистителя и смесителя.

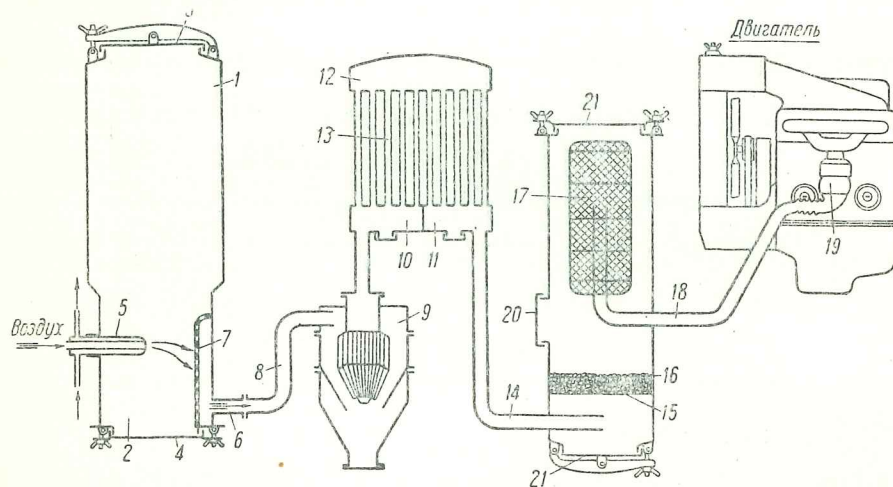


Рис. 106. Схема газогенераторной установки ЛТА для тракторов ХТЗ и СТЗ

Газогенератор цилиндрической формы имеет бункер 1, изготовленный из 1,5-миллиметрового железа, и топливник 2 — из 8-миллиметрового железа. Эти две части газогенератора соединены между собой переходным конусом. Бункер снабжен в верхней части загрузочным люком с герметически закрывающейся крышкой 3. В днище топливника устроен зольниковый люк 4.

Воздух, необходимый для горения, подается в топливник через боковую воздушную фурму 5, которая ввинчена в штуцер, приваренный к наружной стенке топливника.

Воздушная фурма имеет двойные стенки, между которыми циркулирует охлаждающая вода. Вода подается из системы охлаждения двигателя, в которую она вновь возвращается, пройдя между стенками фурмы.

Против воздушной фурмы с небольшим смещением вниз в стенке топливника устроен газотводящий патрубок 6, перед патрубком concentрично наружной стенке установлена решетка 7 с отверстия-

ми в 5,5 мм. Она предохраняет патрубок от попадания в него угля. Из генератора газ отводится по газопроводу 8 в очиститель-циклон 9.

После грубой очистки газ из циклона поступает в охладитель радиаторного типа.

Основными его частями являются нижний и верхний резервуары и сердцевина.

Нижний резервуар разделен перегородкой на две секции, из которых одна 10 соединена с циклоном, а другая 11 — с газопроводом тонкого очистителя. Каждая секция резервуара имеет пробку для спуска конденсата.

Верхний резервуар 12 имеет два люка для очистки всего радиатора.

Сердцевина 13 состоит из 16 трубок прямоугольного сечения и соединяет нижний и верхний резервуары.

Из охладителя газ проходит во второй очиститель, предназначенный для тонкой очистки газа. Этот очиститель имеет цилиндрическую форму и снабжен в нижней части патрубком, к которому присоединяется газопровод, идущий от охладителя.

Над входным патрубком 14 укреплен решетка 15, на которую насыпается кокс или битый фарфор, служащий первым фильтром 16 в очистителе. В верхней части расположен вертикальный матчатый фильтр 17, который соединен с патрубком газопровода 18, идущего к смесителю 19.

Над решеткой первого фильтра очистителя имеется загрузочный люк 20. В верхней и нижней частях очистителя для чистки и осмотра устроены герметически закрывающиеся крышки 21.

Очищенный и охлажденный газ из второго очистителя поступает в эжекционный смеситель типа НАТИ.

Смеситель смонтирован на всасывающем коллекторе двигателя вместе с карбюратором «Энсайн RW», который оставлен для пуска двигателя.

Газогенератор смонтирован слева за сидением тракториста, циклонный очиститель расположен у рулевой колонки, а вторичный очиститель — около воздухоочистителя; охладитель установлен перед радиатором.



## Глава VI

## МОНТАЖНЫЕ СХЕМЫ АВТО-ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Монтаж газогенераторных установок требует соблюдения следующих основных правил:

- 1) элементы газогенераторной установки не должны выходить за габариты машины;
- 2) элементы установки не должны мешать водителю машины при управлении и нарушать видимость;
- 3) расположение элементов газогенераторной установки должно обеспечивать прочность крепления их на машине;
- 4) элементы газогенераторной установки должны размещаться на машине с соблюдением правил противопожарной техники;
- 5) размещение элементов газогенераторной установки должно допускать удобную очистку, осмотр, разборку, сборку и ремонт;
- 6) машина с газогенераторной установкой должна по возможности сохранять нормальную грузоподъемность.

Указанные правила распространяются на монтаж газогенераторных установок как на автомобиле, так и на тракторе, за исключением первого и последнего пунктов, которые при монтаже на тракторы не обязательны. Так как автомобили и тракторы имеют свои особенности, схемы расположения установок на них неодинаковы и будут рассмотрены отдельно.

### СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НА АВТОМОБИЛЕ

При размещении элементов газогенераторной установки на автомобиле прежде всего следует учитывать необходимость сохранения полезной площади кузова. Однако в некоторых случаях эксплуатации автомобиля в лесной промышленности (поездная вывозка, перевозки длинника) последнее обстоятельство не имеет решающего значения.

В размещении отдельных элементов газогенераторной установки наибольшую трудность представляет монтаж газогенератора как самой громоздкой и тяжелой части. Его располагают за кабиной водителя с левой (рис. 107), а в редких случаях с правой стороны (рис. 108).

За газогенератором, помещенным с левой стороны, водителю удобно наблюдать. Кроме того, при езде по дорогам с нормаль-

ным поперечным профилем в этом случае несколько разгружаются правые рессоры автомобиля.

За кабиной газогенератор устанавливается либо в специальном вырезе кузова, либо между кузовом и кабиной. В первом случае

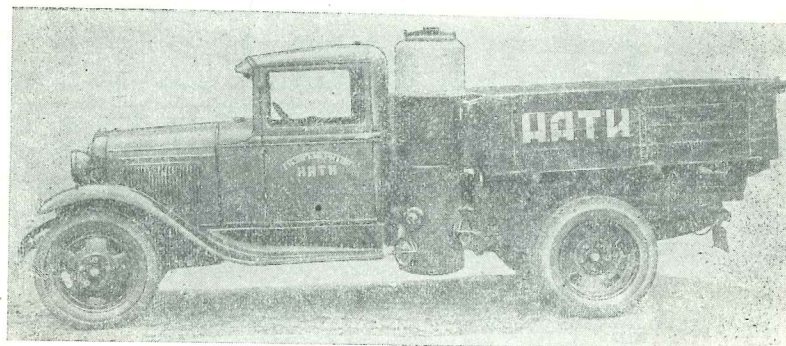


Рис. 107. Расположение газогенератора с левой стороны автомобиля (автомобиль ГАЗ-АА с установкой НАТИ Г-14)

сокращается полезная площадь кузова, во втором — кузов укорачивают или несколько отодвигают, для чего шасси должно иметь удлиненную раму, как это сделано на автомобиле ЗИС-13. Пространство между кузовом и кабиной используется для монтажа не только газогенератора, но и других элементов установки (рис. 109).

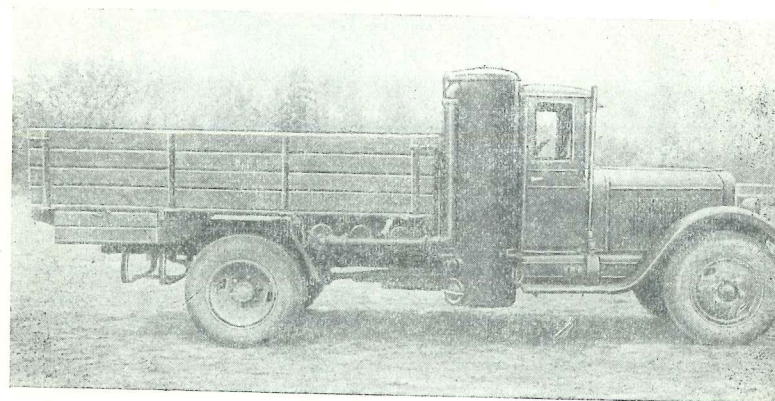


Рис. 108. Расположение газогенератора с правой стороны автомобиля в углублении кабины (автомобиль ЗИС-21)

Чтобы сохранить внешний вид машины, иногда в кабине сзади устраивают специальное углубление для газогенератора и очистителя (рис. 110, стр. 138), или же газогенератор закрывают дверью (рис. 111, стр. 139) с вентиляционными отверстиями. Однако в последнем случае воздух, обтекающий газогенератор, циркулирует слабо, и температура в кабине водителя повышается.



При монтаже газогенератора загрузочный люк обычно располагают на уровне козырька кабины, а топливно-зольниковую часть

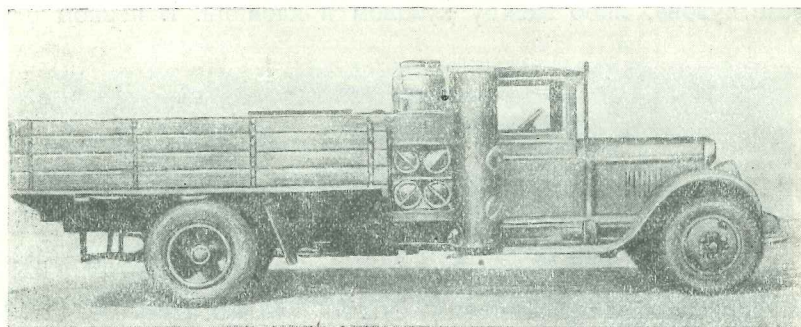


Рис. 109. Расположение газогенератора между кабиной и кузовом (автомобиль ЗИС-13)

опускают до общего клиренса автомобиля, что выгодно как для охлаждения газогенератора, так и в отношении пожарной безопасности. Для удобства загрузки, очистки, осмотра и розжига все

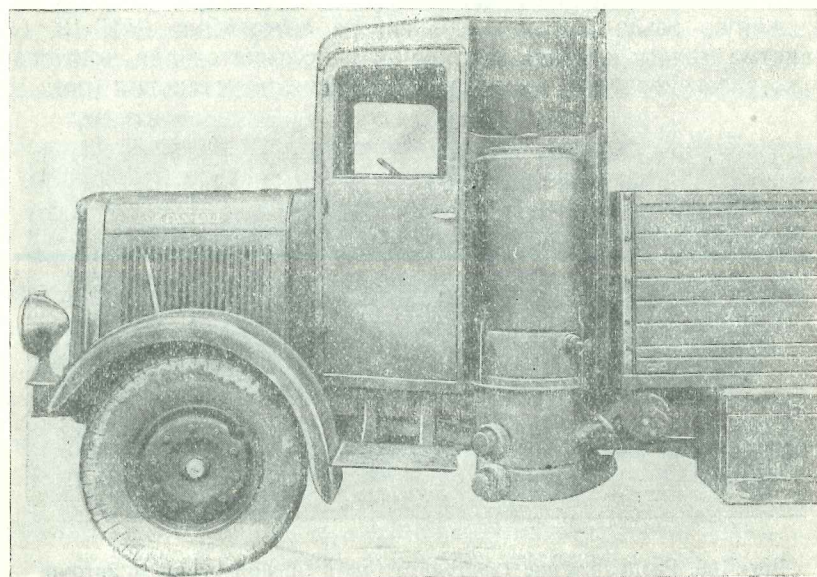


Рис. 110. Расположение газогенератора в специальном углублении кабины (автомобиль „Панар и Левассор“ с установкой „Панар“)

люки, имеющиеся в газогенераторе, должны быть расположены так, чтобы при эксплуатации имелся к ним свободный доступ.

Все люки должны закрываться герметически. Для свободной циркуляции воздуха вокруг газогенератора, а также в целях по-

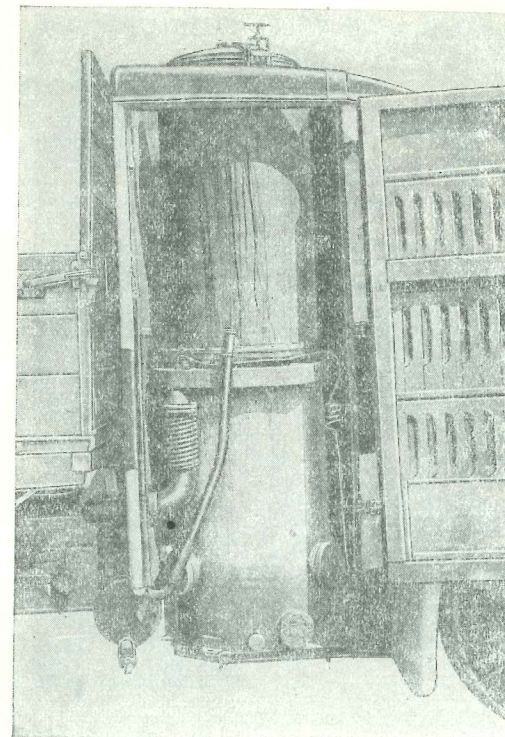


Рис. 111. Расположение газогенератора за решетчатой дверью в углублении кабины (автомобиль „Фаун-Дейтц“ с установкой „Гумбольдт-Дейтц“)

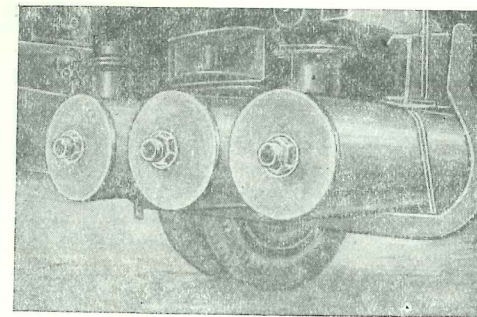


Рис. 112. Расположение батарей газоохладителей-очистителей на месте запасного колеса (автомобиль ЗИС-5 с установкой Д-8)



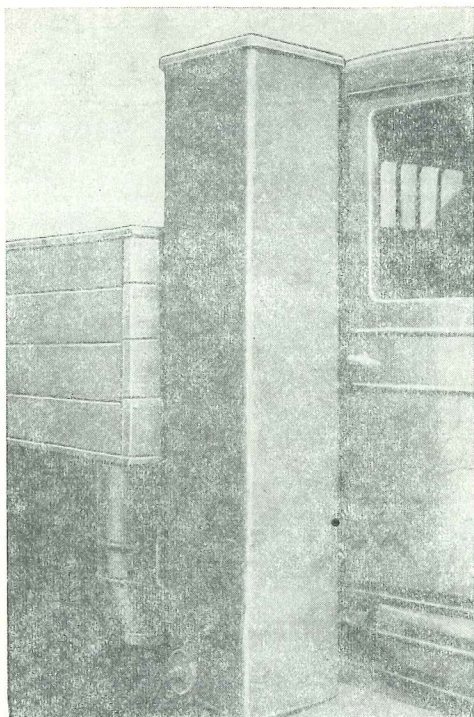


Рис. 113. Расположение газоочистителя на подножке автомобиля (автомобиль ЗИС-5 с установкой ЛТА)

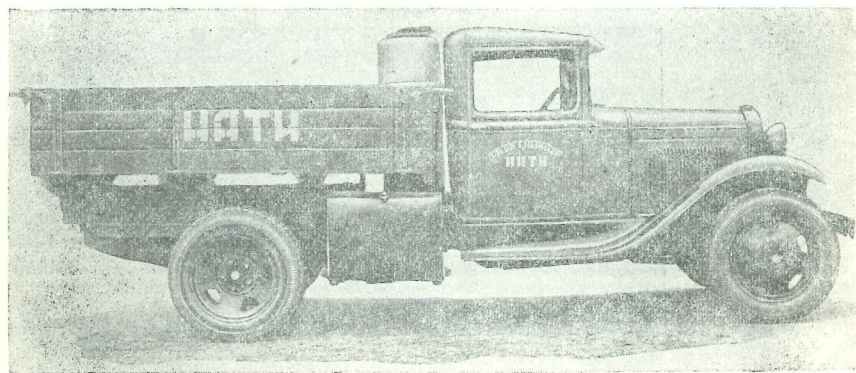


Рис. 114. Расположение газоочистителя под кузовом (автомобиль ГАЗ-АА с установкой НАТИ Г-14, 2-й вариант)

жарной безопасности, между кузовом и газогенератором оставляется зазор в 7—12 см. Поверхность кузова, обращенную к газогенератору, рекомендуется изолировать, для этого его покрывают асбестом и обивают листовым железом или же устанавливают теплоизоляционный экран.

Газоочистители следует располагать так, чтобы можно было удобно их осматривать, чистить и спускать конденсат. Кроме того, при размещении очистителей, по которым проходит горячий газ, необходимо учитывать их опасность в пожарном отношении.

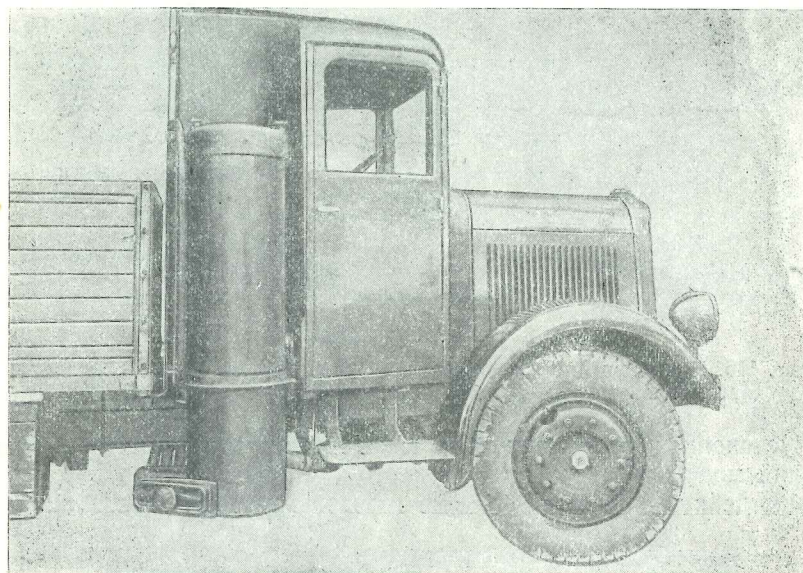


Рис. 115. Расположение газоочистителя в специальном углублении кабины (автомобиль „Панар и Левассор“ с установкой „Панар“)

В зависимости от типа газоочистителей они устанавливаются: а) под кузовом на месте запасного колеса (рис. 112, стр. 139), б) между кузовом и кабиной (см. рис. 109), в) на подножке автомобиля (рис. 113), г) под кузовом сбоку (рис. 114), д) в специальном углублении кабины (рис. 115).

Расположение охладителей должно обеспечить максимальное обдувание их поверхности воздушным потоком. Радиаторные охладители лучше всего располагать перед основным радиатором машины, что позволяет использовать встречный поток воздуха и работу воздушного вентилятора. В этом случае можно интенсивно охлаждать газ при минимальных размерах охладителя. При таком расположении охладитель доступен для осмотра и чистки и в случае хорошей отделки не портит внешний вид автомобиля (рис. 116, стр. 142).

Охладители батарейно-трубчатого типа чаще всего располагают в месте, предназначенном для запасного колеса (рис. 117, стр. 142), а иногда сбоку кабины (рис. 118, стр. 143) или под рамой.



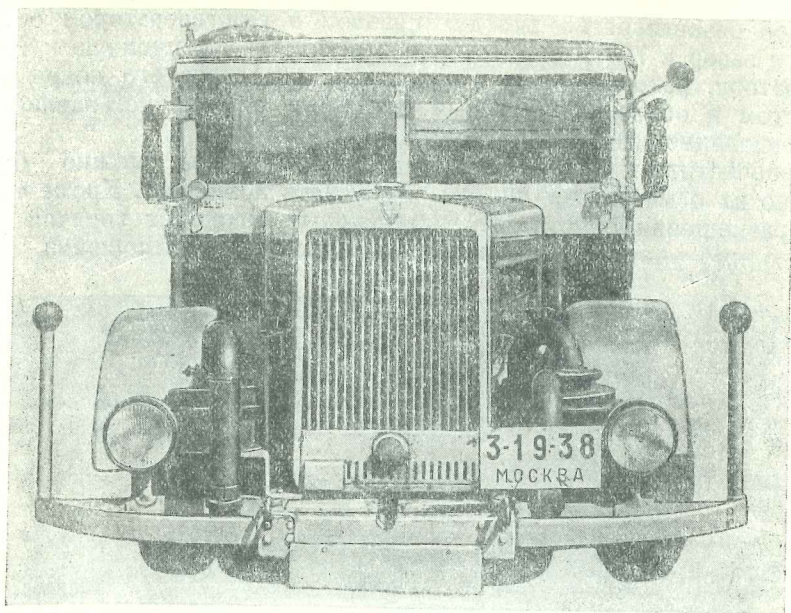


Рис. 116. Расположение газоохладителя перед радиатором двигателя (автомобиль „Фаун-Дейтц“ с установкой „Гумбольдт-Дейтц“)

В установках с ручным или электрическим вентилятором последний монтируется с таким расчетом, чтобы обеспечить отсасывающее действие во всей системе газогенераторной установки. Это

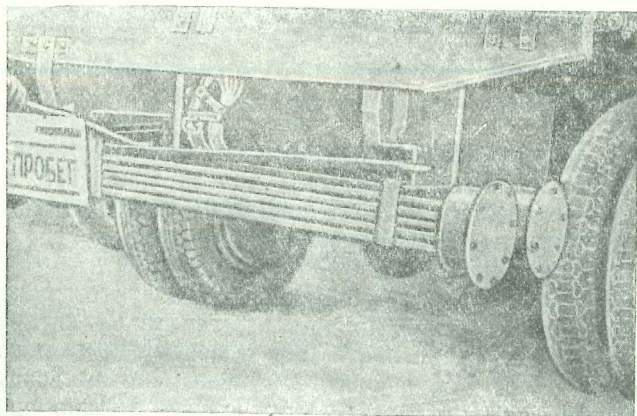


Рис. 117. Расположение газоохладителя на месте запасного колеса (автомобиль ГАЗ-АА с установкой „Автодор-2“)

облегчает быстрый розжиг газогенератора и заполнение газом всех элементов установки, а также дает возможность поддерживать горение топлива в газогенераторе при остановках. Для этого вен-

тилятор соединяется всасывающим отверстием со смесителем, а выводным — с вертикально поставленной трубой, доходящей до козырька кабины (автомобили ЗИС-13). Вентилятор монтируется под брызговиком правой подножки. Вывод газа в атмосферу через такую трубу улучшает условия работы водителя. Кроме того, засасывание воздуха через эту трубу позволяет использовать для газозвушной смеси более чистый воздух.

Смеситель устанавливается или непосредственно на всасывающем коллекторе двигателя или на месте карбюратора.

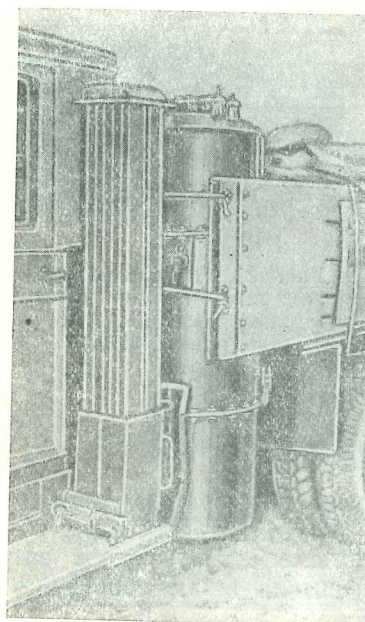


Рис. 118. Расположение газоохладителя сбоку кабины (автомобиль ЗИС-5 с установкой В-4)

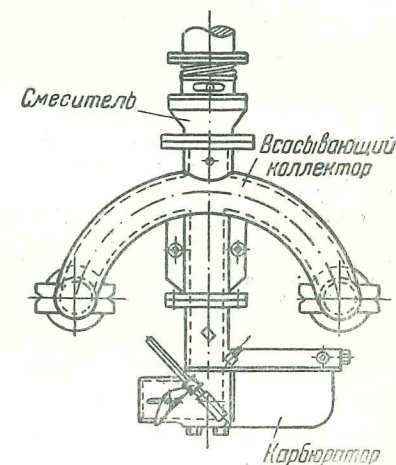


Рис. 119. Расположение смесителя на патрубке, приваренном сверху к всасывающему коллектору двигателя (газогенераторная установка сист. проф. Наумова)

На всасывающем коллекторе смеситель крепится при помощи короткого патрубка, приваренного сверху (рис. 119) к коллектору. В этом случае карбюратор устанавливается внизу, под коллектором.

При установке на месте карбюратора смеситель соединяется своим фланцем с фланцем для карбюратора. Карбюратор же крепится на специальном патрубке смесителя или на фланце, сделанном на всасывающем коллекторе двигателя (рис. 120, стр. 144).

Управление смесителем и карбюратором осуществляется с помощью системы тяг, выведенных в кабину водителя. Количество этих тяг должно быть минимальным, а присоединение их удобным для водителя. Тяги следует размещать так же, как и на машинах, работающих на бензине, чтобы сохранить привычное для водителя расположение.



Если с двигателя снят карбюратор (рис. 121), то можно ограничиться двумя тягами. В этом случае одна из тяг 1 соединена с воздушным дросселем, а другая 2 — с дросселем газовой смеси. Если на двигателе ставится карбюратор, то число тяг обычно доводится до четырех (рис. 122). Из них тяга 1 связывается с воздушным дросселем

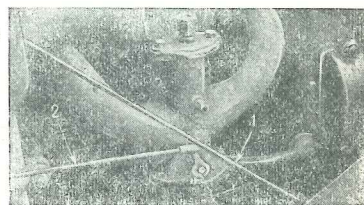
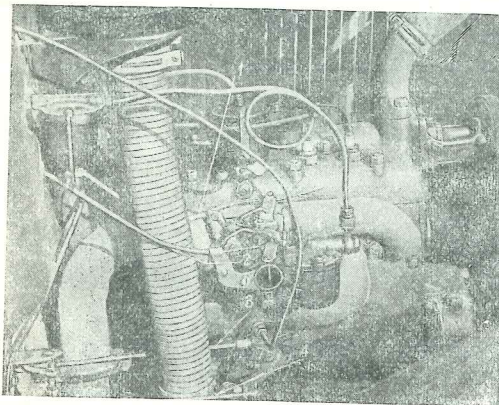


Рис. 120. Расположение смесителя на месте карбюратора. Карбюратор присоединен к фланцу всасывающего коллектора сверху (автомобиль ГАЗ-42 с установкой НАТИ Г-14):

1—тяга дросселя смеси карбюратора; 2—тяга воздушного дросселя карбюратора; 3—тяга дросселя смеси в смесителе; 4—тяга воздушного дросселя в смесителе

Рис. 121. Управление смесителем при помощи двух тяг (автомобиль ГАЗ-АА с установкой ЛТА)

карбюратора, тяга 2 — с дросселем смеси карбюратора; тяга 3 — с воздушным дросселем смесителя и тяга 4 — с дросселем газовой смеси смесителя. Дроссель смеси карбюратора часто связывается с дросселем перевода смесителя таким образом, что

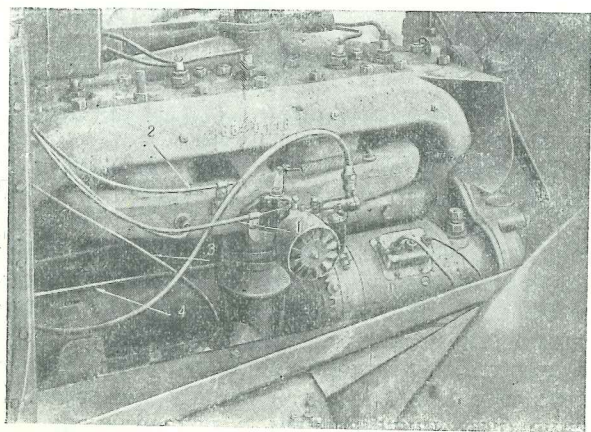


Рис. 122. Управление смесителем и карбюратором при помощи четырех тяг (автомобиль ЗИС-21)

открытие первого обеспечивает закрытие второго и наоборот. Этим достигается плавный перевод двигателя с бензина на газ и обратно. Если в смесителе отсутствует дроссель перевода, то перевод с бензина на газ и обратно осуществляется параллельным действием тяг на дроссель газовой смеси смесителя и на дроссель смеси карбюратора. Дроссель газовой смеси соединяется с педалью акселератора.

Имеющаяся на штурвале манетка опережения зажигания и манетка дросселя смеси сохраняются. К манетке дросселя смеси вместо тяги дросселя смеси карбюратора присоединяется тяга дросселя

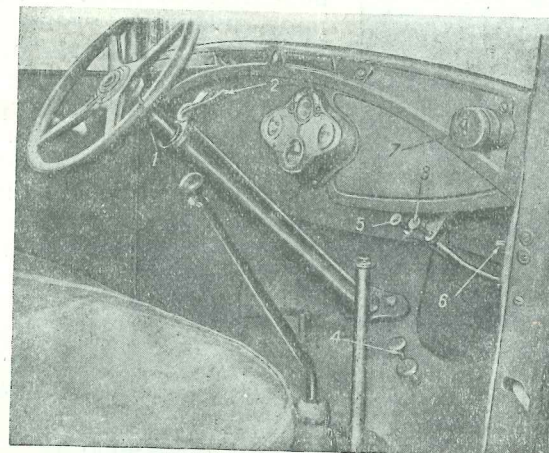


Рис. 123. Расположение манеток тяг управления смесителем и карбюратором на штурвале и дополнительном щитке в кабине (автомобиль ГАЗ-АА с установкой НАТИ Г-14):

1—манетка управления воздушным дросселем в смесителе; 2—манетка управления дросселем газовой смеси; 3—манетка управления воздушным дросселем карбюратора; 4—педаль акселератора; 5—манетка тяги дросселя смеси в карбюраторе; 6—манетка тяги заслонки вентилятора розжига; 7—выключатель вентилятора розжига

газовоздушной смеси. Манетку управления воздушным дросселем карбюратора и манетку дросселя перевода иногда выносят на дополнительный щиток с правой стороны арматурного щитка (рис. 123) или монтируют непосредственно на этом щитке (см. рис. 75).

На автомобиле ЗИС-13 манетка опережения зажигания и манетка подсоса воздуха в карбюраторе оставлены на месте, как и у бензиновой машины. К манетке дросселя смеси карбюратора присоединена тяга дросселя газовой смеси смесителя; тяга воздушного дросселя смесителя и дросселя смеси карбюратора соединены с манетками, смонтированными на рулевом кронштейне (рис. 124, стр. 146). Дроссель смеси карбюратора все время оттягивается пружиной и остается закрытым.

Управление всеми тягами и дросселями несложно. Перевод же двигателя с бензина на газ и обратно требует от водителя некоторых навыков и опыта.



Все элементы газогенераторной установки соединяют при помощи газопроводов диаметром от 40 до 100 мм, снабженных фланцами или соединительными муфтами. Практика эксплуатации автомобилей на лесовывозке показывает, что при жестком соединении газопроводов в них появляются трещины от неизбежных перекосов

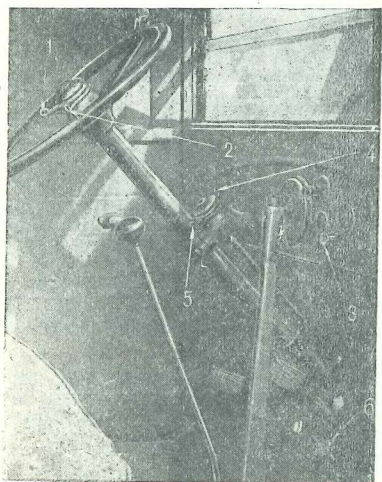


Рис. 124. Расположение манеток тяг управления смесителем и карбюратором на рулевом штурвале и рулевом кронштейне (автомобиль ЗИС-13):

1 — манетка управления опережения; 2 — манетка управления дросселем смеси смесителя; 3 — манетка управления воздушным дросселем карбюратора; 4 — манетка управления дросселем смеси карбюратора; 5 — манетка управления воздушным дросселем смесителя

машины и тряски. Поэтому жесткие соединения стали заменять гибкими — резино-асбестовыми шлангами, гибкими металлическими трубами или трубами с компенсаторами (рис. 89). Шланги из прорезиненной ткани устанавливают только в тех случаях, когда по соединяемым газопроводам идет холодный газ. На трубах шланги крепятся стяжными хомутами. Гибкие трубы из проволоки с асбестовыми уплотнениями являются хорошим соединением, но требуют внимательного наблюдения за состоянием асбеста, который от тряски разрушается, отчего возникают подсосы.

Для сокращения пути, проходимого газом из газогенератора в смеситель, уменьшения сопротивления движению газа и для компактности расположения элементов всей газогенераторной установки газопроводы необходимо делать возможно более короткими. Количество изгибов также должно быть уменьшено до минимума, и они должны быть плавными. Изгибы вниз в виде колен не допускаются, так как в них неизбежно будет накапливаться, а зимой замерзать конденсат, что приводит к прекращению подачи газа. Если такие колена все же имеются, их необходимо снабдить пробками или кранами для спуска конденсата, или специальными резервуарами-отстойниками с краном.

Во всех фланцевых соединениях установки для герметичности обязательно должны быть поставлены плотные прокладки. После монтажа установки соединения обязательно проверяют, чтобы убедиться в отсутствии подсосов.

### СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НА ТРАКТОРЕ

Размещение газогенераторной установки на тракторе подчиняется общим требованиям, изложенным в начале главы, но отдельные элементы располагаются иначе, чем на автомобиле. Отсутствие

свободных площадок на тракторе затрудняет размещение всех элементов газогенераторной установки в пределах габаритов трактора. Обычно за габариты трактора немного выходит очиститель-охладитель, располагаемый спереди радиатора трактора.

Газогенератор монтируют с левой стороны сиденья водителя на двух поперечных балках с изогнутыми концами для охвата газогенератора. Балки пропускают под сиденьем тракториста и закрепляют болтами на двух продольных швеллерах, смонтированных на крышке заднего моста. Концы этих швеллеров вы-

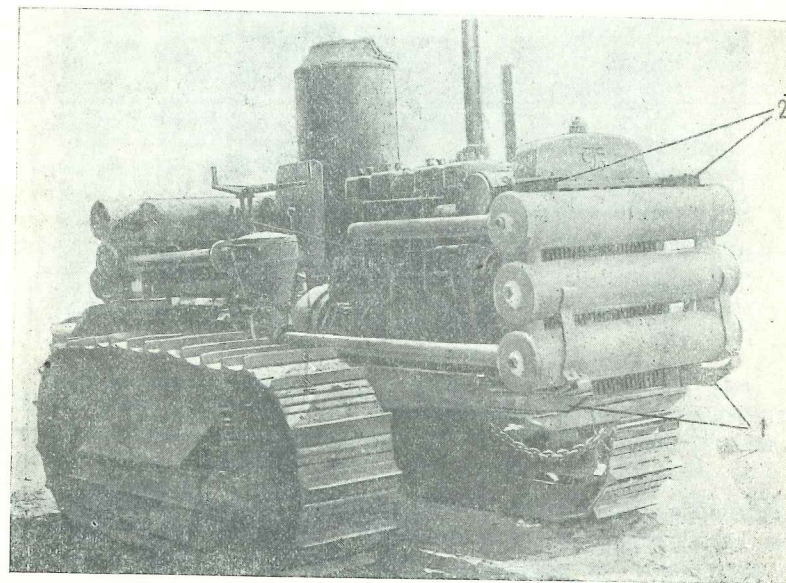


Рис. 125. Расположение батареи газоохладителя-очистителя частично за сиденьем тракториста и частично перед радиатором двигателя (трактор «Сталинец-60» с установкой Д-9)

ступают за сиденье тракториста. Дно зольника газогенератора располагается над левым крылом гусеницы примерно на 15—20 см.

При таком расположении газогенератора вся его поверхность соприкасается с воздухом, что совершенно необходимо, так как тракторы тихоходны. От сиденья тракториста газогенератор отделяется теплоизоляционным экраном.

Батареино-трубчатые охладители-очистители монтируют сзади сиденья тракториста или впереди радиатора (рис. 125). Реже батарею монтируют под сиденьем, которое в этом случае поднимается на высоту 40—50 см.

При монтаже впереди радиатора цилиндры батареи устанавливаются на двух швеллерах 1, привернутых болтами к концам рамы, и крепятся в верхней части скобами 2 к раме радиатора.



Когда батарейный охладитель заменяют радиаторным, его также монтируют перед основным радиатором (рис. 126).

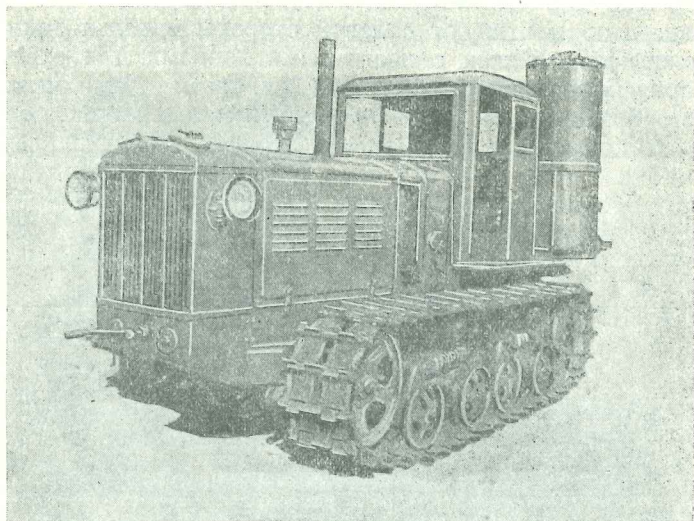


Рис. 126. Расположение газоохладителя перед радиатором двигателя (трактор «Сталинец-60» с установкой «Востан»)

Циклонные очистители устанавливают обычно непосредственно около газогенератора — спереди или справа от него. Иногда циклон помещают на правой стороне трактора рядом с маховиком (рис. 127).

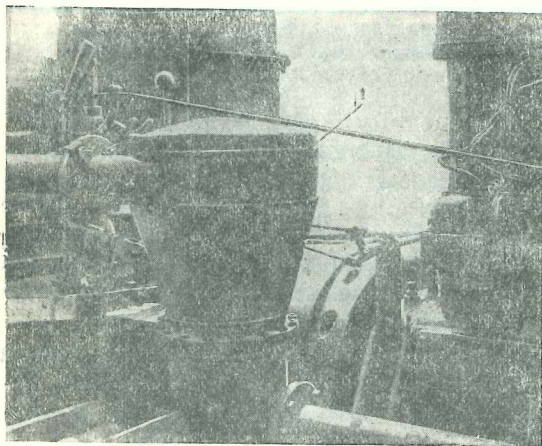


Рис. 127. Расположение циклонного очистителя на правой стороне трактора рядом с маховиком (трактор «Сталинец-60» с установкой Д-9)

Смеситель крепят к фланцу всасывающего коллектора, причем стандартный карбюратор сохраняется (рис. 128). Для питания карбюратора устанавливается небольшой бачок, а основной бак и прибор подачи топлива снимаются. Топливо поступает самотеком.

Управление карбюратором и смесителем осуществляется системой тяг (рис. 129), аналогичной рассмотренной в управлении эти-

ми же приборами в автомобиле. Имеющаяся на тракторе тяга от регулятора к дросселю смеси карбюратора сочленяется в дросселем газовой смеси смесителя.

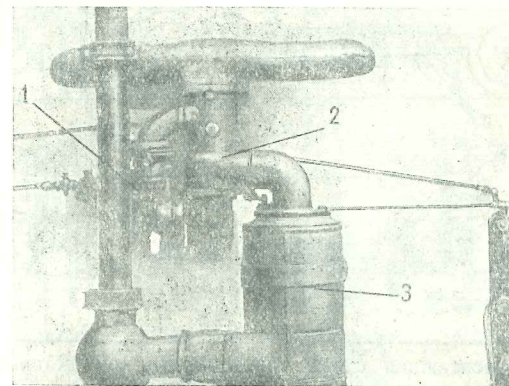


Рис. 128. Монтаж смесителя на фланце всасывающего коллектора (трактор «Сталинец-60» с установкой Д-9):  
1—карбюратор; 2—смеситель; 3—воздухоочиститель

Вторая тяга, управляющая воздушным дросселем смесителя, выводится на площадку управления к самостоятельному рычажку.

Третья тяга, идущая к дросселю перевода смесителя, сочлененному с дросселем карбюратора, также выводится на площадку управления к отдельному рычажку.

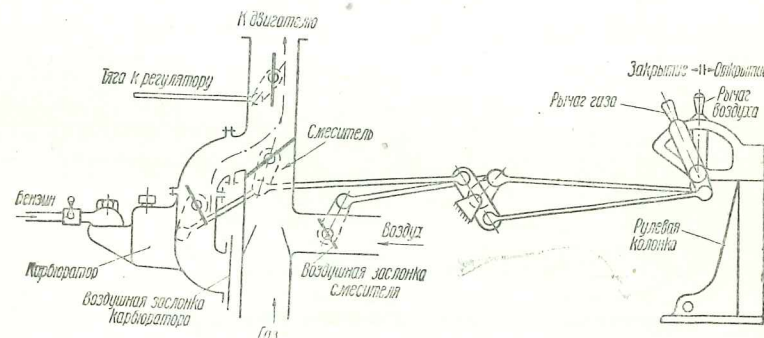


Рис. 129. Расположение тяг управления смесителем в установке Д-9 и в установке ЛС-1-3

Дроссель карбюратора связан с дросселем перевода смесителя: при открытии дросселя перевода закрывается дроссель карбюратора и наоборот. Воздушный дроссель смесителя регулируется самостоятельно. Воздух, поступающий в карбюратор, тягами не регулируется.

При монтаже газогенераторной установки на тракторе необходимо



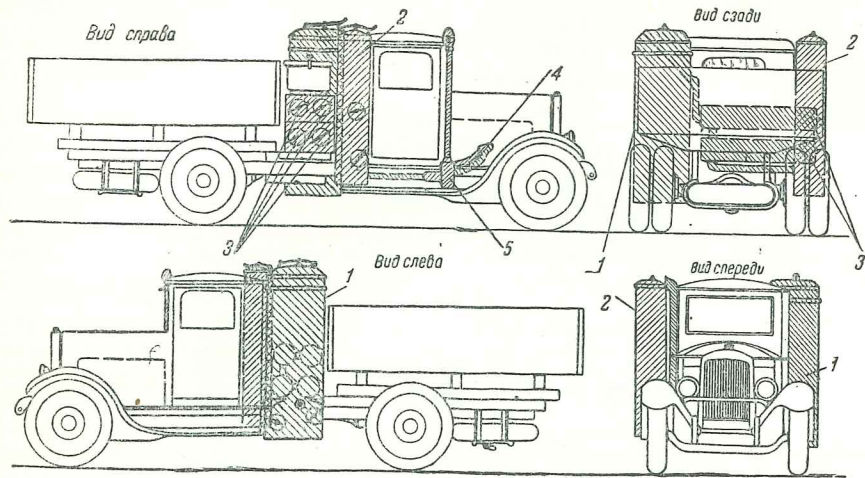


Рис. 130. Монтажная схема газогенераторной установки ЗИС на автомобиле ЗИС-13:

1—газогенератор; 2—токий очиститель; 3—грубые очистители; 4—смеситель; 5—вентилятор

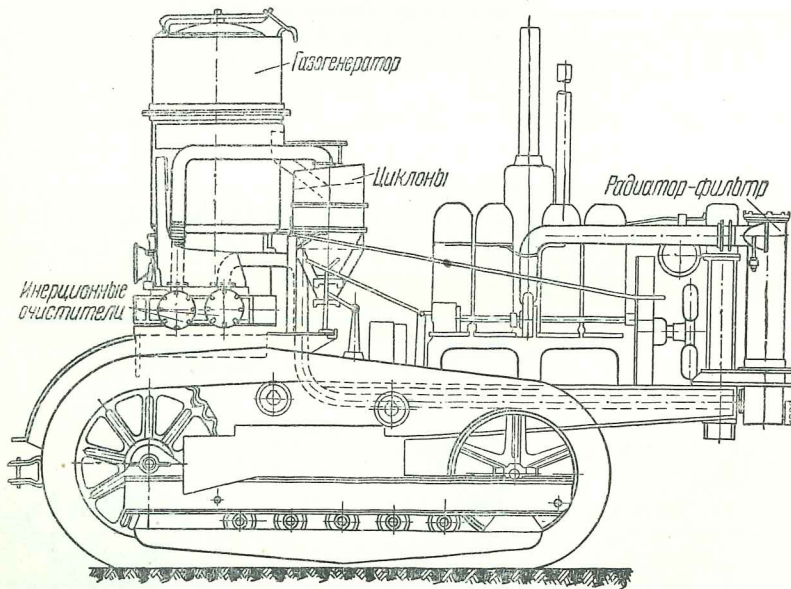


Рис. 131. Монтажная схема газогенераторной установки ЛС-1-3 на тракторе «Сталинец-60»

установить теплоизоляционные щиты, без которых условия работы тракториста ухудшаются.

Для иллюстрации расположения отдельных элементов автомобильно-тракторных газогенераторных установок на машинах приводятся монтажные схемы установок на автомобилях ЗИС-13 (рис. 130), ЗИС-21 (рис. 132) и установки ЛС-1-3 на тракторе «Сталинец-60» (рис. 131).

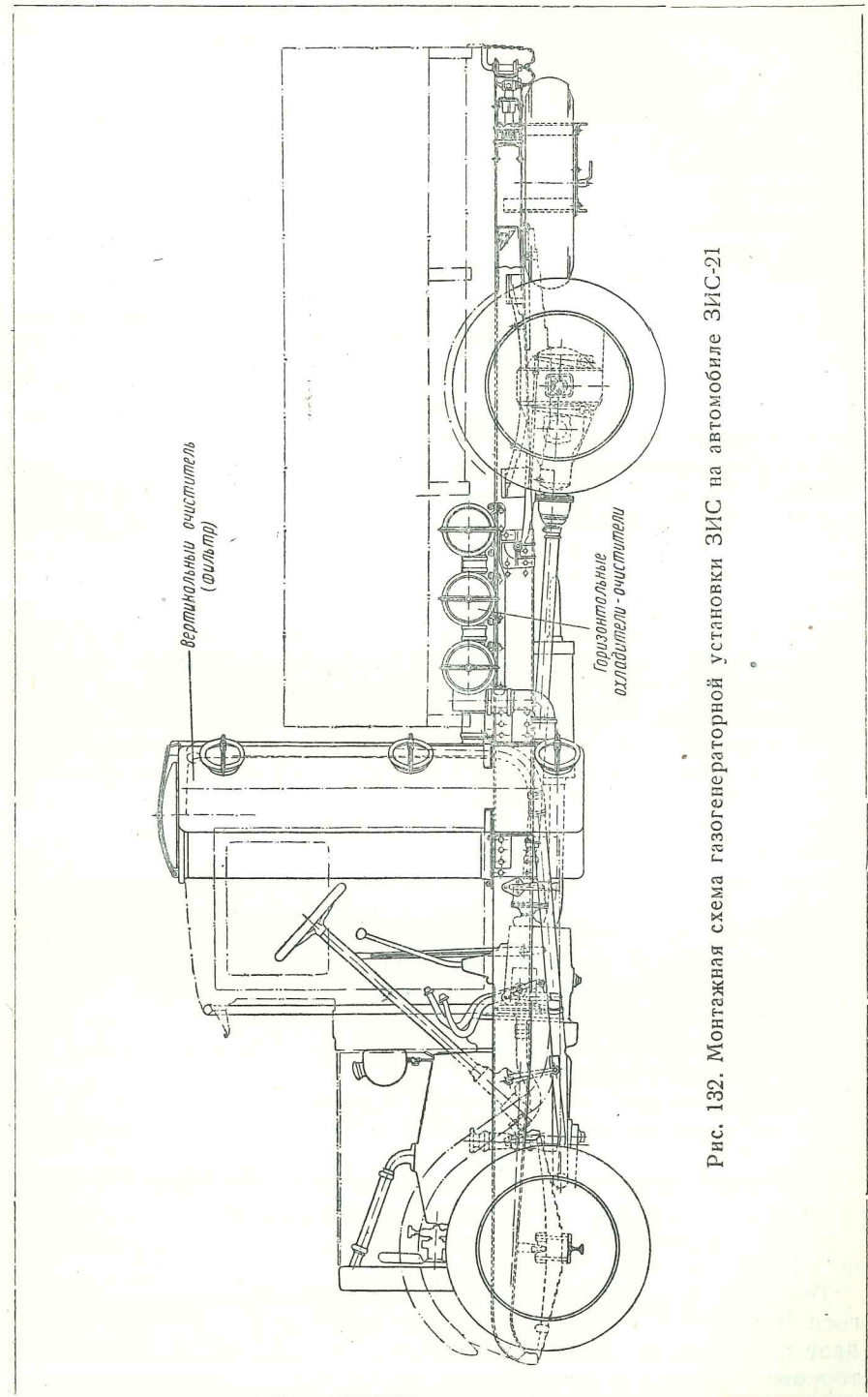


Рис. 132. Монтажная схема газогенераторной установки ЗИС на автомобиле ЗИС-21



## Глава VII

## ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

## МЕТОД РАСЧЕТА

Тепловой расчет газогенератора производится для определения расходов топлива и воздуха и установления теплового режима газификации.

Методы расчета стационарных газогенераторов прямого процесса газификации достаточно детально разработаны проф. Грум-Гржимайло и Доброхотовым. Однако они не применимы 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 количеством продуктов, полученных при сухой перегонке топлива.

В газогенераторах обратного процесса газификации продукты сухой перегонки проходят через активную зону, где часть из них, вступая в реакцию с кислородом воздуха, сгорает, а часть разлагается, образуя новые производные.

В современной литературе отсутствуют точные данные о горении и разложении продуктов сухой перегонки при обратном процессе газификации и поэтому при расчетах газогенераторов обратного процесса задаются характерным составом топлива и составом газа, полученного в генераторе соответствующей конструкции. Тогда, сравнивая количество соответствующих элементов топлива и генераторного газа, подсчитывают 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 подсчитывается выход и влагосодержание газа, получающегося из 1 кг рабочего топлива.

Тепловой баланс составляется на основе подсчета выделившегося и поглощенного в химических реакциях тепла. Этот баланс дает возможность определить температуру образующегося генераторного газа и коэффициент полезного действия газогенератора.

Обычно баланс определяется или на 100 кг-мол<sup>1</sup> генераторного газа или на 100 кг топлива. Оба метода совершенно равноценны, но рекомендуется применять первый, как дающий некоторые упрощения в арифметических подсчетах.

## МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

Наиболее характерный состав сухого газа<sup>2</sup>, полученного в различных транспортных газогенераторных установках, помещен в табл. 17.

Таблица 17

Газогенератор	Топливо	Объемный состав газа в %					
		CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
„Берлие“	Древесные чурки . . .	19,5	16,3	2,5	9,8	1,7	50,2
„Сагам“	То же . . . . .	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	„ . . . . .	15,4	12,2	2,6	9,5	4,2	56,1
ЗИС-13	„ . . . . .	21,0	16,0	1,0	9,0	—	53,0
ЛТА	Щепа . . . . .	19,4	17,2	1,5	9,0	—	52,9
ЦНИИВТ	Швырок . . . . .	16,5	15,3	1,9	13,2	0,4	52,7
„Панар“	Древесный уголь . . .	30,0	7,0	0,5	2,3	—	60,2
У-6	То же . . . . .	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. При нормальном процессе газификации в получающемся газе кислород содержится в самых незначительных количествах, измеряемых десятными долями процента. Кислород, попавший в большом количестве через неплотности в соединениях газогенераторной установки, из состава газа исключается. В том случае, если содержание кислорода в газе не больше 0,5%, исключать его не следует.

Процентное содержание воздуха, попавшего в газ через неплотности, определяется по формуле:

$$L = \frac{100}{21} \cdot O_2,$$

где  $O_2$  — процентное содержание кислорода в газе.

Для определения нормального состава генераторного газа, т. е.

<sup>1</sup> Одна килограмм-молекула вещества называется молекул. 1 моль вещества для всех совершенных газов при одинаковых давлениях и температурах занимает один и тот же объем, равный 22,4 м<sup>3</sup> при 0° Ц и 760 мм рт. ст.

<sup>2</sup> Сухим 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.



такого газа, в котором воздух отсутствует, процентное содержание компонентов газа перемножается на поправочный коэффициент:

$$K = \frac{100}{100 - L}$$

После введенной поправки состав сухого генераторного газа в процентах по объему будет таков:

Углекислоты . . . . .	CO <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Окси углерода . . . . .	CO <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Метана . . . . .	CH <sub>4</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Тяжелых углеводородов . . . . .	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Водорода . . . . .	H <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Азота . . . . .	N <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
В с е г о . . . . .	100%

Содержание основных элементов в компонентах 100 кг-мол генераторного газа определяется по формулам:

$$\text{для углерода } \Sigma C^r = (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_n H_m) \text{ кг-мол;}$$

$$\text{для водорода } \Sigma H^r_2 = (H_2 + 2CH_4 + 2C_n H_m) \text{ кг-мол;}$$

$$\text{для кислорода } \Sigma O_2^r = (CO_2 + 0,5 CO + O_2) \text{ кг-мол;}$$

$$\text{для азота } \Sigma N_2^r = N_2 \text{ кг-мол.}$$

В этих формулах 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 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Водорода . . . . .	H <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Кислорода . . . . .	O <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Азота . . . . .	N <sub>2</sub> <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Воды . . . . .	H <sub>2</sub> O <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Золы . . . . .	A <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
В с е г о . . . . .	100%

По правилу Дюлонга, считается, что весь кислород топлива связан с водородом, образуя воду, носящую название воды Дюлонга.

Применяя это правило для газогенераторов обратного процесса газификации, можно найти расчетный состав топлива в процентах по весу:

Углерода C . . . . .	C <sup>m</sup> / <sub>o</sub>
Водорода H <sub>2</sub> - $\frac{2}{16}$ O <sub>2</sub> . . . . .	H <sub>2</sub> <sup>m</sup> / <sub>o</sub>
Азота N <sub>2</sub> . . . . .	N <sub>2</sub> <sup>m</sup> / <sub>o</sub>
Воды H <sub>2</sub> O + $\frac{18}{16}$ O <sub>2</sub> . . . . .	H <sub>2</sub> O <sup>m</sup> / <sub>o</sub>
Золы A . . . . .	A <sup>m</sup> / <sub>o</sub>
В с е г о . . . . .	100%

### Баланс углерода

Практически установлено, что углерод топлива не полностью участвует в процессе газификации, так как часть его проваливается в зольник, а часть уносится 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 через C<sup>m</sup> обозначить потерю углерода, то количество углерода, перешедшего в газ, будет равно (C<sup>m</sup> - C<sub>n</sub><sup>m</sup>)% или  $\frac{C^m - C_n^m}{100}$  кг на 1 кг рабочего топлива.

Учитывая, что объем 1 кг-мол газа при нормальных условиях (т. е. при температуре 0° Ц и давлении 760 мм рт. ст.) равен 22,4 м<sup>3</sup> и что атомный вес углерода равен 12, получим следующее содержание углерода в 1 м<sup>3</sup> газа:

$$\frac{12}{100 \times 22,4} (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_n H_m) \text{ кг/м}^3.$$

Определив по этой формуле содержание углерода в 1 м<sup>3</sup> газа и зная количество углерода в одном килограмме топлива, выход генераторного газа из одного килограмма топлива можно получить, пользуясь выражением:

$$V_r = \frac{22,4 (C^m - C_n^m) 100}{12 \cdot 100 (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_n H_m)} \text{ м}^3/\text{кг},$$

или

$$V_r = \frac{C^m - C_n^m}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_n H_m)} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

При нормальных условиях 100 кг-мол газа занимают объем 22,4 × 100 м<sup>3</sup> и содержат 12 (CO<sub>2</sub> + CO + CH<sub>4</sub> + 2C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) кг углерода, поэтому для получения 100 кг-мол газа необходимо ввести в газогенератор:

$$G_m = \frac{12 (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_n H_m) \cdot 100}{C^m - C_n^m} \text{ кг рабочего топлива.}$$

### Баланс азота

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

$$\frac{G_m N_2^m}{28 \cdot 100} \text{ кг-мол азота.}$$



В 100 кг-мол газа содержится  $\Sigma N_2^r$  кг-мол азота; следовательно, на каждые 100 кг-мол газа из воздуха поступает:

$$N_2^b = \Sigma N_2^r \frac{G_m \cdot N_2^m}{28 \cdot 100} \text{ кг-мол азота.}$$

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:

$$L_{100} = \frac{100}{79} N_2^b \text{ кг-мол.}$$

Количество воздуха, идущего на газификацию 1 кг топлива, определится по формуле:

$$L_{1 \text{ кг}} = \frac{100}{79} \cdot \frac{N_2^b}{G_m} \text{ кг-мол.}$$

Принимая молекулярный вес воздуха равным 28,95, получим, что количество воздуха для газификации 1 кг топлива, выраженное в килограммах, будет:

$$L_{1 \text{ кг}} = 28,95 \times \frac{100}{79} \cdot \frac{N_2^b}{G_m} \text{ кг}$$

или

$$L_{1 \text{ кг}} = 36,65 \frac{N_2^b}{G_m} \text{ кг.}$$

В кубических метрах при 0° Ц и 760 мм рт. ст.

$$V_{1 \text{ кг}}^a = 22,4 \cdot \frac{100}{79} \cdot \frac{N_2^b}{G_m} \text{ м}^3 \text{ воздуха на 1 кг топлива}$$

или

$$V_{1 \text{ кг}}^b = 28,35 \frac{N_2^b}{G_m}.$$

#### Баланс кислорода

Находящийся в компонентах генераторного газа кислород складывается из кислорода воздуха  $O_2^b$ , кислорода разложившейся влаги топлива и воды Дюлонга  $O_2^{H_2O}$ .

В газе содержится кислорода:

$$\Sigma O_2^r = (CO_2 + 0,5 CO + O_2) \text{ кг-мол}$$

на 100 кг-мол газа.

Уравнение баланса выразится формулой:

$$\Sigma O_2^r = O_2^b + O_2^{H_2O}.$$

Количество кислорода, поступившего с воздухом:

$$O_2^b = \frac{21}{79} N_2^b \text{ кг-мол;}$$

следовательно, кислород, полученный за счет разложения влаги топлива и воды Дюлонга, определится из уравнения:

$$O_2^{H_2O} = (CO_2 + 0,5 CO + O_2) - \frac{21}{79} N_2^b \text{ кг-мол}$$

на 100 кг-мол газа.

#### Баланс водорода

Как было уже указано, содержание водорода в 100 кг-мол газа равно:

$$\Sigma H_2^r = (H_2 + 2 CH_4 + 2 C_n H_m) \text{ кг-мол.}$$

Водород частично получается из свободного водорода топлива  $H_2^m$ , а также из разложившейся влаги топлива, воздуха и воды Дюлонга.

Поэтому уравнение баланса выразится формулой:

$$\Sigma H_2^r = H_2^{\text{топ}} + H_2^{H_2O}.$$

В топливе, расходуемом на получение 100 кг-мол газа, свободного водорода содержится:

$$H_2^{\text{топ}} = \frac{H_2^m \cdot G_m}{2 \cdot 100} \text{ кг-мол.}$$

Количество водорода, образовавшегося за счет влажности воздуха, топлива и воды Дюлонга, определится из формулы:

$$H_2^{H_2O} = (H_2 + 2 CH_4 + 2 C_n H_m) - \frac{H_2^m \cdot G_m}{2 \cdot 100} \text{ кг-мол.}$$

Образование  $H_2^{H_2O}$  кг-мол водорода требует численно одинакового количества кг-мол воды, т. е.

$$H_2O = H_2^{H_2O} \text{ кг-мол.}$$

Для определения влагосодержания генераторного газа следует из общего количества воды, вводимой в газогенератор и состоящей из воды Дюлонга, влаги топлива и воздуха, вычесть количество влаги, разлагающейся в газогенераторе, т. е.  $H_2O$  кг-мол.

На каждые 100 кг-мол газа в газогенератор вводится воды:

а) с влагой топлива и водой Дюлонга:

$$W^m = \frac{(H_2O)^m \cdot G_m}{18 \cdot 100} \text{ кг-мол;}$$

б) с воздухом:

$$W^b = 22,4 L_{100} b \alpha \text{ кг,}$$



где:

- $b$ —количество воды в кг, находящейся в 1 м<sup>3</sup> насыщенного воздуха;
- $\alpha$ —степень насыщения для данных атмосферных условий.

Таким образом, общее количество влаги, поступающей в газогенератор, будет равно:

$$W = \frac{G_m(H_2O)^m}{100} + W^в \text{ кг.}$$

В связи с тем, что количество влаги, вносимой в генератор с воздухом, очень мало, значением  $W^в$  обычно в расчете пренебрегают.

Так как на образование водорода уходит Н<sub>2</sub>О кг-мол, то влаги в газе в виде пара будет содержаться:

$$W^{пар} = W - 18(H_2^{H_2O}) \text{ кг.}$$

При 0° Ц и 760 мм рт. ст. 100 кг-мол газа занимают объем в 100 × 22,4 м<sup>3</sup>, а  $W^{пар}$  кг пара или  $\frac{W^{пар}}{18}$  кг-мол пара будет соответственно занимать объем в 22,4  $\frac{W^{пар}}{18}$  м<sup>3</sup>.

Следовательно, весь объем влажного газа, полученного из  $G_m$  кг топлива, будет равен:

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

а влагосодержание 1 м<sup>3</sup> генераторного газа при этих условиях определится по формуле:

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

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.

Для проверки правильности проведенных в материальном балансе вычислений составляется сводная таблица на 100 кг-мол генераторного газа (табл. 18).

При правильно проведенных расчетах материального баланса должно соблюдаться равенство статей расхода и прихода:

$$C_{пр} = C_{расх}; H_{пр} = H_{расх}; O_{пр} = O_{расх};$$

$$N_{пр} = N_{расх}; A_{пр} = A_{расх};$$

Таблица 18

Статьи прихода и расхода	Углерод C в кг	Водород H <sub>2</sub> в кг	Кислород O <sub>2</sub> в кг	Азот N <sub>2</sub> в кг	Зола A в кг	Сумма в кг
<b>Приход</b>						
I. Рабочее топливо:						
а) топливо . . . . .	$\frac{G_m \cdot C\%}{100}$	$\frac{G_m \cdot H_2\%}{100}$	$\frac{G_m \cdot O_2\%}{100}$	$\frac{G_m \cdot N_2\%}{100}$	$\frac{G_m \cdot A\%}{100}$	$\frac{G_m}{100} \left\{ C\% + H_2\% + O_2\% + N_2\% + A\% \right\}$
б) влага топлива . . . . .	—	$2 \frac{G_m \cdot H_2O\%}{18}$	$\frac{16 \cdot G_m \cdot H_2CO\%}{18 \cdot 100}$	—	—	$\frac{G_m \cdot H_2CO\%}{100}$
II. Воздух . . . . .	—	—	$\frac{23,4}{28} \cdot N_2^в$	$28 \cdot N_2^в$	—	$36,65 \cdot N_2^в$
III. Влага воздуха . . . . .	—	$\frac{2}{18} \cdot W^в$	$\frac{16}{18} \cdot W^в$	—	—	$W^в = 22,4 \cdot L_{100} \cdot b \cdot \alpha$
Всего поступило в газогенератор в кг . . . . .	Спр	Нпр	Опр	Нпр	Апр	$\frac{G_m}{100} \left\{ C\% + H_2\% + O_2\% + N_2\% + A\% \right\} + \frac{100W^в}{G_m}$
Расход						
I. Генераторный газ . . . . .	12 ΣCг	$\frac{2 \Sigma H_2}{2W^{пар}}$	$\frac{32 \Sigma O_2}{16W^{пар}}$	$28 \Sigma N_2$	—	$12 \Sigma Cг + 2 \Sigma H_2 + \frac{G_m}{100} + \frac{100W^в}{G_m} + 28 \Sigma N_2$
II. Влага газа . . . . .	—	18	18	—	—	$W^{пар} \text{ кг}$
III. Потери на унос и провал в зольник . . . . .	$\frac{G_m \cdot C^m}{100}$	—	—	—	$\frac{G_m \cdot A\%}{100}$	$\frac{G_m}{100} (C^m + A\%) \text{ кг}$
Всего израсходовано в газогенераторе в кг . . . . .	Срасх	Нрасх	Орасх	Нрасх	Арасх	$12 \Sigma Cг + 2 \Sigma H_2 + 32 \Sigma O_2 + 28 \Sigma N_2 + W^{пар} + \frac{G_m}{100} (C^m + A\%)$

Примечание. C%, H<sub>2</sub>%, O<sub>2</sub>%, N<sub>2</sub>%, A% — процентное содержание элементов в рабочем топливе; G<sub>m</sub> — количество кг рабочего топлива, пошедшего на образование 100 кг-мол газа; ΣCг, ΣH<sub>2</sub>г, ΣO<sub>2</sub>г, ΣN<sub>2</sub>г — содержание элементов в генераторном газе, выраженное в кг-мол.



$$\frac{G_m}{100} \left\{ C^0\% + H_2^0\% + O_2^0\% + N_2^0\% + A^0\% + H_2O^0\% + \frac{36,65 \cdot 100 \cdot N_2^0}{G_m} + 100 W^0 \right\} = 2 \left\{ 6 \Sigma C^r + \Sigma H_2^r + 16 \Sigma O_2^r + 14 \Sigma N_2^r \right\} + W^{нар} + \frac{G_m}{100} (C_n^m + A^0\%).$$

Допустимая невязка в приводимом равенстве не должна превышать 1%.

### ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

При составлении теплового баланса необходимо знать, какое количество тепла поглощается или выделяется в процессе той или другой химической реакции.

В главе «Газификация топлива» при рассмотрении образования составляющих генераторного газа определены тепловые эффекты некоторых реакций. Ниже приводится подсчет количества тепла, выделяющегося при протекании двух реакций, происходящих при горении окиси углерода и при образовании СО как первичного продукта при горении углерода.

Метод подсчета основан на том, что тепловые эффекты правой и левой стороны химического равенства должны быть одинаковы.

1. Реакция горения окиси углерода:



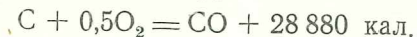
Теплотворная способность 1 моля окиси углерода, по данным табл. 12, равна 68 320 кал. Теплота горения углекислоты равна нулю, поэтому рассматриваемая реакция с учетом теплового эффекта примет вид:



2. Реакция образования окиси углерода (неполное горение углерода):



Теплотворная способность 1 кг-мол углерода равна 97 200 кал, а теплотворная способность 1 моля окиси углерода равна 68 320 кал, следовательно, эта реакция протекает с выделением  $97 200 - 68 320 = 28 880$  кал тепла по уравнению:



Располагая данными о теплоте реакций, протекающих в газогенераторе, можно 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 газифи-

кации  $K^0\%$  введенных водяных паров,  $\tau^0\%$  из них разлагаются по реакции  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$  и  $p^0\%$  — по реакции  $C + H_2O = CO + H_2$  (см. рис. 14). Это положение следует учитывать при подсчетах образующихся количеств углекислоты, окиси углерода и водорода.

В материальном балансе было установлено, что в 100 кг-мол генераторного газа содержится  $\Sigma H_2^r$  кг-мол водорода.

Из них  $H_2^{top}$  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  $C + H_2O = CO + H_2 - 28 690$  кал образуется  $n^0\%$  водорода.

Участвуют в реакции:

$$\text{углерода } C \dots \frac{n}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол;}$$

$$\text{воды } H_2O \dots \frac{n}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол.}$$

Образуется:

$$\text{окиси углерода } CO \dots \frac{n}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол;}$$

$$\text{водорода } H_2 \dots \frac{n}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол.}$$

Поглощается тепла:

$$28 690 \times \frac{n}{100} H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

2) по реакции  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 - 17 940$  кал образуется  $m^0\%$  водорода.

Участвуют в реакции:

$$\text{углерода } C \dots 0,5 \cdot \frac{m}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол;}$$

$$\text{воды } H_2O \dots \frac{m}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол.}$$

Образуется:

$$\text{углекислоты } CO_2 \dots 0,5 \cdot \frac{m}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол;}$$

$$\text{водорода } H_2 \dots \frac{m}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол.}$$

Поглощается тепла:

$$0,5 \cdot 17 940 \cdot \frac{m}{100} \cdot H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$



Всего при образовании водорода поглощается тепла:

$$Q_{H_2} = 28\,690 \cdot \frac{n}{100} H_2^{H_2O} + 0,5 \cdot 17\,940 \cdot \frac{m}{100} \cdot H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

#### Образование окиси углерода

Окись углерода образуется путем восстановления ее из углекислоты. 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 получается по реакции  $C + 0,5 O_2 = CO + 28\,880$  кал, частично же в количестве  $\frac{n}{100} H_2^{H_2O}$  кг-мол окись углерода образуется и по реакции  $C + H_2O = CO + H_2$ . С учетом этой реакции по основной реакции образуется  $CO - \frac{n}{100} H_2^{H_2O}$  кг-мол окиси углерода и при этом выделяется тепла:

$$Q_{CO} = 28\,880 (CO - \frac{n}{100} H_2^{H_2O}) \text{ кал.}$$

#### Образование углекислоты

Углекислота в основном образуется по реакции  $C + O_2 = CO_2 + 97\,200$  кал, но частично в количестве  $0,5 \frac{m}{100} H_2^{H_2O}$  кг-мол углекислота образуется и по реакции  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ .

Таким образом, по основной реакции получается

$$CO_2 - 0,5 \frac{m}{100} H_2^{H_2O} \text{ кг-мол углекислоты.}$$

При этом выделяется тепла:

$$Q_{CO_2} = 97\,200 (CO_2 - 0,5 \frac{m}{100} H_2^{H_2O}) \text{ кал.}$$

#### Образование метана

Как указывалось в теории газификации, метан образуется по ряду реакций, но для упрощения расчета обычно берут только одну:



Необходимый для образования метана водород получается по вышерассмотренным реакциям.

При образовании  $CH_4$  кг-мол метана выделяется тепла:

$$Q_{CH_4} = 21\,720 \cdot CH_4 \text{ кал.}$$

При составлении теплового баланса, кроме теплового эффекта

химических реакций, следует учитывать еще ряд других источников выделения и поглощения тепла.

Расход тепла на образование тяжелых углеводородов можно принять равным:

$$Q_{C_nH_m} = 2000 \cdot C_nH_m.$$

#### Поправка Менделеева на воду Дюлонга

Д. И. Менделеев установил, что при разложении топлива, содержащего клетчатку, на каждую килограммолекулу воды Дюлонга выделяется 18 400 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  $\frac{18 \cdot O_2}{16 \cdot 100}$  кг воды, где  $O_2$  — процентное содержание кислорода в рабочем топливе.

Общее количество воды Дюлонга в  $G_m$  кг рабочего топлива будет:

$$\frac{18 \cdot O_2}{16 \cdot 100} \cdot G_m = 0,01125 O_2 G_m \text{ кг,}$$

или

$$\frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} \cdot \frac{G_m}{18} = 0,000625 O_2 G_m \text{ молей.}$$

Количество тепла, выделяющегося при образовании воды Дюлонга, определится из выражения:

$$Q_D = \frac{18}{16} \cdot \frac{O_2}{100} \cdot \frac{G_m}{18} \cdot 18\,400 \text{ кал,}$$

или

$$Q_D = 11,5 G_m O_2 \text{ кал.}$$

#### Тепло, внесенное с воздухом, входящим в газогенератор

В общем балансе газогенератора тепло, внесенное с воздухом, составляет мало ощутимую величину и поэтому этим теплом обычно пренебрегают, за исключением случаев, когда производится специальный предварительный подогрев воздуха.

Тепло воздуха подсчитывается по формуле:

$$Q_v = C_p \cdot L_{100} \cdot t_v \text{ кал,}$$

где:

$C_p$  — молекулярная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, которая может быть определена по формуле:  $C_p = 6,98 + 0,000266 t_v$  \*;

$L_{100}$  — количество кг-мол воздуха, поступающего в газогенератор для получения 100 кг-мол генераторного газа.

\* По данным проф. Шюле, „Техническая термодинамика“.



Формула для определения  $L_{100}$  приведена при рассмотрении материального баланса;

$t_b$  — температура воздуха, поступающего в газогенератор в °Ц.

### Тепло, внесенное в газогенератор с паром

Если в газогенератор подается пар, как это практикуется в некоторых угольных конструкциях, то тепло, внесенное с паром, подсчитывается по формуле:

$$Q_{\text{пар}} = C_p^n \cdot G_n \cdot t_n \text{ кал,}$$

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 газогенератор пара в °Ц.

### Тепло, внесенное с топливом

Тепло, внесенное с топливом, представляет очень малую величину, но может быть подсчитано по формуле:

$$Q_{\text{топ}} = C_p^m \cdot G_m \cdot t_m \text{ кал,}$$

где:

$C_p^m$  — теплоемкость 1 кг рабочего топлива;

$G_m$  — количество топлива в кг, расходуемого на образование 100 кг-мол газа;

$t_m$  — температура топлива, загруженного в газогенератор.

### 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.

По данным Dieterici, теплота испарения 1 кг-мол воды равна 10710 кал (594,7 кал на 1 кг).

Следовательно, на испарение влаги требуется затратить:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 10710 \frac{W_{\text{пар}}}{18} \text{ кал.}$$

### Внешние потери тепла на лучеиспускание и конвекцию в окружающую среду

Часть теплоты газогенератора теряется путем конвекции, а часть лучеиспусканием.

\* По данным Holborg и Scheel.

### Потери на конвекцию

По закону Фурье, потери на конвекцию подсчитываются по формуле:

$$Q_x = K \cdot F (t - t_0) z \text{ кал,}$$

где:

$K$  — коэффициент потери на конвекцию в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур между нагретой поверхностью и окружающим воздухом в 1 °Ц;

$F$  — поверхность газогенератора или части ее, для которой ведется расчет, в м<sup>2</sup>;

$t$  — средняя температура этой поверхности в °Ц;

$t_0$  — температура окружающего воздуха в °Ц на таком расстоянии от газогенератора, где нет потери на конвекцию;

$z$  — число часов работы газогенератора, необходимое для образования 100 кг-мол генераторного газа.

Коэффициент потери на конвекцию в свою очередь определяется по формуле:

$$K = \alpha^4 \sqrt{t - t_0},$$

где:

$\alpha$  — коэффициент, учитывающий форму и размеры охлаждающей поверхности;

$t$  и  $t_0$  — соответственно температуры поверхности и окружающего воздуха в °Ц.

Ниже приводится составленная на основании опытов Дюлонга и Пти таблица зависимости коэффициента  $\alpha$  от рода и размеров поверхностей (табл. 19).

Таблица 19

Высота поверхности $H$ в м	Значение коэффициента $\alpha$	
	для цилиндрических вертикальных поверхностей	для плоских вертикальных поверхностей
1,0	2,43	2,20
1,1	2,38	2,18
1,2	2,34	2,16
1,3	2,31	2,14
1,4	2,28	2,12
1,5	2,26	2,10
1,6	2,24	2,08
1,7	2,22	2,06
1,8	2,20	2,05
1,9	2,18	2,04
2,0	2,16	2,03



Для плоских горизонтальных поверхностей (крышки и днища газогенератора) рекомендуется принимать  $\alpha = 1,75$ .

Ниже приводятся следующие ориентировочные данные о температурах различных частей газогенератора.

#### Дровяные газогенераторы

Крышка загрузочного люка при обогреве бункера отходящим газом . . . . .	70—120°
Крышка загрузочного люка, когда бункер не обогревается отходящим газом . . . . .	50°
Нижнее днище без изоляции . . . . .	280—350°
” ” с изоляцией асбестовым картоном . . . . .	180—200°
Боковая поверхность газогенератора с обогревом бункера:	
верхняя часть . . . . .	150°
средняя ” . . . . .	250°
нижняя ” . . . . .	360—400°
Боковая поверхность газогенератора при отсутствии обогрева бункера:	
верхняя часть . . . . .	40—60°
средняя ” . . . . .	180—200°
Шахта газогенератора (в зависимости от циркуляции подогреваемого воздуха) . . . . .	250—400°

#### Угольные газогенераторы

Крышка загрузочного люка . . . . .	70—100°
Бункер . . . . .	120—150°
Шахта (в зависимости от характера тока подаваемого воздуха) . . . . .	250—300°
Зольник и нижнее днище . . . . .	300—400°

#### Потери тепла на лучеиспускание

Согласно закону Стефана и Больцмана способность лучеиспускания черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры.

Этот закон применим и к телам с другой окраской.

В час 1 м<sup>2</sup> поверхности того или иного тела излучает:

$$C \cdot \left( \frac{T}{100} \right)^4 \text{ кал/м}^2 \text{ в час,}$$

где:

$C$ —коэффициент лучеиспускания, определяется по табл. 20, составленной проф. Кноблаух и Генки;

$T$ —абсолютная температура лучеиспускающей поверхности.

Следовательно, часть поверхности газогенератора площадью  $F$  м<sup>2</sup> за  $z$  часов (время образования 100 кг-мол газа) излучает:

$$Q_{\text{л}} = C \cdot F \cdot z \left( \frac{T}{100} \right)^4 \text{ кал.}$$

Коэффициент лучеиспускания  $C$  берется из табл. 20.

Таблица 20

Материал и род поверхности	Коэффициент лучеиспускания
Абсолютно черное тело . . . . .	4,96
Латунь полированная . . . . .	0,25
” прокатанная, необработанная . . . . .	0,34
Медь полированная . . . . .	0,20
Алюминий полированный . . . . .	0,26
” необработанный . . . . .	0,35
Алюминиевый лак . . . . .	1,98
Железо листовое никелированное . . . . .	0,29
” ” луженое блестящее . . . . .	0,28
” ” матовое . . . . .	0,41
” ” матовое, покрытое ржавчиной . . . . .	3,40
Сталь листовая с пленкой от прокатки . . . . .	3,26
Белая эмаль на железе . . . . .	4,45
Лаковые поверхности разной окраски . . . . .	4,46
Растительная земля (гумус) . . . . .	3,14
Глина . . . . .	1,85
Пахотная земля . . . . .	1,79

При выборе величины температуры боковой поверхности газогенератора следует учитывать, что наиболее сильное излучение тепла происходит в нижней части газогенератора и поэтому значение средней температуры боковой стенки газогенератора рекомендуется немного увеличивать.

Инж. Мезин дает формулу для определения тепловых потерь через лучеиспускание боковой поверхности газогенератора при условии, что изменение температуры наружной стенки газогенератора следует закону прямой. В этом случае:

$$Q_{\text{л}} = 20 \frac{F \cdot C \cdot z}{T_1 - T_0} \left\{ \left( \frac{T_1}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^5 \right\} \text{ кал,}$$

где  $T_1$  и  $T_0$  — температуры стенок в нижней и в верхней части газогенератора.

Обе вышеприведенные формулы справедливы лишь для тел, которые не окружены другими, способными отражать часть тепла.

Для определения тепловых потерь поверхностью газогенератора, обращенной к земле или кузову, следует применять формулу:

$$Q_{\text{л}} = \frac{F \cdot z \left\{ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right\}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3}},$$

где:

$T$  — абсолютная температура поверхности генератора;

$T_1$  — абсолютная температура кузова и земли;

$C_1$  — коэффициент лучеиспускания поверхности газогенератора;



$C_2$  — коэффициент лучеиспускания земли или кузова;  
 $C_3$  — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела.

Общая потеря тепла на лучеиспускание наружной поверхности газогенератора будет равна сумме потерь тепла отдельными его элементами.

Следует заметить, что на основании экспериментальных данных потери тепла на лучеиспускание и конвекцию в современных генераторах можно признать равными в среднем 10—15% от общего количества тепла топлива.

#### Тепло, идущее на нагрев продуктов газификации (физическая теплота газов и золы)

При рассмотрении материального баланса установлено, что в 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 из формулы:

$$Q_{\text{газа}} = \left( \text{CO} \cdot C_p^{\text{CO}} + \text{CO}_2 \cdot C_p^{\text{CO}_2} + \text{H}_2 \cdot C_p^{\text{H}_2} + \text{CH}_4 \cdot C_p^{\text{CH}_4} + C_n \text{H}_m \cdot C_p^{C_n H_m} + \text{N}_2 \cdot C_p^{\text{N}_2} + \frac{W_{\text{пар}}}{18} \cdot C_p^{\text{H}_2\text{O}} \right) t_{\text{газа}} \text{ кал,}$$

где:

CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, N<sub>2</sub> — составляющие генераторного газа в кг-мол;

$C_p^{\text{CO}}$ ,  $C_p^{\text{CO}_2}$ ,  $C_p^{\text{CH}_4}$ ,  $C_p^{C_n H_m}$  и  $C_p^{\text{H}_2\text{O}}$  — средние теплоемкости одного моля соответствующего газа при постоянном давлении и температуре  $t_{\text{газа}}$ ;

$t_{\text{газа}}$  — температура газа, выходящего из генератора.

Для определения средних теплоемкостей одного моля между 0° и  $t_{\text{газ}}^\circ$  при постоянном давлении можно пользоваться новейшими данными, полученными в Германском физико-техническом институте (табл. 21).

Чтобы получить значение  $C_p$  для 1 кг, достаточно данные табл. 21 разделить на молекулярный вес соответствующего газа. Определяя теплоемкость 1 м<sup>3</sup> газа, следует данные таблицы делить или на 22,41, или на 24, в зависимости от того, ведется ли расчет при 0° и 760 мм давления или при 1 ат и 10° Ц.

Теплоемкость метана в таблице не указана; для определения ее следует пользоваться формулой:

$$C_p^{\text{CH}_4} = 7,7 + 0,008 t,$$

Таблица 21.

Темп. $t$ в °Ц	$C_p^{\text{CO}}, C_p^{\text{CO}_2}, C_p^{\text{H}_2}, C_p^{\text{N}_2}$	$C_p^{\text{H}_2\text{O}}$	$C_p^{\text{CO}_2}$
0	} 6,98 + 0,000266 $t$	8,16	8,67
100		8,29	9,20
300		8,45	10,00
500		8,59	10,58
700		8,75	10,97
900		8,89	11,28
1000		9,00	11,43

Теплоемкость тяжелых углеводородов  $C_p^{C_n H_m}$  принимается равной теплоемкости этилена  $C_p^{C_2 H_4}$ , для которого согласно последним исследованиям Шюле молекулярная теплоемкость в зависимости от температуры колеблется от 11 до 12.

Расход тепла на нагревание золы и углерода, уносимого в виде мелочи или сажи, может быть определен по уравнению:

$$Q_{\text{зола}} = \frac{A^m}{100} \cdot G_m \cdot C_{\text{зол}} \cdot t + \frac{C_n^m}{100} \cdot G_m \cdot C_{\text{угл}} \cdot t \text{ кал,}$$

где:

$\frac{A^m}{100} G_m$  и  $\frac{C_n^m}{100} G_m$  — весовое содержание золы и потери углерода при образовании 100 кг-мол генераторного газа;

$C_{\text{зол}}$  и  $C_{\text{угл}}$  — соответствующие весовые теплоемкости золы и углерода;

$t$  — температура, до которой нагревается зола и углерод. Обычно для простоты ее принимают равной температуре выходящего из генератора газа.

После подсчета количества выделившегося и поглощенного тепла составляется сводная таблица теплового баланса.

#### Приход тепла

I. Количество тепла, выделившегося при образовании CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>:  
 по реакции  $C + O_2 = CO_2$

$$Q_{\text{CO}_2} = 97\,200 (\text{CO}_2 - 0,5 \frac{m}{100} \text{H}_2 \text{H}_2\text{O}) \text{ кал,}$$

по реакции  $C + 0,5 O_2 = CO$

$$Q_{\text{CO}} = 28\,880 (\text{CO} - \frac{n}{100} \text{H}_2 \text{H}_2\text{O}) \text{ кал,}$$



по реакции  $C + 2H_2 = CH_4$

$$Q_{CH_4} = 21\,720 \text{ кал.}$$

при образовании  $C_nH_m$

$$Q_{C_nH_m} = 2000 C_nH_m \text{ кал.}$$

II. Количество тепла, выделившегося при разложении клетчатки:

$$Q_D = 11,5 G_m O_2 \text{ кал.}$$

III. Количество тепла, внесенного в газогенератор с воздухом:

$$Q_{воз} = C_p \cdot L_{100} \cdot t_B \text{ кал.}$$

IV. Количество тепла, внесенного в газогенератор с паром:

$$Q_{пар} = C_p^n G_n t_n \text{ кал.}$$

V. Количество тепла, внесенного в газогенератор с топливом:

$$Q_{топ} = C_p^m G_m \cdot t \text{ кал.}$$

Общее количество тепла, выделившегося в газогенераторе:

$$Q_{пр} \text{ кал.}$$

Расход тепла

I. Количество тепла, поглощенного при образовании водорода:

$$Q_{H_2} = 28\,690 \frac{n}{100} H_2^{H_2O} + 0,5 \cdot 17\,940 \frac{m}{100} \cdot H_2^{H_2O} \text{ кал.}$$

II. Количество тепла, идущего на испарение влаги:

$$Q_{H_2O} = 10\,710 \frac{W^{пар}}{18} \text{ кал.}$$

III. Количество тепла, потерянного в окружающую среду (конвекция и лучеиспускание):

$$Q_{ок} = Q_{к} + Q_{л} \text{ кал.}$$

IV. Количество тепла, идущего на нагревание продуктов газификации:

$$Q_{газа} = (CO \cdot C_p^{CO} + CO_2 \cdot C_p^{CO_2} + H_2 \cdot C_p^{H_2} + CH_4 \cdot C_p^{CH_4} + C_nH_m \cdot C_p^{C_nH_m} + N_2 \cdot C_p^{N_2} + \frac{W^{пар}}{18} \cdot C_p^{H_2O}) t_{газа} \text{ кал.}$$

$$Q_{зола} = \frac{1}{100} \{A^m C_{зола} + C_n^m \cdot C_{угл}\} G_m \cdot t \text{ кал.}$$

Общее количество расходуемого в газогенераторе тепла

$$Q_{расх. \text{ кал.}}$$

При правильном расчете теплового баланса  $Q_{пр}$  должно равняться  $Q_{расх.}$

### КОЭФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Для оценки степени использования твердого топлива в газогенераторе и для характеристики качества конструкции газогенератора принято пользоваться коэффициентом полезного действия газогенератора. Этот коэффициент представляет отношение низшей теплотворной способности генераторного газа к низшей теплотворной способности топлива, из которого этот газ получен.

Коэффициент полезного действия газогенератора определяется по формуле:

$$\eta_r = \frac{H_r \cdot V_r}{H_m},$$

где:

$H_r$  — низшая теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> генераторного газа при 0°C и 760 мм ртутного столба.

Теплотворная способность генераторного газа определяется как сумма произведений из теплотворных способностей отдельных составляющих газа на процентное содержание их в газе. Она может быть подсчитана по формуле:

$$H_r = 30,50 \cdot CO + 25,70 H_2 + 85,10 CH_4 + 139,1 C_nH_m \text{ кал./м}^3.$$

Здесь CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> — составляющие генераторного газа в процентах;

$V_r$  — выход газа из 1 кг рабочего топлива в м<sup>3</sup> при нормальных условиях;  $V_r$  определяется по формуле, вывод которой дан при рассмотрении материального баланса:

$$V_r = \frac{C^m - C_n^m}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4 + 2C_nH_m)} \text{ м}^3/\text{кг},$$

$H_m$  — низшая теплотворная способность 1 кг топлива, вычисляется по формуле Менделеева для древесины:

$$H_m = 81C + 246H - 26O - 6W \text{ кал/кг.}$$

После подстановки в формулу к. п. д. газогенератора значений для  $H_r$ ,  $V_r$ ,  $H_m$  в окончательном виде получается:

$$\eta_r = \frac{(C^m - C_n^m) \cdot (30,50 CO + 25,70 H_2 + 85,10 CH_4 + 139,1 C_n H_m)}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4 + 2 C_n H_m) \cdot (81 C + 246 H - 26 O - 6 W)}$$

Численные значения к. п. д. для газогенераторов транспортного типа находятся в пределах 0,70—0,80.

Для оценки газогенераторного процесса можно также пользо-



ваться термохимическим коэффициентом полезного действия. Он представляет собой отношение количества теплоты, которое способен выделить газ —  $H_2$  к теплоте углерода  $H_{угл}$ , пошедшего на образование газа:

$$\eta_0 = \frac{H_r}{H_{угл}}$$

Так как

$$H_r = 30,50 CO + 25,70 H_2 + 85,10 CH_4 + 139,1 C_n H_m \text{ кал}$$

и

$$H_{угл} = \frac{12}{100 \cdot 22,4} (CO_2 + CO + CH_4 + 2 C_n H_m) 8100 \text{ кал,}$$

то

$$\eta_0 = \frac{30,50 CO + 25,70 H_2 + 85,10 CH_4 + 139,1 C_n H_m}{43,4 (CO_2 + CO + CH_4 + 2 C_n H_m)}$$

### ПРИМЕР ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ДРЕВЕСНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Состав генераторного газа по данным, полученным при испытании газогенераторов ЗИС и НАТИ Г-14, принимается следующий:

Углекислота . . . . .	11%
Окись углерода . . . . .	20,5%
Метан . . . . .	1%
Водород . . . . .	16,5%
Азот . . . . .	50,8%
Кислород . . . . .	0,2%
Всего . . . . .	100%

Состав древесного топлива берется по табл. 1 с пересчетом на абсолютную влажность в 20% (относительная влажность = 16,7%).

В 1 кг топлива с абсолютной влажностью в 20% содержится:

	в весовых процентах
Углерода . . . . .	40,8
Водорода . . . . .	5,0
Кислорода . . . . .	35,9
Азота . . . . .	1,2
Воды . . . . .	16,7
Зола . . . . .	0,4
Всего . . . . .	100%

Кислород из состава генераторного газа не исключается, так как его содержание в газе измеряется десятными долями процента. Содержание основных элементов в компонентах 100 кг-мол генераторного газа определяется из выражений:

Углерода  $\Sigma C^r = CO_2 + CO + CH_4 = 11 + 20,5 + 1 = 32,5$  кг-мол.

Водорода  $\Sigma H_2^r = H_2 + 2CH_4 = 16,5 + 2 = 18,5$  кг-мол.

Кислорода  $\Sigma O_2^r = CO_2 + 1/2 CO + O_2 = 11 + 10,25 + 0,2 = 21,45$  кг-мол.

Азота  $\Sigma N_2^r = N_2 = 50,8$  кг-мол.

Применяя правило Дюлонга, определяем расчетный состав топлива:

Углерод С . . . . .	$C^m = 40,8\%$
Водород $H_2 - 2/16 O_2$ . . . . .	$H_2^m = 0,5\%$
Азот $N_2$ . . . . .	$N_2^m = 1,2\%$
Вода $H_2O + 18/16 O_2$ . . . . .	$(H_2O)^m = 57,1\%$
Зола А . . . . .	$A^m = 0,4\%$
Всего . . . . .	100%

### Материальный баланс

#### Баланс углерода

Принимаем потерю углерода на провал и унос, равной 1% от веса рабочего топлива. Тогда из 1 кг рабочего топлива в газ перейдет:  $\frac{C^m - C_n^m}{100}$  кг углерода, что составит 0,398 кг углерода на

1 кг топлива. Содержание углерода в 1 м<sup>3</sup> газа будет равно:

$$\frac{12}{100 \cdot 22,4} \cdot (CO_2 + CO + CH_4) \text{ кг/м}^3 \text{ или } \frac{12}{100 \cdot 22,4} \cdot 32,5 = 0,174 \text{ кг/м}^3 \text{ газа.}$$

Выход газа из 1 кг рабочего топлива:

$$V_r = \frac{C^m - C_n^m}{0,536 (CO_2 + CO + CH_4)} = \frac{40,8 - 1}{0,536 \cdot 32,5} = 2,28 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Для получения 100 кг-мол газа потребуется топлива:

$$G_m = \frac{12 \cdot 100 \cdot \Sigma C^r}{C^m - C_n^m} = \frac{12 \cdot 100 \cdot 32,5}{39,8} = 980 \text{ кг.}$$

#### Баланс азота

При образовании 100 кг-мол газа в генератор вместе с топливом вводится азота:

$$\frac{G_m N_2^m}{28 \times 100} = \frac{980 \times 1,2}{28 \times 100} = 0,42 \text{ кг-мол.}$$

В 100 кг-мол газа содержится азота  $N_2^r = 50,8$  кг-мол.

Количество азота, поступившего из воздуха, будет:

$$N_2^b = 50,8 - 0,42 = 50,38 \text{ кг-мол.}$$

Количество воздуха, необходимое для получения 100 кг-мол газа, будет равно:

$$L_{100} = \frac{100}{79} \cdot N_2^b = \frac{100 \times 50,38}{79} = 63,8 \text{ кг-мол.}$$



Количество воздуха, расходуемого на газификацию 1 кг топлива, равно:

$$L_{1 \text{ кг}} = \frac{L_{100}}{G_m} = \frac{63,8}{980} = 0,0651 \text{ кг-мол,}$$

или в кубических метрах:

$$V_{1 \text{ кг}}^B = 22,4 \times L_{1 \text{ кг}} = 22,4 \times 0,0651 = 1,46 \text{ м}^3 \text{ на 1 кг рабочего топлива.}$$

#### Баланс кислорода

В 100 кг-мол газа кислорода содержится  $\Sigma O_2^r = 21,45$  кг-мол. Количество кислорода, поступившего с воздухом, равно:

$$O_2^B = \frac{21}{79} \cdot N_2^B = \frac{21 \times 50,38}{79} = 13,4 \text{ кг-мол.}$$

Количество кислорода, полученного за счет разложения влаги, определится из выражения:

$$O_2^{H_2O} = \Sigma O_2^r - O_2^B = 21,45 - 13,4 = 8,05 \text{ кг-мол.}$$

#### Баланс водорода

В 100 кг-мол газа водорода содержится  $\Sigma H_2^r = 18,5$  кг-мол. В топливе, расходуемом на образование 100 кг-мол газа, содержится водорода:

$$H_2^{\text{топ}} = \frac{H_2^m G_m}{2 \times 100} = \frac{0,5 \times 980}{200} = 2,45 \text{ кг-мол.}$$

Количество водорода, образовавшегося из разложившейся влаги, будет равно:

$$H_2^{H_2O} = \Sigma H_2^r - H_2^{\text{топ}} = 18,5 - 2,45 = 16,05 \text{ кг-мол.}$$

Для образования 16,05 кг-мол водорода потребуется такое же количество воды, т. е.  $H_2O = 16,05$  кг-мол.

При разложении 16,05 кг-мол воды образуется  $\frac{16,05}{2} = 8,025$  кг-мол кислорода.

В балансе кислорода указывалось, что за счет разложения воды получается 8,05 кг-мол кислорода. Расхождения в вычислениях составляют 0,025 кг-мол, или 0,31%, что можно признать вполне допустимым.

На каждые 100 кг-мол газа в генератор вводится влаги:

$$W^m = \frac{(H_2O)^m \cdot G_m}{18 \cdot 100} = \frac{57,1 \cdot 980}{18 \cdot 100} = 31,09 \text{ кг-мол}$$

или

$$W = 18 W^m = 559 \text{ кг.}$$

Влагой, внесенной в генератор с воздухом, пренебрегают.

Количество влаги, находящейся в газе в виде пара, определяется из уравнения:

$$W^{\text{пар}} = W - 18 (H_2^{H_2O}) = 559 - 18 \times 16,05 = 270 \text{ кг.}$$

Объем влажного газа, полученного из 980 кг топлива, будет:

$$V_r^{\text{вл}} = 22,4 \left( 100 + \frac{W^{\text{пар}}}{18} \right) = 22,4 \left( 100 + \frac{270}{18} \right) = 2576 \text{ м}^3,$$

а влагосодержание 1 м<sup>3</sup> генераторного газа:

$$\Delta = \frac{W^{\text{пар}}}{22,4 \left( 100 + \frac{W^{\text{пар}}}{18} \right)} = \frac{270}{2576} = 0,105 \text{ кг/м}^3.$$

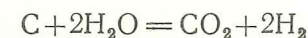
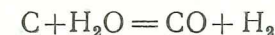
Для наглядности и проверки проведенных вычислений составляем сводную таблицу материального баланса на 100 кг-мол газа (табл. 22, стр. 176).

#### Тепловой баланс

##### Образование водорода

Из материального баланса известно, что общее количество влаги, проходящей через активную зону, равно  $W = 559$  кг, а количество влаги, перешедшей в пар, составляет  $W^{\text{пар}} = 270$  кг (см. баланс водорода). Следовательно, процент разложившейся влаги топлива будет равен  $\frac{(559 - 270) \times 100}{559} = 52\%$ .

По графику, составленному Хаслам и Гичкок (рис. 14), определяется процент влаги, разлагающейся по реакциям:



Процент неразложившейся влаги равен  $100 - 52 = 48$ .

По графику (рис. 14) общий объем образующегося водорода на единицу объема входящего пара составляет 0,52. Объем водорода, получающегося по первой реакции, равен 0,30 или  $\frac{0,30}{0,52} \times 100 = 58\%$  от общего количества образующегося водорода.

Объем водорода, получающегося по второй реакции, равен 0,22 или 42% от общего количества образующегося водорода.

В реакции  $C + H_2O = CO + H_2 - 28690$  кал участвуют:

углерода	$C = 0,58 H_2^{H_2O} = 0,58 \times 16,05 = 9,31$ кг-мол
воды	$H_2O = 0,58 H_2^{H_2O} = 0,58 \times 16,05 = 9,31$ „

образуется:

окси углерода	$CO = 0,58 H_2^{H_2O} = 0,58 \times 16,05 = 9,31$ „
водорода	$H_2 = 0,58 H_2^{H_2O} = 0,58 \times 16,05 = 9,31$ „







Поглощается тепла:

$$28\,690 \times 0,58 \times H_2^{H_2O} = 28\,690 \times 0,58 \times 16,05 = 267\,075 \text{ кал.}$$

В реакции  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 - 17940$  кал участвуют:

$$\text{углерода } C = 0,5 \cdot 0,42 \cdot H_2^{H_2O} = 0,5 \times 0,42 \times 16,05 = 3,37 \text{ кг-мол}$$

$$\text{воды } H_2O = 0,42 \cdot H_2^{H_2O} = 0,42 \times 16,05 = 6,74 \text{ кг-мол}$$

образуется:

$$\text{углекислоты } CO_2 = 0,5 \cdot 0,42 \cdot H_2^{H_2O} = 0,5 \times 0,42 \times 16,05 = 3,37 \text{ кг-мол}$$

$$\text{водорода } H_2 = 0,42 \cdot H_2^{H_2O} = 0,42 \times 16,05 = 6,74 \text{ кг-мол}$$

Поглощается тепла:

$$0,5 \times 17940 \times 0,42 \cdot H_2^{H_2O} = 0,5 \times 17940 \times 0,42 \times 16,05 = 60\,467 \text{ кал.}$$

Всего при образовании водорода поглощается тепла:

$$Q_{H_2} = 267\,075 + 60\,467 = 327\,542 \text{ кал.}$$

По реакциям первой и второй образуется:

$$H_2 \dots \dots \dots 9,31 + 6,74 = 16,05 \text{ кг-мол}$$

$$CO \dots \dots \dots 9,31 \text{ кг-мол}$$

$$CO_2 \dots \dots \dots 3,37 \text{ кг-мол}$$

#### Образование окиси углерода

Общее количество окиси углерода, содержащейся в газе, составляет 20,5 кг-мол; 9,31 кг-мол CO образуется при разложении воды.

Следовательно, по реакции  $C + 0,5 O_2 = CO + 28\,880$  кал получается  $20,5 - 9,31 = 11,19$  кг-мол.

При этом выделяется тепла:

$$Q_{CO} = 28\,880 \times 11,19 = 323\,167 \text{ кг-мол.}$$

#### Образование углекислоты

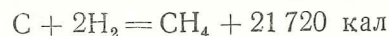
Общее количество углекислоты в 100 кг-мол газа равно 11 кг-мол, но 3,37 кг-мол  $CO_2$  образуется при разложении воды. Следовательно, по реакции  $C + O_2 = CO_2 + 97\,200$  кал получается  $11 - 3,37 = 7,63$  кг-мол.

При этом выделяется тепла:

$$Q_{CO_2} = 97\,200 \times 7,63 = 741\,636 \text{ кал.}$$

#### Образование метана

При образовании 1 кг-мол метана по реакции



выделяется тепла:  $Q_{CH_4} = 21\,720 \times 1 = 21\,720$  кал.

#### Поправка Менделеева на воду Дюлонга

Количество тепла, выделяющегося при образовании воды Дюлонга, подсчитывается по формуле:

$$Q_D = 11,5 \cdot G_m \cdot O_2 = 11,5 \times 980 \times 35,9 = 404\,593 \text{ кал.}$$

Тепло, внесенное с воздухом, входящим в генератор

Тепло воздуха подсчитывается по формуле:

$$Q_{воз} = (6,98 + 0,000266 t_B) \cdot L_{100} \cdot t_B,$$

где  $t_B$  — температура воздуха, поступающего в генератор. Для средних летних условий  $t_B = 20^\circ C$ . Величина  $L_{100}$  известна из материального баланса и равна 63,8 кг-мол.

Тогда  $Q_{воз} = 8913$  кал.

Тепло внесенное с топливом

Тепло топлива подсчитывается по формуле:

$$Q_{топ} = C_p^m G_m \cdot t_m,$$

где:

$C_p^m$  — теплоемкость 1 кг топлива. Для древесины значение теплоемкости может быть принято равным 0,6 (дуб = 0,57, сосна = 0,65);

$t_m$  — температура топлива. Для нашего примера  $t_m = 20^\circ C$ .

Тогда:

$$Q_{топ} = 0,6 \times 980 \times 20 = 11\,760 \text{ кал.}$$

Тепло, идущее на испарение влаги

На испарение влаги расходуется тепла:

$$Q_{H_2O} = 10710 \cdot \frac{W^{пар}}{18} = 10710 \cdot \frac{270}{18} = 160\,650 \text{ кал.}$$

Потери тепла на лучеиспускание и конвекцию в окружающую среду

Конвекционные потери генератора слагаются из конвекционных потерь днищем, крышкой и боковой поверхностью генератора.

Следовательно:

$$Q_k = Q_{дн.} + Q_{кр.} + Q_{бок. пов.}$$

или

$$Q_k = k_1 \cdot F_1 (t_1 - t_0) z + k_2 \cdot F_2 (t_2 - t_0) z + k_3 \cdot F_3 (t_3 - t_0) \text{ кал,}$$

где:

$k_1, k_2, k_3$  — коэффициенты потерь на конвекцию ( $k = \alpha \sqrt{t - t_0}$ );

$F_1$  — площадь днища или крышки генератора;

$F_2$  — боковая поверхность генератора;

$t_1, t_2, t_3$  — средняя температура различных поверхностей генератора;

$t_0$  — температура окружающего воздуха, равная  $20^\circ C$ ;

$z$  — число часов работы генератора, необходимое для газификации 980 кг топлива.

Высоту  $h_r = 1,9$  м и внешний диаметр газогенератора  $d_r = 0,6$  м берем из конструктивного расчета (см. стр. 207).



Для расчета принимаем среднее значение температуры боковой поверхности генератора  $t_3 = 300^\circ \text{Ц}$  (см. стр. 166).

Температура нижнего днища принимается равной  $t_1 = 300^\circ \text{Ц}$ , а верхнего днища и крышки  $t_2 = 70^\circ \text{Ц}$ . Значения коэффициента  $\alpha$  берутся из табл. 19. Для боковой поверхности  $\alpha = 2,18$ , а для днища и крышки  $\alpha = 1,75$ .

Тогда:

$$k_1 = 1,75 \sqrt[4]{300-20} = 7,16$$

$$k_2 = 1,75 \sqrt[4]{70-20} = 4,66$$

$$k_3 = 2,18 \sqrt[4]{300-20} = 8,92$$

$$\text{Площадь днища и крышки генератора } F_1 = \frac{\pi d_r^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,6^2}{4} = 0,283 \text{ м}^2.$$

$$\text{Боковая поверхность генератора } F_2 = \pi \cdot d_r \cdot h_r = 3,14 \times 0,6 \times 1,9 = 3,58 \text{ м}^2.$$

Средний часовой расход топлива для автомобиля ЗИС может быть принят равным 35 кг (при скорости движения машины в 35 км/час средний расход топлива составляет около 1 кг/км).

$$\text{Тогда } z = \frac{G_m}{35} = \frac{980}{35} = 28 \text{ часов.}$$

Конвекционные потери составят:

$$Q_k = 7,16 \times 0,283(300 - 20) \times 28 + 4,66 \times 0,283(70 - 20) \times 28 + 8,92 \times 3,58 \times (300 - 20) \times 28 = 268 \text{ 092 кал.}$$

Лучеиспускание поверхности, окруженной со всех сторон только воздухом, подсчитывается по формуле:

$$Q_{\text{л}} = C \cdot F \cdot z \left( \frac{T}{100} \right)^4 \text{ кал.}$$

В том случае, когда около нагретой поверхности расположена другая лучеиспускающая поверхность, подсчет следует вести по формуле:

$$Q_{\text{л}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3}} \cdot F \cdot z \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \text{ кал.}$$

где:

$C_1$  — коэффициент лучеиспускания рассматриваемой поверхности;

$C_2$  — коэффициент лучеиспускания окружающей поверхности;

$C_3$  — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;

$T$  — абсолютная температура рассматриваемой поверхности;

$T_1$  — абсолютная температура окружающей поверхности.

Для боковой поверхности газогенератора следует пользоваться формулами Мезина:

а) в том случае, когда поверхность газогенератора окружена воздухом:

$$Q_{\text{л}} = \frac{20 \cdot F \cdot C \cdot z}{T_{\text{н}} - T_{\text{в}}} \left\{ \left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^5 \right\} \text{ кал.}$$

б) в том случае, когда газогенератор окружен лучеиспускающей поверхностью:

$$Q_{\text{л}} = \frac{F \cdot z}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3}} \left[ \frac{20}{T_{\text{н}} - T_{\text{в}}} \left\{ \left( \frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^5 \right\} - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \text{ кал.}$$

где:

$T_{\text{н}}$  — абсолютная температура нижней части боковой поверхности газогенератора;

$T_{\text{в}}$  — абсолютная температура верхней части боковой поверхности газогенератора;

$T_1$  — абсолютная температура поверхности, окружающей газогенератор.

В рассматриваемом примере днище газогенератора всегда обращено к земле. Кроме того, можно считать, что половина боковой поверхности газогенератора окружена другими лучеиспускающими поверхностями (стены кабины, кузов, ящик для топлива).

По таблице 20 находим значения коэффициентов лучеиспускания. Для железных окрашенных поверхностей значение  $C$  колеблется от 3,4 до 4,46.

Принимаем среднюю величину  $C = 4$ .

Для просохшей земляной дороги значение  $C$  берем равным 1,85.

Тогда для верхнего днища и крышки:

$$Q_{\text{л}}^{\text{в. д.}} = 4 \times 0,283 \times 28 \left( \frac{343}{100} \right)^4 = 4387 \text{ кал.}$$

для нижнего днища

$$\begin{aligned} Q_{\text{л}}^{\text{н. д.}} &= \frac{F_{\text{н. д.}} \cdot z}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3}} \left[ \left( \frac{T_{\text{н. д.}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{земли}}}{100} \right)^4 \right] = \\ &= \frac{0,283 \cdot 28}{\frac{1}{4} + \frac{1}{1,85} - \frac{1}{4,96}} \left[ \left( \frac{573}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right] = 13 \text{ 476 кал.} \end{aligned}$$

Абсолютная температура земли и стен кабины принята равной абсолютной температуре воздуха ( $273 + 20$ ).

Для части боковой поверхности, воспринимающей лучеиспускание кабины и кузова:



$$Q_{\text{л}}^{\text{I бок}} = \frac{F}{2} \cdot \frac{z}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \left[ \frac{20}{T_{\text{H}} - T_{\text{B}}} \left\{ \left( \frac{T_{\text{H}}}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_{\text{B}}}{100} \right)^5 \right\} - \left( \frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= \frac{3,58}{2} \cdot \frac{28}{\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4,96}} \left[ \frac{20}{673 - 498} \left\{ \left( \frac{673}{100} \right)^5 - \left( \frac{498}{100} \right)^5 \right\} - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right] = 192\,264 \text{ кал.}$$

Температура нижней части газогенератора принята при этом  $400^\circ \text{C}$ , а верхней —  $225^\circ \text{C}$ .

Для части боковой поверхности газогенератора, окруженной воздухом:

$$Q_{\text{л}}^{\text{II бок}} = \frac{F}{2} \cdot \frac{20 \cdot C \cdot z}{(T_{\text{H}} - T_{\text{B}})} \left[ \left( \frac{T_{\text{H}}}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_{\text{B}}}{100} \right)^5 \right] =$$

$$= \frac{3,58}{2} \cdot \frac{20 \cdot 4 \cdot 28}{(673 - 498)} \left[ \left( \frac{673}{100} \right)^5 - \left( \frac{498}{100} \right)^5 \right] = 245\,958 \text{ кал.}$$

Суммарные потери от лучеиспускания составят:

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^{\text{в. д.}} + Q_{\text{л}}^{\text{н. д.}} + Q_{\text{л}}^{\text{I бок.}} + Q_{\text{л}}^{\text{II бок.}} =$$

$$= 4\,387 + 13\,476 + 192\,264 + 245\,958 = 456\,085 \text{ кал.}$$

Тепло, расходуемое на нагрев продуктов газификации

Теплосодержание генераторного газа определяется из уравнения:

$$Q_{\text{газа}} = \left( \text{CO} \cdot C_p^{\text{CO}} + \text{CO}_2 \cdot C_p^{\text{CO}_2} + \text{H}_2 \cdot C_p^{\text{H}_2} + \text{CH}_4 \cdot C_p^{\text{CH}_4} + \text{N}_2 \cdot C_p^{\text{N}_2} + \right.$$

$$\left. + \frac{W^{\text{пар}}}{18} \cdot C_p^{\text{H}_2\text{O}} \right) t_{\text{газ}} \text{ кал.}$$

Значения средних молекулярных теплоемкостей берутся из табл. 21, а значение составляющих генераторного газа даны в материальном балансе.

Обычно температура газа при выходе из генератора, имеющего полный подогрев бункера, находится в пределах  $300\text{--}400^\circ \text{C}$ . Для нашего случая ориентировочно принимаем ее равной  $350^\circ \text{C}$ .

Тогда:

$$C_p^{\text{CO}} = C_p^{\text{H}_2} = C_p^{\text{N}_2} = 6,98 + 0,000266 \times 350 = 7,073$$

$$C_p^{\text{H}_2\text{O}} = 8,48; C_p^{\text{CO}_2} = 10,14; C_p^{\text{CH}_4} = 7,7 + 0,008 \times 350 = 10,5.$$

Подставляем значения в уравнение:

$$Q_{\text{газ}} = \left( 20,5 \times 7,073 + 11 \times 10,14 + 16,5 \times 7,073 + 1 \times 10,5 + \right.$$

$$\left. + 50,8 \times 7,073 + \frac{270}{18} \times 8,48 \right) t_{\text{газ}}$$

или после подсчетов:

$$Q_{\text{газ}} = 870,2 \cdot t_{\text{газ}} \text{ кал.}$$

Теплосодержание золы и углерода, уносимого в виде мелочи и сажи, определяется по уравнению:

$$Q_{\text{зола}} = \frac{A^m}{100} \cdot G_m \cdot C_{\text{зол}} \cdot t_{\text{газ}} + \frac{C_n^m}{100} \cdot G_m \cdot C_{\text{уг}} \cdot t_{\text{газ}} \text{ кал.}$$

Значения  $A^m$  и  $C_n^m$  принимаем:

$$A^m = 0,4\%, C_n^m = 1\%.$$

Теплоемкость золы и угля одинаковы и равны:

$$C_{\text{зол}} = C_{\text{уг}} = 0,2 \text{ кал/кг.}$$

После подстановки получаем:

$$Q_{\text{зола}} = \frac{0,4}{100} \times 980 \times 0,2 t_{\text{газа}} + \frac{1}{100} \times 980 \times 0,2 t_{\text{газ}} = 2,74 \cdot t_{\text{газ}}.$$

Температура газа, выходящего из генератора, определяется из условия равенства статей расхода и прихода теплового баланса:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{CO}} + Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{CH}_4} + Q_{\text{топ}} + Q_{\text{воз}} + Q_{\text{д}};$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{H}_2} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{газа}} + Q_{\text{вола}}.$$

$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{расх}}$ , или после подстановки численных величин, определенных в тепловом балансе, получаем:

$$323167 + 741636 + 21720 + 11760 + 8913 + 404593 = 327542 +$$

$$+ 160650 + 268092 + 456085 + 870,2 t_{\text{газ}} + 2,74 t_{\text{газ}}.$$

Откуда

$$872,94 t_{\text{газ}} = 299\,420,$$

$$t_{\text{газ}} = \frac{299\,420}{872,94} = 343^\circ \text{C}.$$

Полученная температура генераторного газа находится в пределах, установленных практикой ( $300\text{--}400^\circ \text{C}$ ).

Расхождения между вычисленной температурой газа и ориентировочно принятой для определения молекулярных теплоемкостей составляющих газа незначительны. Поэтому можно считать, что числовые коэффициенты в значениях  $Q_{\text{газа}}$  и  $Q_{\text{вола}}$  первоначально были вычислены правильно.

Коэффициент полезного действия рассчитываемого газогенератора определяется по формуле:

$$\eta_{\text{г}} = \frac{H_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}}}{H_{\text{м}}},$$

где:

$$H_{\text{г}} = 30,50 \cdot \text{CO} + 25,70 \cdot \text{H}_2 + 85,10 \cdot \text{CH}_4;$$

$$V_{\text{г}} = 2,28 \text{ м}^3/\text{кг} \text{ (смотри баланс углерода);}$$

$$H_{\text{м}} = 81 \cdot \text{C} + 246 \cdot \text{H} - 26 \cdot \text{O} - 6 \text{ W} \text{ кал/кг,}$$



Значения  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{O}$ ,  $\text{W}$  берутся из материального баланса.

Подставляя цифровые данные, имеем:

$$H_r = 30,50 \times 20,5 + 25,70 \times 16,5 + 85,1 \times 1 = 1134,4 \text{ кал/м}^3;$$

$$H_m = 81 \times 40,8 + 246 \times 5,0 - 26 \times 35,9 - 6 \times 16,7 = 3501,2 \text{ кал/кг.}$$

Тогда:

$$\eta_r = \frac{1134,4 \times 2,28}{3501,2} = 0,738.$$

Коэффициент полезного действия газогенератора близок к практическим величинам и подтверждает реальность проведенного теплового расчета.

## Глава VIII

# ОСНОВЫ КОНСТРУКТИВНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Определение основных размеров элементов газогенераторной установки носит название конструктивного расчета. В конструктивный расчет газогенераторной установки входит: 1) расчет газогенератора с определением размеров бункера, топливника, зольника и газопровода, 2) расчет системы охлаждения и очистки генераторного газа и 3) расчет смесителя.

## РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

### Определение размеров бункера

Размеры бункера (рис. 133) определяются с таким расчетом, чтобы он обеспечивал непрерывную работу двигателя в течение 1,5—2 часов без загрузки топлива. Располагая данными, характеризующими двигатель, подсчитывают часовую расход смеси, отнесенный к  $0^\circ\text{C}$  и 760 мм рт. ст. по формуле:

$$V_{\text{см}} = 60 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot S \cdot \frac{i \cdot n}{2} \cdot \frac{273}{T_0} \cdot \frac{P_0}{760} \eta_v \text{ м}^3/\text{час},$$

где:

$d$  — диаметр цилиндра в метрах;

$S$  — ход поршня в метрах;

$i$  — число цилиндров;

$n$  — число оборотов двигателя в минуту;

$T_0$  — абсолютная температура окружающей атмосферы;

$P_0$  — давление окружающей атмосферы в мм рт. ст.;

$\eta_v$  — коэффициент подачи (коэффициент наполнения) двигателя при работе на генераторном газе для данных  $P_0$  и  $T_0$ ; обычно  $\eta_v$  принимается равным 0,7—0,8.

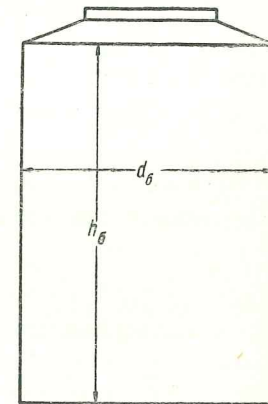


Рис. 133. Схема бункера

Газовоздушная рабочая смесь состоит из генераторного газа, водяных паров и воздуха. Если газифицируется влажное топливо и в системе охлаждения имеется конденсат, то водяные пары насы-



шают генераторный газ. При работе на сухом древесноугольном топливе и отсутствии конденсата в охладителях количество влаги в газе равно  $\frac{W_{\text{пар}}}{18}$  кг-мол на 100 кг-мол газа (см. материальный баланс). Объем водяных паров, поступающих в двигатель за час, определяется из выражения:

$$V_{\text{пар}} = \omega \cdot V_{\text{газ}} \text{ м}^3/\text{час.}$$

где:

$V_{\text{газ}}$  — объем сухого генераторного газа, засасываемого двигателем в час;

$\omega$  — коэффициент объемного содержания паров воды в генераторном газе.

Величина  $\omega$  подсчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{P_s}{P - P_s},$$

где:

$P$  — давление генераторного газа перед входом в смеситель, обычно равно 0,93 — 0,98 кг/см<sup>2</sup>;

$P_s$  — давление пара, насыщающего генераторный газ при температуре  $t_s$ ; величина  $P_s$  берется из табл. 23, составленной по Шюле.

Таблица 23

$t_s$	$P_s$ кг/см <sup>2</sup>	$t_s$	$P_s$ кг/см <sup>2</sup>	$t_s$	$P_s$ кг/см <sup>2</sup>	$t_s$	$P_s$ кг/см <sup>2</sup>
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 газозоудушной смеси, засасываемой двигателем в час, может быть подсчитано по формуле:

$$V_{\text{воз}} = \alpha \cdot L_0 \cdot V_{\text{газ}} \text{ м}^3/\text{час.}$$

где:

$\alpha$  — коэффициент избытка воздуха, обычно равный 1,1 — 1,2;

$L_0$  — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м<sup>3</sup> генераторного газа.

Для подсчета  $L_0$  служит формула:

$$L_0 = \frac{1}{21} \left[ 0,5 (\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 + 3 \cdot \text{C}_n \text{H}_m - \text{O}_2 \right] \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, O<sub>2</sub> — компоненты генераторного газа, выраженные в процентах.

Следовательно, объем смеси влажного генераторного газа и воздуха, засасываемого двигателем за час, будет равен:

$$V_{\text{см}} = V_{\text{газ}} + \omega V_{\text{газ}} + \alpha \cdot L_0 \cdot V_{\text{газ}} \text{ м}^3/\text{час.}$$

откуда:

$$V_{\text{газ}} = \frac{V_{\text{см}}}{1 + \alpha L_0 + \omega} \text{ м}^3/\text{час.}$$

В материальном балансе был подсчитан выход газа из 1 кг топлива, который равнялся:

$$V_r = \frac{C^m - C_n^m}{0,536 (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + 2 \text{C}_n \text{H}_m)} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$G_{\text{час}} = \frac{V_{\text{см}}}{(1 + \alpha L_0 + \omega) V_0} \text{ кг/час.}$$

Обозначая через  $Z$  время непрерывной работы двигателя на одной загрузке и через  $G$  — насыпной вес 1 м<sup>3</sup> топлива, можно определить объем бункера:

$$V_0 = \frac{Z \cdot G_{\text{час}}}{G} \text{ м}^3.$$

Значения  $G$  берутся по табл. 24, составленной инж. Мезиным.

Таблица 24

Род топлива и порода дерева	$G$ насыпной вес кг/м <sup>3</sup>	$W$ влажность в %	Прибли- тельные размеры в мм
<b>Древесные чурки</b>			
сосна . . . . .	220	} 12%	40×50×50
ель . . . . .	230		
береза . . . . .	270		
бук . . . . .	275		
дуб . . . . .	290		
<b>Древесный уголь</b>			
еловый . . . . .	131	} 6—8%	—
сосновый . . . . .	148		
березовый . . . . .	190		
<b>Торф</b>			
торф сухой . . . . .	300—350		
„ сырой . . . . .	400—500		

Большинство автотракторных газогенераторов делается цилиндрической формы и поэтому высота и диаметр бункера выбирается по формулам:

$$h_0 = 1,274 \frac{V_0}{d_0^2} \text{ м.}$$



$$d_0 = 1,129 \sqrt{\frac{V_0}{h_0}} \text{ м,}$$

где  $d_0$  и  $h_0$  — соответственно диаметр и высота бункера в метрах.

### Определение размеров топливника

На основе рассмотренной выше теории газификации Научно-исследовательским авто-тракторным институтом (НАТИ) был разработан следующий метод расчета топливника.

Площадь сечения топливника (рис. 134) 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  $1 \text{ м}^2$  площади сечения на уровне воздушных отверстий). Практически величина  $R$  для транспортных газогенераторов составляет для дров  $600$ — $1000 \text{ кг/м}^2$  в час и для древесного угля  $150$ — $250 \text{ кг/м}^2$  в час.

Величина жаронапряженности выбирается с таким расчетом, чтобы топливо беспрепятственно опускалось и чтобы в топливнике создавались высокие температуры, необходимые для сжигания и разложения смол (в случае работы на смолистых топливах). Более высокие 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 определяют из выражения:

$$d_m = 1,129 \sqrt{F} \text{ м.}$$

В зависимости от конструкции газогенератора топливники имеют цилиндрическую, коническую, или диаволообразную форму. При газификации угля топливник обычно имеет цилиндрическую форму, а при газификации древесины и торфа — более сложную конфигурацию, суживаясь к концу или в середине в целях создания условий для лучшего разложения продуктов сухой перегонки.

Высота топливника определяется следующим образом.

Скорость движения газов в топливнике на данной высоте его  $h$  определяется из выражения:

$$v = \frac{A+B}{\pi \cdot \mu} \left( \frac{\text{tg} \alpha}{\text{atg} \alpha - h} \right)^2 \text{ м/сек.},$$

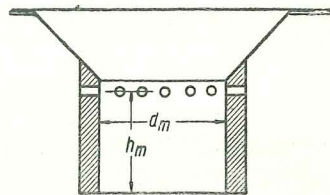


Рис. 134. Схема топливника

где:

$A$  и  $B$  — объемные количества газов, протекающих в секунду через сечение топливника на данной высоте  $h$  ( $A \text{ м}^3/\text{сек.}$  — объем газов, подлежащих восстановлению, а  $B \text{ м}^3/\text{сек.}$  — объем инертных газов);

$\alpha$  — угол наклона образующей топливника;

$a$  — радиус топливника в месте подачи воздуха, равный

$$\frac{d_m}{2} \text{ м;}$$

$h$  — высота сечения камеры в метрах в месте, для которого определяется скорость газов;

$\mu$  — коэффициент, показывающий, какая часть сечения топливника остается незаполненной топливом. Он подсчитывается по формуле:

$$\mu = 1 - \frac{G}{1000 \gamma},$$

где:

$\gamma$  — удельный вес топлива;

$G$  — насыпной вес  $1 \text{ м}^3$  топлива.

Значения  $G$  приведены в табл. 24.

Для практических подсчетов величина  $A+B$  достаточной точностью может быть определена как среднее арифметическое значение объемных количеств газов, протекающих через верхнее и нижнее сечения топливника.

Допустив, что вся окись углерода получается по реакции восстановления, можно определить, что объем углекислоты, содержащейся в газах в верхней части топливника, будет в два раза меньше объема окиси углерода, содержащейся в образовавшемся газе. Тогда объем газов, протекающих через верхнее сечение топливника, будет равен:

$$V^1 = V_{\text{газ}} \left( 1 - \frac{\text{CO}}{200} \right) \text{ м}^3/\text{час},$$

где:

$V_{\text{газ}}$  — часовой расход газа в  $\text{м}^3$ , равный расходу газа через нижнее сечение топливника;

$\text{CO}$  — процентное содержание окиси углерода в газе.

Среднее количество газов, протекающих через топливник в секунду, определяется из выражения:

$$(A+B)_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{газ}} + V^1}{2 \cdot 3600} \text{ м}^3/\text{сек.},$$

или

$$(A+B)_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{газ}} \left( 1 - \frac{\text{CO}}{400} \right)}{3600} \text{ м}^3/\text{сек.}$$



При расчете топливника сложной формы необходимо вычислить скорости движения газов в различных его сечениях.

Для упрощения расчета топливника можно допустить, что он имеет форму цилиндра с диаметром  $d_t$ .

Тогда средняя скорость движения газов в топливнике определится из выражения:

$$v_{cp} = \frac{(A+B)_{cp}}{\mu \cdot F} \text{ м/сек.},$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения топливника в  $\text{м}^2$ .

Как уже указывалось, время реакции восстановления углекислоты определяется из формулы:

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

где:

- $k_1$  — коэффициент скорости реакции (берется по табл. 13);
- $t$  — длительность реакции восстановления в секундах;
- $m$  — концентрация углекислоты в начале реакции восстановления;
- $x$  — концентрация окиси углерода, восстановленной за время  $t$ ;
- $C$  — свободный член.

Величину  $C$  находят подстановкой в формулу численных значений, соответствующих началу реакции.

Время, необходимое для восстановления углекислоты, имеющейся в генераторном газе, в окись углерода, можно найти, задавшись концентрацией окиси углерода.

Для определения времени восстановления  $\text{CO}_2$  может быть применена сокращенная формула:

$$t = \frac{1}{k_1} \ln \frac{a}{a-b},$$

где:

- $a$  — количество молей углекислоты, подлежащей восстановлению;
- $b$  — количество молей восстановленной углекислоты.

Обе формулы дают приблизительно одинаковые результаты.

Необходимое для образования достаточно высокого процента окиси углерода время, подсчитанное по приведенным формулам, составляет 0,6—1 секунду.

Зная скорость движения газов в топливнике и время, необходимое для восстановления углекислоты, можно определить высоту топливника из выражения:

$$h_m = v_{cp} t \text{ м.}$$

Вышеприведенный расчет высоты топливника дает вполне удовлетворительные результаты для газогенераторов с низкой напряженностью горения; в этом случае высота топливника обычно находится 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 и практически неосуществима.

Метод расчета газогенератора скоростного процесса газификации и в частности расчет топливника был предложен инж. Вознесенским<sup>1</sup>. По формуле инж. Вознесенского, если скорость движения газов в топливнике  $v_{cp}$  выше 0,6—0,7 м/сек., высота цилиндрической части топливника равна:

$$h_m = \frac{\delta \cdot n}{D \cdot b \cdot F (C_0 - C_1) t \cdot 10^4} \text{ м,}$$

где:

- $\delta$  — критическая толщина газовой пленки, равная 0,07 см;
- $D$  — коэффициент диффузии, равный 4,52 (для температуры 1100° C);
- $b$  — величина активной поверхности топлива в  $\text{м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  насыпного топлива. Чем мельче топливо, тем больше его активная поверхность и тем меньше будет высота топливника. Значение  $b$  приведены в табл. 25 (стр. 192). Для топлива среднего размера (5 см × 5 см × 6 см):

$$b = 69 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

- $F$  — площадь сечения топливника в  $\text{м}^2$ ;
- $C_0 - C_1$  — разность концентраций кислорода на границах газовой пленки, равная

$$\frac{6,02}{22,4 \times 5,04 \times 10^8} \text{ мол/см}^3;$$

- $t$  — время, необходимое для образования 100 кг-мол газа в секундах;

$$t = \frac{2240 \times 3600}{V_{\text{газ}}} \text{ сек. (} V_{\text{газ}} \text{ — расход газа в час);}$$

- $n$  — количество молей кислорода, необходимое для образования 100 кг-мол генераторного газа;  $n$  — определяется из формулы:

$$n = 0,21 L_{100}.$$

Величина  $L_{100}$ , обозначающая количество воздуха, необходимое для получения 100 кг-мол газа, берется из материального баланса.

<sup>1</sup> И. П. Вознесенский, Легкие газогенераторы, ГОНТИ, 1938.



Таблица 25

Топливо	Размеры кусков			Объемный (насыпной) вес в кг/м <sup>3</sup>	Удельный вес	Вес одной чурки в кг	Число чурок в 1 насыпном м <sup>3</sup>	Общая поверхность кусков топлива на насыпной м <sup>2</sup>
	см <sup>2</sup>	поверхность в м <sup>2</sup>	объем в м <sup>3</sup>					
Чурки твердого дерева $W_{абс} = 17\%$	5×6	0,0062	0,000030	285	0,61	0,0183	15 600	96,8
	5×20	0,0130	0,000100	290		0,0610	4 760	61,9
	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	
Чурки мягкого дерева $W_{абс} = 17\%$	8×6	0,0092	0,000048	210	0,50	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
Дрова дубовые	25×40	0,078	0,00100	572	0,76*	0,7600	753	58,7
	50×50	0,160	0,00250	570		1,9300	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

\* Данные относятся к влажности 30%.

Упрощенная формула для определения высоты топливника газогенератора скоростного процесса будет иметь следующий вид:

$$h_m = 42,1 \frac{n}{F \cdot t} \text{ м.}$$

Высота топливника, подсчитанная для газогенератора скоростного процесса газификации, лежит в пределах 120—150 мм. Кажется бы, это позволяет уменьшить размеры топливника, создавая более компактную установку. На самом же деле, в генераторах скоростного процесса газификации при малых нагрузках скорости газа в топливнике снижаются до 0,1—0,3 м/сек, при которых генератор работает, как обычно, с восстановительным слоем. Поэтому всякий транспортный газогенератор скоростного процесса газификации должен быть проверен на работу с восстановительным слоем при малых нагрузках. Высота топливника газогенератора скоростного процесса газификации обычно берется в пределах 300—200 мм.

#### Расчет воздушных отверстий (рис. 135)

Количество воздуха, необходимое для газификации 1 кг топлива, определяется по формуле, выведенной в материальном балансе:

$$V_{1 \text{ кг}}^в = 22,4 \cdot \frac{100}{79} \cdot \frac{N_2^в}{G_m} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Так как в газогенераторе в час газифицируется  $G_{\text{час}}$  кг топлива и поступающий в генератор воздух нагревается до температуры  $t_v$ , приведенный объем воздуха, всасываемый в топливник в час, будет:

$$V^в = V_{1 \text{ кг}}^в \cdot G_{\text{час}} \cdot \frac{273 + t_v}{273} \text{ м}^3/\text{час},$$

где:

$t_v$  — температура воздуха, входящего в топливник;

$G_{\text{час}}$  — определяется по формуле:

$$G_{\text{час}} = \frac{V_{\text{см}}}{(1 + \alpha L_0 + \omega) V_r} \text{ кг/час.}$$

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. Поэтому воздухоподводящие отверстия рассчитываются различно в зависимости от их формы.

Скорости воздуха, входящего в топливник, обычно берутся в пределах 12—60 м/сек., но в некоторых конструкциях они доходят до 90 м/сек.

Для газогенераторов с восстановительным слоем выбираются меньшие скорости воздуха, а для газогенераторов скоростного процесса газификации — большие. При малых скоростях подвода воздуха во время газификации древесины в середине топливника возможны низкие температуры, что неизбежно приводит к образованию газа, содержащего смолы.

Площадь сечения воздухоподводящих отверстий определяется по формуле:

$$F_v = 2,78 \frac{V^в}{v_v} \text{ см}^2,$$

где:

$F_v$  — площадь сечения воздухоподводящих отверстий в см<sup>2</sup>;

$V^в$  — расход воздуха на газификацию в м<sup>3</sup>/час;

$v_v$  — скорость воздуха, входящего в топливник в м/сек.

При периферийно-фурменном подводе воздуха диаметр одной фурмы определяется из выражения:

$$d_\phi = 2 \sqrt{\frac{F_v}{\pi \cdot n}} \text{ см.}$$

Число фурм  $n$  — определяется конструктивными соображениями. В топливниках, в которых газифицируется древесина, делают 8—12 фурм.

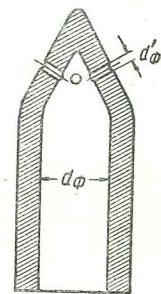
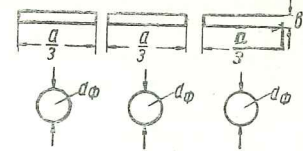


Рис. 135. Схема воздушных отверстий



При периферийно-щелевом подводе воздуха размеры воздушного отверстия могут быть определены по формуле:

$$F_v = a \cdot b \text{ см}^2,$$

где:

$a$  — ширина воздушной щели в см;  
 $b$  — высота воздушной щели в см.

При центрально-фурменном подводе воздуха расчет основного воздухоподводящего канала производится по формуле:

$$d_\phi = 1,129 \sqrt{F_v} \text{ см.}$$

Периферийные отверстия центральной фурмы рассчитываются по формуле расчета фурм периферийно-фурменного подвода воздуха.

#### Определение размеров зольника

Объем зольника рассчитывается с учетом чистки его один раз в сутки или в двое суток. В килограмме топлива содержится  $\frac{A^m}{100}$  кг золы, которая собирается в зольнике. Там же собирается некоторое количество угольной мелочи. Количество этих остатков в зольнике с 1 кг газифицируемого топлива определяется из выражения:

$$\frac{A^m}{100(1-y)} \text{ кг,}$$

где:

$A^m$  — процентное содержание золы в топливе;  
 $y$  — содержание углерода в 1 кг остатков.

Общее количество остатков, накапливающихся в зольнике за время  $t$ , определяется по формуле:

$$\frac{A^m \cdot G_{\text{час}} \cdot t}{(1-y) \cdot \gamma_0 \cdot 10^5} \text{ м}^3,$$

где:

$G_{\text{час}}$  — часовой расход топлива в кг;  
 $t$  — время между чистками зольника в часах;  
 $\gamma_0$  — удельный вес остатков.

Удельный вес остатков подсчитывается по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{1}{y \left( \frac{1}{\gamma_y} - \frac{1}{\gamma_s} \right) + \frac{1}{\gamma_s}},$$

где:

$\gamma_y$  — удельный вес угольной пыли, обычно принимаемый равным 1,5;  
 $\gamma_s$  — удельный вес золы, равный 0,3.

Содержание углерода в 1 кг остатков принимается равным для дров 0,17 кг; для древесного угля 0,20 кг, для каменного угля 0,20—0,30 кг, для торфяного кокса 0,4 кг.

Объем зольника выбирается с запасом в 30—60% и определяется по формуле:

$$V_{\text{зол.}} = \frac{1,3 A^m G_{\text{час}} t}{(1-y) \gamma_0 \cdot 10^5} \text{ м}^3.$$

Зная объем зольника и принимая его диаметр равным диаметру бункера газогенератора, можно найти 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—400° Ц, при которой протекает реакция распада окиси углерода.

#### Определение размеров газопровода

Размеры газопроводов выбираются с таким расчетом, чтобы торможение в них проходящего газового потока было минимальным. Через любой участок газогенераторной установки в час проходит следующий объем газа:

$$V'_{\text{газ}} = V_{\text{газ}} \frac{273+t}{273} \text{ м}^3/\text{час,}$$

где:

$V_{\text{газ}}$  — часовой расход газа при температуре 0° Ц и 760 мм рт. столба;  
 $V'_{\text{газ}}$  — действительный часовой расход газа, проходящего по выбранному участку газопровода, при температуре  $t$ ° Ц.

Ввиду того, что изменение давления представляет незначительную величину, поправка на него не вводится.

Для простоты изготовления и монтажа газопроводы делаются круглого сечения. Диаметр газопровода определяется по формуле:

$$d_{\text{г. п.}} = 0,114 \sqrt{\frac{(273+t) V_{\text{газ}}}{v_{\text{г}}}} \text{ см;}$$

где  $v_{\text{г}}$  — скорость газа в м/сек.

Для уменьшения сопротивления движению газа следует выбирать меньшие значения  $v_{\text{г}}$ , но в этом случае получаются большие диаметры газопроводов.

Практикой установлено, что наиболее приемлемой скоростью газа в газопроводе, не дающей больших потерь на всасывание, будет 10—15 м/сек.



## РАСЧЕТ ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ

Температура газа, выходящего из топливника, достигает нескольких сот градусов. Как уже указывалось, в интервале температур от 400 до 700° Ц протекают реакции распада окиси углерода. Поэтому генераторный газ должен быстро охлаждаться до 400—350° Ц. Это иногда осуществляется в самом газогенераторе, для чего газ пропускают между стенками бункера и наружного кожуха. В этом случае газ частично подогревает топливо, а частично отдает тепло окружающему воздуху.

Подача горячего генераторного газа в двигатель приводит к понижению его мощности из-за уменьшения удельного веса газа и увеличенного влагосодержания. Возможность же интенсивно охладить газ лимитируется допустимыми размерами охладителей и температурой окружающего воздуха. Обычно принимается, что температура, до которой практически можно охладить генераторный газ, бывает на 15—30° Ц выше температуры окружающего воздуха.

Количество газа, проходящего в час через холодильник, равно:

$$\frac{V_r \cdot G_{\text{час}}}{22,4} \text{ кг-мол,}$$

где:

$V_r$  — выход газа из 1 кг топлива в м<sup>3</sup>;

$G_{\text{час}}$  — часовой расход топлива в кг.

Количество тепла, которое отнимается от газа в час при его охлаждении с температуры  $t_1$  до  $t_2$ , определяется из уравнения:

$$Q_{\text{охл}} = (\text{CO} \cdot C_p^{\text{CO}} + \text{CO}_2 \cdot C_p^{\text{CO}_2} + \text{H}_2 \cdot C_p^{\text{H}_2} + \text{CH}_4 \cdot C_p^{\text{CH}_4} + C_n \text{H}_m \cdot C_p^{\text{C}_n \text{H}_m} + \\ + \text{N}_2 \cdot C_p^{\text{N}_2} + \frac{W_{\text{пар}}}{18} \cdot C_p^{\text{H}_2\text{O}}) \cdot (t_1 - t_2) + (W_{\text{пар}} - W_{t_2}^{\text{пар}}) \left[ 600 - t_2 + \right. \\ \left. + \frac{C_p^{\text{H}_2\text{O}}}{18} (t_1 - 100) \right] \text{ кал,}$$

где:

CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub> H<sub>m</sub>, N<sub>2</sub> — компоненты генераторного газа в кг-мол. Они могут быть легко подсчитаны, если известен состав газа и его количество в кг-мол. в час;

$C_p^{\text{CO}}$ ,  $C_p^{\text{CO}_2}$ ,  $C_p^{\text{H}_2}$ ,  $C_p^{\text{CH}_4}$ ,  $C_p^{\text{N}_2}$ ,  $C_p^{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $C_p^{\text{C}_n \text{H}_m}$  — средние молекулярные теплоемкости соответствующих компонентов в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Значения средних молекулярных теплоемкостей даны в табл. 21;

$W_{\text{пар}}$  — количество кг влаги, содержащейся в  $\frac{V_r \cdot G_{\text{час}}}{22,4}$  кг-мол

генераторного газа при выходе из газогенератора (см. материальный баланс);

$W_{t_2}^{\text{пар}}$  — количество кг влаги, насыщающей  $V_r \cdot G_{\text{час}}$  м<sup>3</sup> генераторного газа при температуре  $t_2$ .

Для предварительных подсчетов количества тепла, теряемого газом в час, можно пользоваться формулой:

$$Q_{\text{охл}} = V_r \cdot G_{\text{час}} \cdot C_p (t_1 - t_2) \text{ кал,}$$

где:

$V_r \cdot G_{\text{час}}$  — часовой расход газа в м<sup>3</sup>;

$C_p$  — средняя теплоемкость 1 м<sup>3</sup> газа; для предварительных подсчетов  $C_p$  принимается равной 0,32 кал/м<sup>3</sup>.

Поверхность охладителя подсчитывается по формуле:

$$F = \frac{Q_{\text{охл}}}{K \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_1^B + t_2^B}{2} \right)} \text{ м}^2,$$

где:

$t_1$  и  $t_2$  — начальная и конечная температуры газа, проходящего охладитель;

$t_1^B$  и  $t_2^B$  — температура воздуха до прохода охладителя и после прохода; ввиду незначительной разности этих температур, их считают равными;

$K$  — общий коэффициент теплопередачи от газа воздуху в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц.

Для определения  $K$  служит формула:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2 + \alpha_3} + \frac{\delta}{\lambda}},$$

где:

$\alpha_1$  — коэффициент теплопередачи путем конвекции и теплопроводности от газа к стенке охладителя, разделяющей газ от воздуха, в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц;

$\alpha_2$  — коэффициент теплопередачи путем конвекции и теплопроводности от стенки охладителя воздуху в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц;

$\alpha_3$  — коэффициент теплопередачи лучеиспусканием от охладителя в окружающую среду в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц;

$\delta$  — толщина стенки охладителя в м;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности стенки в кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц.

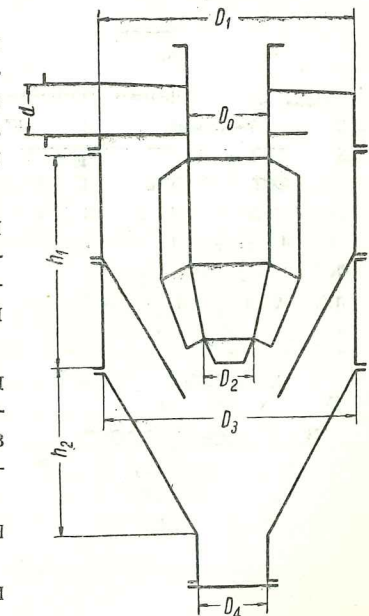


Рис. 136. Схема циклона



Коэффициенты теплопередачи от газа к стенке и от стенки к воздуху могут определяться по формулам<sup>1</sup>:

$$\alpha_1 = 2 + 10 \sqrt{V_{\Gamma}};$$

$$\alpha_2 = 2 + 10 \sqrt{V_{\text{в}}};$$

$$\alpha_3 = C \frac{\left\{ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right\}}{t_1 - t_2},$$

где:

$V_{\Gamma}$  — скорость движения газа в охладителе в м/сек.;

$V_{\text{в}}$  — скорость движения охлаждающего воздуха в м/сек.;

$C$  — постоянная лучеиспускания охладителя ( $C=4$  кал/м<sup>2</sup> час при разности температур в 1° Ц);

$t_1$  — температура наружной стенки охладителя;

$t_2$  — температура предметов, окружающих охладитель;

$t_{\text{в}}$  — температура воздуха;

$T_1$  — абсолютная температура наружной стенки охладителя, равная  $273 + t_1$ ;

$T_2$  — абсолютная температура предметов, окружающих охладитель, равная  $273 + t_2$ .

Для отдельных материалов коэффициент теплопроводности составляет:

для железа . . . . .	40—60
„ красной меди . . . . .	260—340
„ латуни . . . . .	70—90
„ летучей золы . . . . .	0,06
„ сажки . . . . .	0,03
„ масла . . . . .	0,1
„ воды . . . . .	0,5—0,6

При определении размеров охладителя следует вести расчет по частям, так как коэффициент теплопередачи зависит от типа, формы охладителя и от скорости и температуры газа.

Расчет газоочистительных устройств не приводится ввиду отсутствия исследований в этой области.

Проф. Карпов предлагает следующие размеры матерчатых фильтров:

Для машин с двигателем мощностью до 40 л. с. Поверхность фильтра 0,7—1,0 м<sup>2</sup>  
 „ „ „ „ „ 70 „ „ „ „ „ 1,8—2,0 „  
 „ „ „ „ „ 100—200 „ „ „ „ „ около 3,0 „

Упрощенный расчет циклонных очистителей (рис. 136, стр. 197) производится следующим образом.

Задаваясь скоростью выходящего из циклона газа в пределах до 1 м/сек., определяют сечение выходного газового патрубка  $D_0$ . Остальные размеры циклонного очистителя выбираются по ниже приведенным эмпирическим формулам:

$$d = 0,5 D_0$$

$$D_1 = (2-2,5) D_0$$

$$D_2 = (0,8-0,9) D_0$$

<sup>1</sup> Более точное определение  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  может быть проведено по формулам Нуссельта и Гребера. См. Hütte, т. I, Передача теплоты.

$$D_3 = (1,8-2) D_0$$

$$D_4 = (0,25-0,4) D_0$$

$$h_1 = (1,5-1,6) D_0$$

$$h_2 = (2-2,5) D_0.$$

## РАСЧЕТ СМЕСИТЕЛЯ

Отношение объемов воздуха и газа, поступающих в смеситель в секунду, подсчитывается по формуле:

$$K = \frac{F_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}}{F_{\Gamma} \cdot v_{\Gamma}},$$

где:

$F_{\text{в}}$  — площадь сечения воздушного канала в м<sup>2</sup>;

$F_{\Gamma}$  — площадь сечения газового канала в м<sup>2</sup>;

$v_{\text{в}}$  — скорость воздуха, поступающего в смеситель, в м/сек.;

$v_{\Gamma}$  — скорость газа, поступающего в смеситель, в м/сек.

На стр. 186 приведен расчет количества воздуха, необходимого для горения 1 м<sup>3</sup> газа. Для газовых двигателей значение  $K \cong 1$ .

Отношение площадей сечений воздушного и газового каналов  $\frac{F_{\text{в}}}{F_{\Gamma}}$  обозначается через  $q$ .

Тогда:

$$q = K \frac{v_{\Gamma}}{v_{\text{в}}}.$$

Скорость газа и воздуха в каналах смесителя подсчитывают по формулам:

$$v_{\text{в}} = 3,54 \sqrt{\frac{P_0 - P_{\Phi} - P_{\text{см}}}{\gamma_{\text{в}}}}$$

$$v_{\Gamma} = 3,54 \sqrt{\frac{P_0 - P_{\Gamma, \text{У}} - P_{\text{см}}}{\gamma_{\Gamma}}}$$

где:

$P_0$  — давление окружающего воздуха в мм вод. столба;

$P_{\Phi}$  — сопротивление воздушного фильтра в мм вод. столба;

$P_{\Gamma, \text{У}}$  — сопротивление газогенераторной установки в мм вод. столба;

$P_{\text{см}}$  — давление в смесителе установки в мм вод. столба;

$\gamma_{\Gamma}$  — вес 1 м<sup>3</sup> газа при температуре поступления в смеситель;

$\gamma_{\text{в}}$  — вес 1 м<sup>3</sup> воздуха при температуре поступления в смеситель.

Для приближенных вычислений можно принимать:

$$\gamma_{\Gamma} = 1,1 \text{ кг} \quad \text{и} \quad \gamma_{\text{в}} = 1,186 \text{ кг}.$$

Отношение площадей сечений воздушного и газового каналов после подстановки значений  $v_{\Gamma}$  и  $v_{\text{в}}$  определяется по формуле:



$$q = K \cdot \sqrt{\frac{\gamma_B (P_0 - P_{г.в} - P_{см})}{\gamma_{г.} (P_0 - P_{ф} - P_{см})}}$$

Площадь сечения воздушного канала подсчитывается из условия равенства секундного расхода газовой смеси сумме секундных расходов газа и воздуха:

$$V_{г. см} = F_B \cdot v_B + F_{г.} \cdot v_{г.}$$

или

$$V_{г. см} = F_B \left( v_B + \frac{v_{г.}}{q} \right),$$

откуда:

$$F_B = \frac{V_{г. см}}{v_B + \frac{v_{г.}}{q}}$$

Величина секундного расхода смеси подсчитывается по формуле:

$$V_{см} = \frac{V_{г. см} \cdot T_{см} \cdot 760}{273 \cdot 3600 \cdot P_{см}}$$

где:

$V_{г. см}$  — часовой расход рабочей смеси (стр. 185);  
 $T_{см}$ ,  $P_{см}$  — температура и давление смеси в смесителе.

Зная значение  $F_B$ , определяют  $F_{г.}$ :

$$F_{г.} = \frac{F_B}{q}$$

### ПРИМЕР КОНСТРУКТИВНОГО РАСЧЕТА ГАЗОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ ЗИС

#### Определение размеров бункера

Расход газозвушной смеси, потребляемой двигателем в час, подсчитывается по формуле:

$$V_{см} = 60 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot S \cdot \frac{i \cdot n}{2} \cdot \frac{273}{T_0} \cdot \frac{P_0}{760} \cdot \eta_v$$

где:

$d$  — диаметр цилиндра, равный 0,1016 м;  
 $S$  — ход поршня, равный 0,1143 м;  
 $i$  — число цилиндров, равное 6;  
 $n$  — число оборотов двигателя в минуту, равное 2300;  
 $\eta_v$  — коэффициент наполнения, равный 0,7.

Атмосферные условия принимаются равными:

$$t_0 = 20^\circ \text{Ц или } T_0 = 273 + 20 = 293^\circ \text{Ц}$$

$$P_0 = 760 \text{ мм ртут. столба.}$$

Тогда:

$$V_{см} = 60 \times \frac{3,14 \times 0,1016^2}{4} \cdot 0,1143 \times \frac{6 \times 2300}{2} \times \frac{273}{293} \times \frac{750}{760} \times 0,7 =$$

$$= 247 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Часовой расход сухого генераторного газа определяется по формуле:

$$V_{газ} = \frac{V_{см}}{1 + \alpha L_0 + \omega} \text{ м}^3/\text{час.}$$

Значение коэффициента объемного содержания паров воды в генераторном газе  $\omega$  определяется по уравнению:

$$\omega = \frac{P_s}{P - P_s}$$

Значение  $P$  — давление генераторного газа перед входом в смеситель принимается равным  $0,95 \text{ кг/см}^2$ , а  $P_s$  для температуры  $t = 20^\circ \text{Ц}$  берется из табл. 23:

$$P_s = 0,0238 \text{ кг/см}^2.$$

Тогда:

$$\omega = \frac{0,0238}{0,95 - 0,0238} = 0,0257.$$

Коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  берется равным 1, 2, а значение  $L_0$  определяется по формуле:

$$L_0 = \frac{1}{21} \left\{ 0,5 (\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 - \text{O}_2 \right\} =$$

$$= \frac{1}{21} \left\{ 0,5 \cdot 3,7 + 2 - 0,2 \right\} = 0,967 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

После подстановки числовых величин получаем:

$$V_{газ} = \frac{247}{1 + 0,0257 + 1,2 \times 0,967} = \frac{247}{2,176} = 114 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Из материального баланса известно, что выход газа из 1 кг топлива равен  $V_{г.} = 2,28 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Тогда часовой расход топлива составит:

$$G_{час} = \frac{114}{2,28} = 50 \text{ кг/час.}$$

50 килограммов топлива будет расходоваться при полной нагрузке двигателя. Обычно же двигатель загружен на 70%. В этом случае часовой расход топлива составит:  $50 \times 0,7 = 35 \text{ кг}$ .

Объем бункера подсчитывается по формуле:

$$V_6 = \frac{Z \cdot G_{час}}{G}$$



где:

$z$  — время между загрузками генератора. При полной загрузке двигателя промежутки между засыпками топлива не должны быть менее 1,5 часа;

$G$  — насыпной вес топлива. Для хвойного топлива с влажностью 20% —  $G = 240$  кг/м<sup>3</sup>.

Тогда:

$$V_0 = \frac{1,5 \times 50}{240} = 0,31 \text{ м}^3.$$

Внутренний диаметр цилиндрического бункера принимается равным 0,54 м. Бункер имеет полный обогрев. Расстояние между стенками бункера и наружной стенкой генератора обычно берется в пределах 20—30 мм; в нашем примере принимаем его равным 25 мм. Толщина стенок генератора берется 2,5 мм. Следовательно, наружный диаметр генератора составит:

$$0,54 + 0,025 \times 2 + 0,0025 \times 4 = 0,60 \text{ м}.$$

Высота бункера:

$$h_0 = 1,274 \frac{V_0}{d_0^2} = 1,274 \times \frac{0,31}{0,54^2} = 1,36 \text{ м}.$$

#### Определение размеров топливника

Для проектируемого древесного газогенератора жаронапряженность на линии воздушных фурм берется в пределах, указанных на стр. 188. Принимаем среднее значение жаронапряженности  $R = 800$  кг/м<sup>2</sup> час.

Тогда площадь сечения топливника на линии воздушных фурм будет равна:

$$F = \frac{G_{\text{газ}}}{R} = \frac{50}{800} = 0,0625 \text{ м}^2.$$

Диаметр топливника в плоскости воздушных фурм будет равен:

$$d_m = 1,129 \sqrt{F} = 1,129 \sqrt{0,0625} = 0,282 \text{ м}.$$

Первоначально предполагаем, что камера газификации имеет цилиндрическую форму с диаметром  $d_m = 0,282$  м.

Для определения высоты камеры газификации необходимо знать среднюю скорость движения газов по топливнику. Для этого пользуются формулой:

$$v_{\text{ср}} = \frac{(A+B)_{\text{ср}}}{\mu \cdot F} = \frac{V_{\text{газ}} \left(1 - \frac{\text{CO}}{400}\right)}{3600 \cdot \mu \cdot F} \text{ м/сек.},$$

где:

CO — процентное содержание окиси углерода в газе, равное 20,5%;

$V_{\text{газ}}$  — часовой расход газа = 114 м<sup>3</sup>

$F = 0,0625$  м<sup>2</sup>;

$\mu$  — коэффициент свободного сечения топливника, подсчитывается по формуле:

$$\mu = 1 - \frac{G}{1000\gamma},$$

здесь:

$G$  — насыпной вес топлива, находящегося в топливнике;  
 $\gamma$  — удельный вес этого топлива.

Так как в топливнике всегда находится уголь, можно принять:

$$G = 180 \text{ кг/м}^3; \gamma = 0,35,$$

тогда:

$$\mu = 1 - \frac{180}{1000 \times 0,35} = 0,485.$$

Подставляя найденное значение в выражение  $v_{\text{ср}}$ , находим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{114 \left(1 - \frac{20,5}{400}\right)}{3600 \times 0,485 \times 0,0625} = 0,99 \text{ м/сек.}$$

Скорость газов в топливнике превышает 0,6 м/сек.

Следовательно, проектируемый генератор будет работать по скоростному процессу газификации. В этом случае высота топливника определится по сокращенной формуле инж. Вознесенского:

$$h_m = 42,1 \cdot \frac{n}{F \cdot t} \text{ м},$$

где:

$$n = 0,21 L_{100} \text{ и } t = \frac{2240 \times 3600}{V_{\text{газ}}}.$$

Значение  $L_{100}$  берется из материального баланса.

$$L_{100} = 63,8 \text{ кг-мол}; V_{\text{газ}} = 114 \text{ м}^3/\text{час},$$

тогда:

$$h_m = 42,1 \frac{0,21 \times 63,8 \times 114}{0,0625 \times 2240 \times 3600} = 0,128 \text{ м или } 128 \text{ мм}.$$

Полученная высота топливника требует проверки при работе с малым отбором газа (например при 30-процентной нагрузке двигателя). Определяем необходимую высоту топливника при этой на-



грузке двигателя. В этом случае средняя скорость газов в топливнике будет в 3,3 раза меньше, чем при полной нагрузке, т. е.

$$v_{cp} = \frac{0,99}{3,3} = 0,3 \text{ м/сек.}$$

Время, необходимое для восстановления углекислоты, определяется из формулы:

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

Значение  $k_1$  для температуры 1000—1100° берется из табл. 13  $k_1 = 1,5$ . Первоначальная концентрация углекислого газа может быть принята равной 18—20%. Концентрация окиси углерода  $x$  в конце реакции восстановления должна составлять 15—20%. Принимается  $m = 0,18$ ,  $x = 0,20$ . Свободный член  $C$  находится при условии, что значения величин, входящих в формулу, берутся соответствующими началу реакции, т. е.

$$t = 0, m = 0,18, x = 0, k_1 = 1,5,$$

тогда:

$$1,5 \cdot 0 = \frac{2,3}{1+0,18} \lg \frac{1}{0,18} + C,$$

откуда

$$C = -3,9 \lg 5,55 = -2,9.$$

Располагая всеми величинами, находим время, необходимое для восстановления CO:

$$1,5 t = \frac{2,3}{1+0,18} \lg \left( \frac{1}{0,18 - \frac{1+0,18}{2} \times 0,20} \right) - 2,9,$$

откуда  $t = 1,2$  сек.

Зная скорость газов в топливнике и время пребывания их в слое раскаленного угля, определяем высоту топливника из выражения:

$$h_m = v_{cp} \cdot t = 0,3 \times 1,2 = 0,36 \text{ м или } 360 \text{ мм.}$$

При малом отборе газа совершенно необязательно добиваться наличия 20% CO в газе, а можно ограничиться 15%. В этом случае высота топливника снизится до 300 мм. Для надежной работы генератора на различных режимах отбора газа высоту топливника принимаем равной 300 мм. Чтобы создать лучшие условия для разложения смолистых элементов, топливник в середине несколько суживают. Практикой установлено, что наиболее целесообразно суживать топливник на расстоянии около 130—150 мм ниже воздушных отверстий. Диаметр суженной части (горловины) топливника рассчитывается из условий жаронапряженности. Обычно жаронапряженность в горловине доходит до 1500—2500 кг/м<sup>2</sup> час.

Примем  $R_r = 1500$  кг/м<sup>2</sup> час, тогда

$$F_r = \frac{G_{\text{час}}}{R_r} = \frac{50}{1500} = 0,0333 \text{ м}^2.$$

Диаметр горловины будет;

$$d_r = 1,129 \sqrt{F_r} = 1,129 \sqrt{0,0333} = 0,206 \text{ м.}$$

Принимаем  $d_r = 200$  мм.

При  $R_r = 2500$  кг/м<sup>2</sup> час диаметр горловины будет около 150 мм.

Вследствие сужения топливника уменьшается объем камеры газификации. Для сохранения первоначально вычисленного объема камеры газификации несколько увеличиваем внизу диаметр топливника и принимаем его равным не 282 мм, как вверху, а 375 мм.

#### Расчет воздушных отверстий

В топливник проектируемого генератора воздух будет подводиться по периферии через круглые фурмы.

Площадь сечения воздухоподводящих отверстий определяется по формуле:

$$F_B = 2,78 \frac{V^B}{v_B} \text{ см}^2,$$

где:

$V^B$  — расход воздуха на газификацию в м<sup>3</sup>/час.

На газификацию 1 кг рабочего топлива расходуется 1,46 м<sup>3</sup> воздуха (см. материальный баланс) и на газификацию 50 кг топлива  $1,46 \times 50 = 73$  м<sup>3</sup>/час воздуха.

$v_B$  — скорость воздуха, входящего в топливник, принимается равной 30 м/сек.

Тогда:

$$F_B = 2,78 \times \frac{V^B}{v_B} = 2,78 \times \frac{73}{30} = 6,76 \text{ см}^2.$$

Число фурм принимается равным  $n = 8$  и диаметр фурм определяется по формуле:

$$d_{\phi} = 2 \sqrt{\frac{F_B}{\pi \cdot n}} = 2 \sqrt{\frac{6,76}{3,14 \times 8}} = 1,03 \text{ см или } 10,3 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_{\phi} = 10,5$  мм.

#### Определение размеров зольника

Зольник у проектируемого генератора не будет иметь колосниковой решетки, что несколько упрощает конструкцию. Чистка зольника будет происходить раз в двое суток.



Объем зольника вычисляется по формуле:

$$V_{\text{зольн.}} = \frac{1,3 \cdot A^m \cdot G_{\text{час}} \cdot t}{(1 - y) \gamma_o \cdot 10^3} \text{ м}^3,$$

где:

$$A^m = 0,4\%;$$

$$G_{\text{час}} = 50 \text{ кг/час};$$

$t$  — время между чистками зольника = 32 часам (двухсменная работа);

$y$  — содержание углерода в 1 кг очаговых остатков = 0,17 кг

$\gamma_o$  — удельный вес остатков, определяемый по формуле:

$$\gamma_o = \frac{1}{y \left( \frac{1}{\gamma_y} - \frac{1}{\gamma_z} \right) + \frac{1}{\gamma_z}},$$

где:

$\gamma_y$  — удельный вес угольной пыли = 1,5;

$\gamma_z$  — удельный вес золы = 0,3.

После вычислений  $\gamma_o = 0,348$ .

Подставляем числовые значения в выражение:

$$V_{\text{зольн.}} = \frac{1,3 \times 0,4 \times 50 \times 32}{(1 - 0,17) \times 0,348 \times 10^3} = 0,0288 \text{ м}^3.$$

Зольник ограничивается наружными стенками генератора, поэтому диаметр зольника равен диаметру генератора,  $d_r = 0,6$  м.

Высота зольника равна:

$$h_{\text{зольн.}} = 1,27 \frac{V_{\text{зольн.}}}{d_r^2} = 1,27 \frac{0,0288}{0,6^2} = 0,102 \text{ м или } 102 \text{ мм}.$$

Принимаем высоту зольника равной 110 мм.

Определение размеров газопровода (от генератора к очистителю)

Диаметр газопровода определяется по формуле:

$$d_{\text{г.п.}} = 0,114 \sqrt{\frac{(273 + t) V_{\text{газ}}}{v_r}} \text{ см},$$

где:

$t$  — температура газа, выходящего из генератора, равная  $343^\circ \text{C}$ ;

$V_{\text{газ}}$  — часовой расход газа =  $114 \text{ м}^3/\text{час}$ ;

$v_r$  — скорость газа в газопроводе.

Для максимального уменьшения потерь на всасывание величина  $v_r$  принимается равной 12 м/сек.

После подстановки числовых значений получаем:

$$d_{\text{г.п.}} = 0,114 \sqrt{\frac{(273 + 343) \times 114}{12}} = 8,7 \text{ см или } 87 \text{ мм}.$$

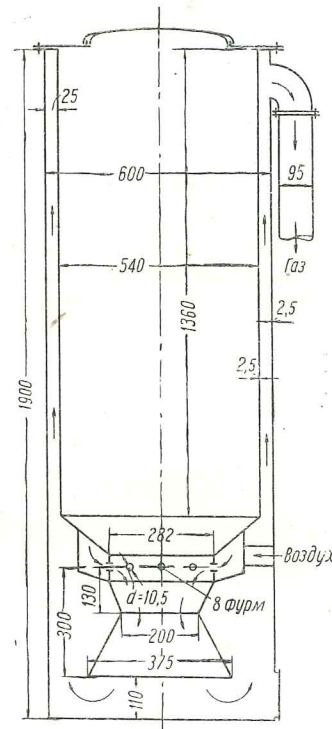


Рис. 137. Схема спроектированного газогенератора

Принимаем внутренний диаметр газопровода равным 90 мм. Толщина стенок газопровода принимается равной 2,5 мм.

На рис. 137 приведена схема спроектированного газогенератора, построенная по размерам, определенным в конструктивном расчете.



Теоретически необходимое количество воздуха определяется из формулы:

$$L_0 = \frac{0,5 (CO + H_2) + 2CH_4 + 3 C_n H_m - O_2}{21} \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Приведенная формула для определения теплотворной способности газовой смеси справедлива для температуры в 0° Ц 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 температурах газа перед смесителем и давлении перед смесителем (берется из табл. 26).

Таблица 26

Температура в °Ц	Давление насы- щения в кг/см²	Парциальный объем пара в газе при P=0,9 кг/см² м³/м³	Парциальный объем пара в газе при P=0,95 кг/см² м³/м³
25	0,0323	0,0359	
30	0,0433	0,0482	0,034
35	0,0573	0,0637	0,0456
40	0,0753	0,0836	0,0603
45	0,0997	0,1074	0,0791
50	0,1258	0,1398	0,1028
			0,1324

Таблица дает парциальные объемы пара, насыщающего газ. Однако при работе на влажном топливе в газе может дополнительно содержаться вода в виде взвешенных частиц. Попадая в двигатель, эта вода снижает тепловой эффект рабочей смеси и отрицательно влияет на мощность двигателя; поэтому рекомендуется для газогенераторов брать топливо с влажностью не более 20%. Произведенный по вышеуказанной формуле подсчет теплотворной способности газовой смеси дает величину, близкую к 500 кал/м³.

Глава IX

**МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ, И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ**

**МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ**

При переводе бензинового двигателя на питание генераторным газом неизбежно понижается его мощность.

Это явление вызывают следующие причины:

- а) понижение калорийности газовой смеси по сравнению с бензиновой;
- б) уменьшение коэффициента подачи;
- в) сокращение объема продуктов сгорания газовой смеси по сравнению с объемом поступившей свежей смеси.

**Понижение калорийности**

Теплотворная способность 1 м³ газовой смеси представляет меньшую величину, чем теплотворная способность 1 м³ бензиновой смеси. Теплотворная способность газовой смеси может быть подсчитана по формуле:

$$H''_{см} = \frac{H_r}{1 + \alpha L_0},$$

где:

H''<sub>см</sub> — теплотворная способность 1 м³ смеси в калориях при 0° Ц и 760 мм рт. ст.;

H<sub>r</sub> — низшая теплотворная способность 1 м³ генераторного газа в калориях;

α — коэффициент избытка воздуха; для двигателей, работающих на генераторном газе, он равняется примерно 1,1—1,2;

L₀ — количество воздуха, теоретически необходимое для сжигания 1 м³ генераторного газа, в м³.

Низшая теплотворная способность генераторного газа подсчитывается по формуле:

$$H_r = 30,50 CO + 25,7 H_2 + 85,1 CH_4 + 139,1 C_n H_m \text{ кал},$$

где CO, H₂, CH₄ и C<sub>n</sub> H<sub>m</sub> — содержание компонентов генераторного газа в %.



## Уменьшение коэффициента подачи

Коэффициент подачи или наполнения цилиндров двигателя представляет собой отношение веса поступившей рабочей смеси к весу смеси при давлении и температуре окружающего воздуха, взятой в объеме рабочей части цилиндра. Этот коэффициент может быть определен по формуле:

$$\eta_v = \frac{G_{II}}{G_0},$$

где:

$G_{II}$  — вес поступившей смеси;

$G_0$  — вес смеси в объеме рабочей части цилиндра при температуре и давлении окружающего воздуха ( $T_0$ ,  $P_0$ ).

Для расчетов можно пользоваться формулой:

$$\eta_v = \left( \varepsilon \frac{P_a}{T_a} - \frac{P_{oc}}{T_{oc}} \right) \frac{T_0}{(\varepsilon - 1) P_0},$$

где:

$\varepsilon$  — степень сжатия;

$P_a$  — 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.

Как видно из формулы, коэффициент подачи зависит от давления и температуры в конце такта 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.

$$P_a = P_0 - (P_{генер.} + P_{очистит.} + P_{трубопр.} + P_{смесит.} + \text{и т. д.})$$

Суммарное сопротивление транспортных газогенераторных установок, по данным НАТИ и ЛТА, колеблется в пределах 0,07—0,2 кг/см<sup>2</sup>.

Температура в конце такта 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 °C;

$$T'_{см} = T_{см} + (6...12 \text{ °C});$$

$T_{oc}$  — температура остаточных газов колеблется в пределах 700°—900° C, причем меньшая температура соответствует степени сжатия  $\varepsilon \cong 4,5$ , а большая  $\varepsilon \cong 10$ ;

$\gamma$  — коэффициент остаточных газов (отношение объема остаточных газов к новому заряду) может быть определен из выражения:

$$\gamma = \frac{T'_{см} \cdot P_{oc}}{T_{oc} (P_a \varepsilon - P_{oc})}.$$

Для двигателей, работающих на генераторном газе, давление остаточных газов может быть принято в пределах 1,08—1,1 кг/см<sup>2</sup>. Температура смеси может быть определена по формуле:

$$T_{см} = \frac{M_r \cdot C_p^r \cdot T_r + M_b \cdot C_p^b \cdot T_0}{M_r \cdot C_p^r + M_b \cdot C_p^b},$$

где:

$M_r$  и  $M_b$  — количество кг-мол засасываемого в двигатель в час газа и воздуха;

$C_p^r$  и  $C_p^b$  — молекулярные теплоемкости газа и воздуха при постоянном давлении (подсчитываются по формулам, приведенным на стр. 169);

$T_r$  и  $T_0$  — абсолютные температуры газа и воздуха.

Для определения температуры смеси существует другая приближенная формула:

$$T_{см} = \frac{T_r (1 + \alpha L_0)}{1 + \frac{T_r \cdot \alpha \cdot L_0}{290}},$$

где:

$T_r$  — температура газа;

$\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;

$L_0$  — количество м<sup>3</sup> воздуха, теоретически необходимое для сжигания 1 м<sup>3</sup> газа.

Из изложенного видно, что повышение температуры газа приводит к повышению температуры смеси и, следовательно, к уменьшению ее калорийности.

Влияние температуры газа на мощность двигателя характеризуется кривой, приведенной на рис. 138.

Коэффициент подачи, подсчитанный по вышеприведенной формуле, для газовых двигателей лежит в пределах 0,7—0,8.

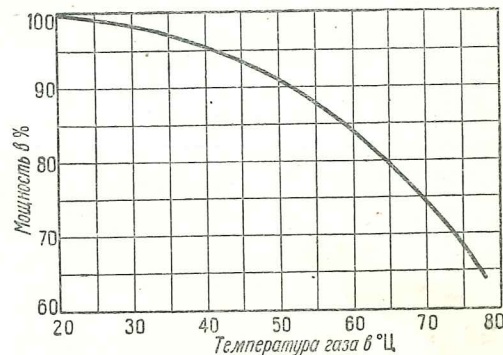


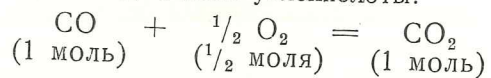
Рис. 138. Влияние температуры газа на мощность двигателя



## Сокращение объема продуктов сгорания

Получающиеся после сгорания окиси углерода, водорода и углеводородов продукты имеют меньший объем, чем горючая газовоздушная смесь.

Пример. Один моль окиси углерода, соединяясь с половиной моля кислорода, дает один моль углекислоты:



Так как кислород для горения берется из воздуха, количество воздуха, участвующего в реакции, будет:

$$\frac{\text{O}_2}{2 \cdot 0,21} \text{ моля,}$$

или для примера

$$\frac{0,5}{0,21} \text{ моля.}$$

Таким образом, количество веществ, вступивших в реакцию горения, будет:

$$1 + \frac{0,5}{0,21} \text{ моля,}$$

а количество образовавшихся после их сгорания:

$$1 + \frac{0,5}{0,21} \cdot 0,79 \text{ моля,}$$

т. е. объем уменьшается на величину, равную количеству кислорода, участвующего в реакции.

Отношение количества продуктов сгорания (в молях) к количеству нового заряда рабочей смеси называется коэффициентом химического молекулярного изменения; он обозначается через  $\mu_0$ .

Для разобранного примера:

$$\mu_0 = \frac{1 + \frac{0,5}{0,21} \cdot 0,79}{1 + \frac{0,5}{0,21}} = 0,852.$$

В общем виде коэффициент химического молекулярного изменения определяется по формуле:

$$\mu_0 = 1 - \frac{\Delta M}{1 + \alpha L_0},$$

где  $\Delta M$  — уменьшение объема продуктов сгорания в кг-мол на 1 кг-мол свежей рабочей смеси.

Для генераторного газа:

$$\Delta M = \frac{\text{H}_2 + \text{CO}}{200} \text{ кг-мол.}$$

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:

$\gamma$  — коэффициент остаточных газов;

$\mu_0$  — 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 примерной оценки падения мощности при переводе двигателя на генераторный газ может служить формула:

$$\frac{N_e^r}{N_e^b} = \frac{H_{см}^r}{H_{см}^b} \cdot \frac{\eta_v^r}{\eta_v^b} \cdot \frac{\eta_m^r}{\eta_m^b},$$

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 бензиновоздушной смеси;

$H_{см}^r$  вычисляется по формуле:

$$H_{см}^r = \frac{273 \cdot P_0 H_r (1-x)}{760 \cdot T_0 \{1 + \alpha L_0 (1-x)\}} \text{ кал/м}^3,$$

а  $H_{см}^b$  примерно равна 800—820 кал/м<sup>3</sup> (для 0°С и 760 мм рт.ст.  $H_{см}^b = 880—890$  кал/м<sup>3</sup>);

$\frac{\eta_v^r}{\eta_v^b}$  — отношение коэффициентов подачи при работе на газе и бензине.

$\frac{\eta_m^r}{\eta_m^b}$  — отношение механических коэффициентов полезного действия при работе на газе и бензине.

По данным проф. Дуббеля, работа трения в частях двигателя 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, переводимых 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.

Отношение коэффициентов подачи при работе на газе и бензине определяется по формуле:

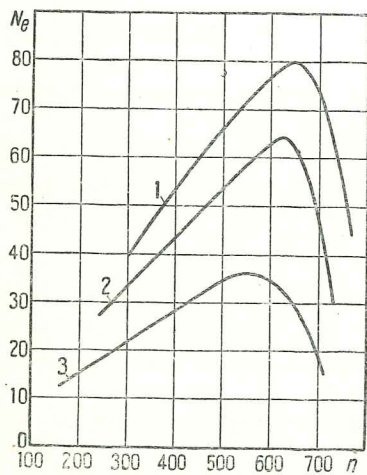


Рис. 139. Внешние характеристики двигателя «Сталинец-60», полученные на лигроине и генераторном газе:

1 — при работе на лигроине  $\epsilon=3,9$ ; 2 — при работе на газе  $\epsilon=8$ ; 3 — при работе на газе,  $\epsilon=3,9$

Испытания двигателя ЧТЗ производились автотехнической академии им. Кирова.

### СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ ЕГО НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

Падение мощности двигателя при переводе его с бензина на генераторный газ существенно ухудшает динамические качества машины. В некоторых случаях это приводит к тому, что машина без нагрузки с трудом передвигается на четвертой передаче. Мощность газовых двигателей может быть повышена рядом мер. Важнейшими из них являются следующие:

- 1) повышение калорийности рабочей смеси,
- 2) увеличение коэффициента подачи,

$$\frac{\eta_v^r}{\eta_v^6} = \frac{P_a^r}{P_a^6} \cdot \sqrt{\frac{T_a^6}{T_a^r}},$$

где:

$P_a^r$  и  $T_a^r$  — давление и температура всасывания при работе на газе;

$P_a^6$  и  $T_a^6$  — давление и температура всасывания при работе на бензине.

Как показывают теоретические подсчеты и практические данные, падение мощности при переводе двигателя на газ достигает 50—45%. Для иллюстрации на рис. 139 приводятся внешние характеристики двигателя «Сталинец-60» при работе на жидком топливе и генераторном газе. Испытания двигателя ЧТЗ производились автотехнической академии им. Кирова.

- 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 газогенератора отработанных газов или различных сложных углеводородов (отработанное масло, остатки при нефтеперегонке),
- в) присадкой к газозвоздушной смеси жидкого топлива (спирт, керосин, бензин).

Газификация топлива и калорийность получающегося генераторного газа при всех прочих равных условиях находятся в тесной зависимости от размеров топлива, способа подвода воздуха, величины подогрева бункера и быстроты охлаждения газа до температуры  $+400^\circ\text{C}$ . Исследования, проведенные в НАТИ, дали следующие результаты (табл. 27).

Таблица 27

Подогрев бункера	Подача воздуха	Число об/мин $n$	Потери мощности в %				
			Мощность на бензине $N_e$ л. с.	Длительная мощность на газе $N_{ег}$ л. с.	Максимальная мощность на газе $N_{ег}^{\max}$	Потеря мощности в %	Потеря мощности в %
Полный подогрев	Без подогрева . . .	2 100	40,3	30,8	23,5	33,8	16,1
	С подогревом . . .	2 100	40,3	31,3	22,3	33,6	16,1
Частичный подогрев	Без подогрева . . .	2 100	40,3	29,2	27,5	30,8	23,5
	С подогревом . . .	2 100	40,3	29,7	25,8	31,4	22,1
Без подогрева	Без подогрева . . .	2 100	40,3	27,2	32,5	27,2	32,5
	С подогревом . . .	2 100	40,3	28,4	29,5	28,4	29,5

При полном подогреве бункера получается более калорийный газ и мощность 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 газогенератор воздуха качество газа также улучшается. Испытания газогенератора «Имберт», проведенные в Германии, указывают на повышение калорийности газа при комбинированном периферийно-фурменном и центрально-фурменном подводе воздуха.

Работы инж. С. И. Мезина по исследованию влияния формы воздушных фурм на процесс газификации дают возможность установить, что фурмы типа насадки Вентури (рис. 140, стр. 216) являются наиболее рациональными.



Испытания газогенераторного трактора ЧТЗ-60, проведенные авторами под руководством проф. Е. А. Флорова, с очевидностью доказывают, что газ, получающийся из мелкого топлива (щепы),

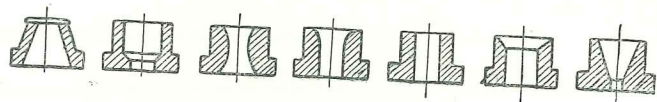


Рис. 140. Различные формы воздушных фурм

оказывается более высококалорийным. На рис. 141 приведены тяговые характеристики трактора ЧТЗ-60 на II передаче при работе на древесных чурках и щепе.

Проф. Карповым были проделаны опыты над получением более калорийного газа путем подачи в зону горения отработанных газов двигателя. Результаты исследований указывают, что теплотворная

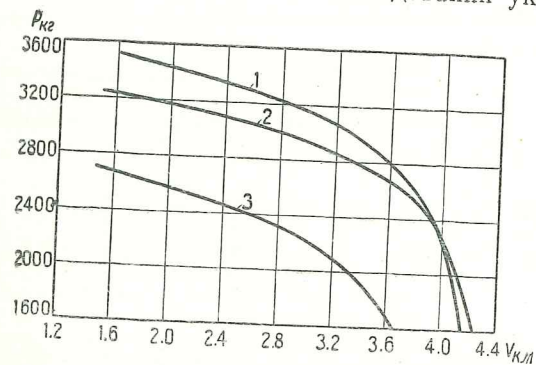


Рис. 141. Тяговые характеристики трактора «Сталинец-60» с газогенераторной установкой «Автодор-1», полученные при работе на древесных чурках и щепе при нормальной степени сжатия:

1—на II скорости при щепе влажностью 16%; 2—на II скорости при чурках влажностью 15%; 3—на II скорости при чурках влажностью 30%

способность получающегося генераторного газа примерно на 100 кал. выше, чем у обычного газа. При подаче в восстановительную зону сложных углеводов качество генераторного газа резко повышалось.

Присадка или карбюрирование жидкого топлива с генераторным газом также дает возможность получить увеличение мощности. На рис. 142 приведены внешние характеристики двигателя при степени сжатия  $\epsilon = 4,02$ ; при работе на газе (1), на газе со спиртом (2) и на бензине (3). С увеличением степени сжатия потеря мощности еще более уменьшается, что видно из табл. 28.

В НАТИ были проведены детальные исследования присадки бензина к генераторному газу, получаемому из генераторной установки НАТИ-10, на автомобиле ЗИС-5. На двигателе была установлена головка, обеспечивающая степень сжатия  $\epsilon = 7,3$ . На газе при

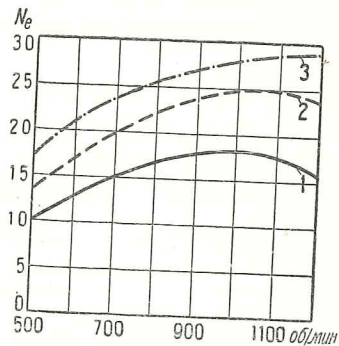


Рис. 142. Внешние характеристики двигателя, полученные на различных топливах

Таблица 28

Рабочая смесь	Число оборотов двигателя в мин.	Степень сжатия $\epsilon$	Изменение мощности по сравнению с работой на бензине в %
Газовоздушная . . . . .	1 100	4,02	-35,1
" . . . . .	1 100	5,75	-15,8
" . . . . .	1 100	8,29	- 5,6
Газоспиртовоздушная . . . . .	1 100	4,02	-12,8
" . . . . .	1 100	5,75	+13,8
" . . . . .	1 100	8,29	+22,0

2 400 об/мин. двигатель развивал 47 л. с. С присадкой 65% бензина (15,8 кг/час) мощность двигателя при том же числе оборотов поднималась до 77,5 л. с. против 72,5 л. с. на бензине. Однако в случае присадки бензина больше 11 кг/час имела место детонация.

Кроме того, было установлено, что бензин можно заменять керосином. Присадка жидкого топлива необходима только при тяжелых условиях работы машины, в остальное время двигатель должен работать на газе.

#### Увеличение коэффициента подачи

Коэффициент подачи может быть повышен путем:

- 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 газоохладители с большой поверхностью, помещая их перед радиатором двигателя. Обязательным условием для газовых двигателей следует считать отделение всасывающего коллектора от выхлопного и устранение подогрева газовоздушной смеси. Для уменьшения сопротивления, встречаемого газовоздушной смесью, необходимо, чтобы газовые каналы всасывающего коллектора имели достаточные сечения и были выполнены без резких перегибов. Общее сопротивление газогенераторной установки в основном зависит от сопротивления газогенератора и очистителей. При проектировании газогенераторов следует учитывать, что повышение скорости поступающего в газогенератор воздуха и увеличение жаропрочности вызывают повышенные сопротивления и уменьшают коэффициент подачи.

Наполнение двигателя уменьшается также при установке фильтров с большим сопротивлением (материя, вода, масло). Чтобы увеличить время поступления газовоздушной смеси в цилиндры двигателя и уменьшить ее торможение, изменяют кулачковый валик (при боковом нижнем расположении клапанов), или заменяют клапанные коромысла (при верхнем расположении клапанов). Таким образом удается повысить мощность двигателя на 10—12%.



Довольно эффективной мерой для повышения мощности газового двигателя является наддув — нагнетание рабочей смеси в цилиндры

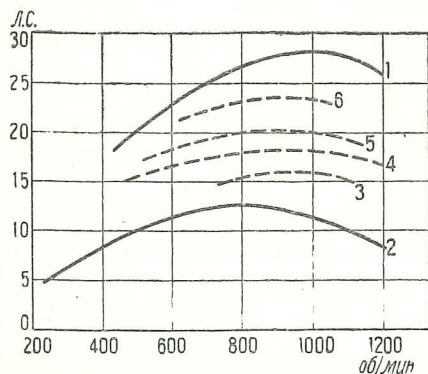


Рис. 143. Внешние характеристики двигателя „Икегай“ 30 л. с., полученные при работе на генераторном газе и бензине и при разных величинах наддува: 1—при работе на бензине и полностью открытом дросселе; 2—при работе на газе и при полном открытии дросселя, без наддува; 3—при работе на газе при наддуве 0,1 ат.; 4—то же при наддуве 0,2 ат.; 5—то же при наддуве 0,2 ат.; 6—то же при наддуве 0,4 ат

двигателя при помощи компрессора. Опыты по применению наддува были проведены во Всесоюзном научно-исследовательском дизельном институте (ВНИДИ). На основании полученных данных построены графики (рис. 143). Кривые 3—6 представляют свободную эффективную мощность двигателя за вычетом мощности, идущей на компрессор.

На рис. 144 кривая 1 представляет мощность на бензине при  $\epsilon = 3,8$ . Кривая 2 — мощность брутто на газе с наддувом, при тех же параметрах, 3 — мощность, затрачиваемая на компрессор, 4 — свободная мощность двигателя.

Из графика 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. При выборе давления компрессора следует учитывать максимально допустимое давление вспышки в цилиндре.

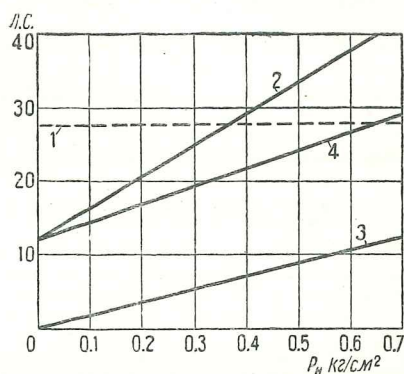


Рис. 144. Зависимость свободной мощности от величины наддува

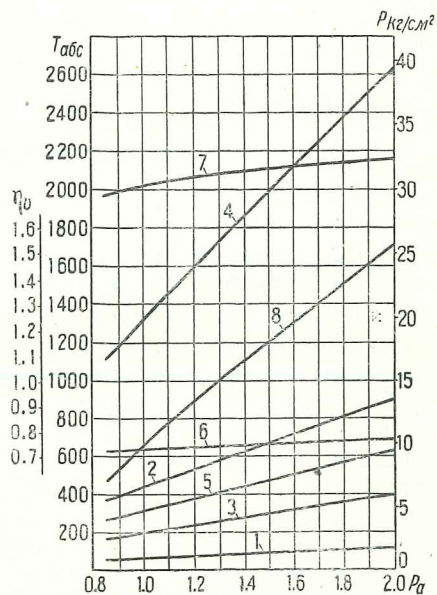


Рис. 145. Влияние величины наддува на различные параметры:

1 — давление в конце всасывания в кг/см²; 2 — давление в конце сжатия в кг/см²; 3 — давление в конце расширения в кг/см²; 4 — давление вспышки в кг/см²; 5 — среднее индикаторное давление в кг/см²; 6 — температура в конце расширения; 7 — температура вспышки; 8 — коэффициент наполнения

На рис. 145 приведено влияние степени наддува на различные параметры.

Из графика видно, что при давлении наддува  $P_n = 1,4 \text{ кг/см}^2$  давление вспышки  $P$  приближается к значению его при работе на бензине, когда оно лежит в пределах  $25—30 \text{ кг/см}^2$ .

Дальнейшее увеличение наддува ведет к перегрузке кривошипно-шатунного механизма и в худшем случае может вызвать аварию.

Применение наддува в двигателях требует установки дополнительного и довольно сложного оборудования. В газовых двигателях для автомобилей и тракторов способ повышения мощности с применением наддува почти не применяется.

### Увеличение литража двигателей

Мощность двигателя можно повысить, увеличивая диаметр цилиндров. Для этого либо растачивают цилиндры, либо устанавливают новые гильзы большего диаметра.

У большинства двигателей значительное увеличение диаметра цилиндров ограничивается толщиной стенок цилиндров и их механической прочностью, а изменение диаметра на небольшую величину не дает ощутимого эффекта.

Это подтверждается следующим примером.

Приближенно можно принять, что мощность двигателя прямо пропорциональна его литражу, а последний в свою очередь пропорционален квадрату диаметра цилиндра.

Из графика (рис. 146) видно, что для повышения мощности двигателя на 25% надо увеличить литраж также на 25% и диаметр на 12%, а так как современные бензиновые или лигроиновые двигатели при переводе на газ теряют до 50% своей мощности, то для получения от двигателя нормальной мощности необходимо увеличивать литраж в два раза (100%), а диаметр цилиндров на 41%, что конструктивно невозможно.

Поэтому рассмотренный способ повышения мощности газового двигателя может быть применен только в сочетании с другими.

У двигателей МГ-17 для трактора ЧТЗ-65 с газогенераторными установками НАТИ Г-25 диаметр гильз цилиндров увеличивается на 10 мм, что дает возможность повысить мощность двигателя в пределах до 5%.

### Увеличение термического коэффициента полезного действия

Теоретическая зависимость между термическим коэффициентом полезного действия и степенью сжатия для цикла Отто выражается следующей формулой:

$$\eta_t = 1 - \epsilon^{1-k},$$

где:

$\epsilon$  — степень сжатия,  
 $k$  — показатель адиабаты.

Из этого уравнения видно, что с увеличением степени сжатия повышается термический к. п. д. и, следовательно, увеличивается



мощность. Предел повышения степени сжатия обуславливается температурой самовоспламенения рабочей смеси и прочностью деталей двигателя.

Самовоспламенение газозооушной смеси зависит от ее состава (наличие в ней водорода приводит к более раннему самовоспламенению). На рис. 147 показана зависимость ряда параметров от степени сжатия. Кривая 1 представляет изменение механического коэффициента полезного действия, 2 — изменение термического коэффициента полезного действия, 3 — изменение экономического коэффициента полезного действия и 4 — изменение давления в конце сжатия. Следует считать, что максимально допустимой и рациональной степенью сжатия для газовых двигателей будет 9,5—10.

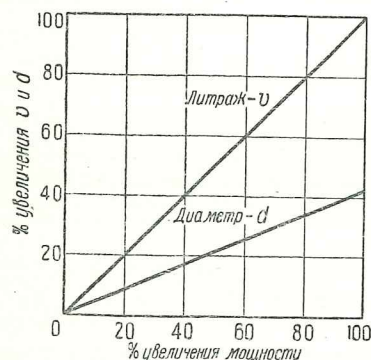


Рис. 146. Изменение мощности двигателя в зависимости от изменения диаметра цилиндра

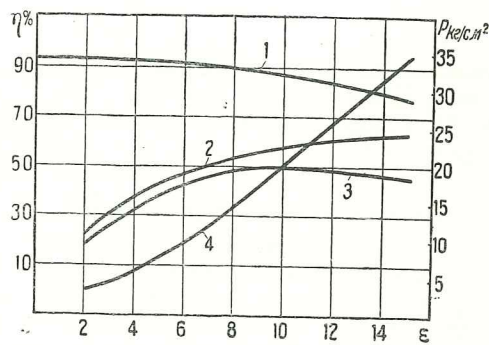


Рис. 147. Влияние степени сжатия на различные параметры

Существующие бензиновые, керосиновые и лигроиновые двигатели, спроектированные на определенное максимальное давление вспышки (около 25—30 кг/см<sup>2</sup>), 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<sup>2</sup>. Поэтому при переводе бензиновых и керосиновых двигателей на генераторный газ степень сжатия повышается лишь до 7, а при конструировании новых газовых моторов с усиленным кривошипно-шатунным механизмом (дизельного типа) — до 9—9,5.

Кроме того, при выборе степени сжатия должен быть решен вопрос о запуске двигателя. До последнего времени первоначальный пуск осуществлялся на бензине, а затем двигатель переводился 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.

Если двигатель оборудован сильным пусковым приспособлением (электростартером, пусковым мотором) и вентилятором для розжига газогенератора, 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 (как, например, у трактора ЧТЗ-60), степень сжатия выбирается с таким расчетом, чтобы двигатель мог работать вхолостую на бензине без детонации. В этом случае степень сжатия не должна быть выше 6—7. Такое ограничение степени сжатия у трактора ЧТЗ-60 также связано с эксплуатацией машин в зимнее время и с их безгаражным хранением.

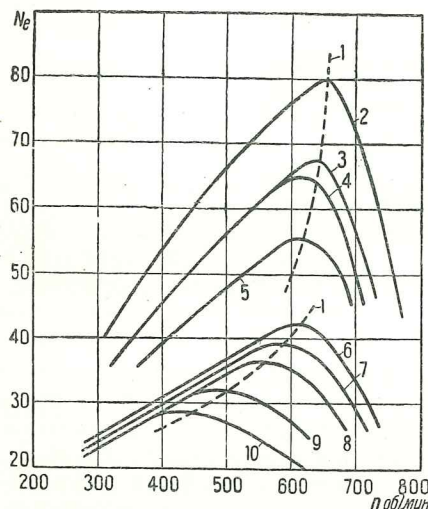


Рис. 148. Внешние характеристики двигателя трактора „Сталинец-60“:

1—смещение приемности; 2—лигроин  $\epsilon=3,9$ ; 3—катушка влажностью 13%  $\epsilon=8$ ; 4—щепа влажностью 23%  $\epsilon=8$ ; 5—чурка влажностью 30%  $\epsilon=8$ ; 6—катушка влажностью 13%  $\epsilon=3,9$ ; 7—катушка влажностью 18%  $\epsilon=3,9$ ; 8—щепа влажностью 23%  $\epsilon=3,9$ ; 9—чурка влажностью 30%  $\epsilon=3,9$ ; 10—чурка влажностью 38%  $\epsilon=3,9$

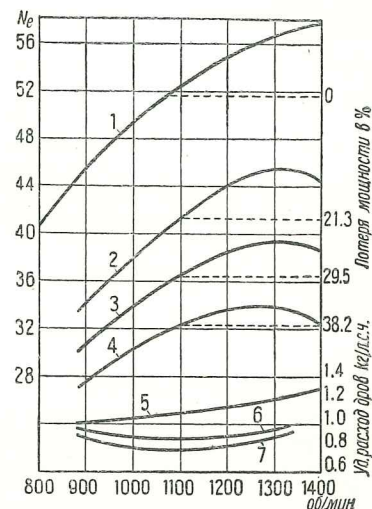


Рис. 149. Характеристика двигателя „Ганомат“, полученная при работе на бензоле и генераторном газе и различных степенях сжатия:

1—при работе на бензоле; 2—при работе на генераторном газе  $\epsilon=8,8$ ; 3—то же — при  $\epsilon=6,9$ ; 4—то же при  $\epsilon=5,17$ ; 5—удельный расход дров в кг/л.с. час при  $\epsilon=5,17$ ; 6—то же при  $\epsilon=6,89$ ; 7—то же — при  $\epsilon=8,86$

На рис. 148 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. в час, что видно из графика (рис. 149), полученного проф. Кюне.

На этом графике показаны внешние характеристики при различных степенях сжатия и соответственные удельные расходы твердого топлива.

Увеличение степени сжатия осуществляется двумя путями:

а) установкой новой головки цилиндров с уменьшенной камерой сжатия.



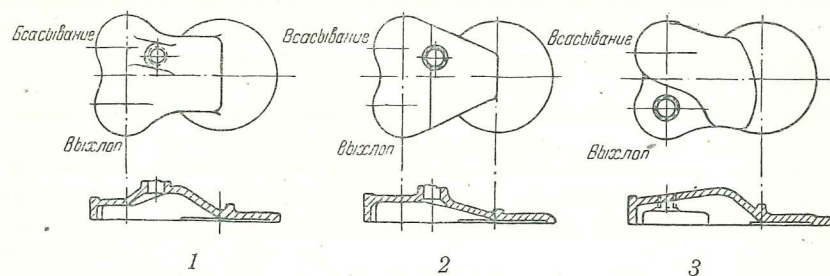


Рис. 150. Различные формы камер сгорания

б) установкой новых поршней с удлиненной верхней частью.

Форма камеры сгорания и расположение в ней свечи также влияют на мощность двигателя. На автозаводе им. Сталина и в НАТИ в 1937—38 г. были проведены детальные испытания камер сгорания различной формы с расположением свечи в разных местах камеры сгорания.

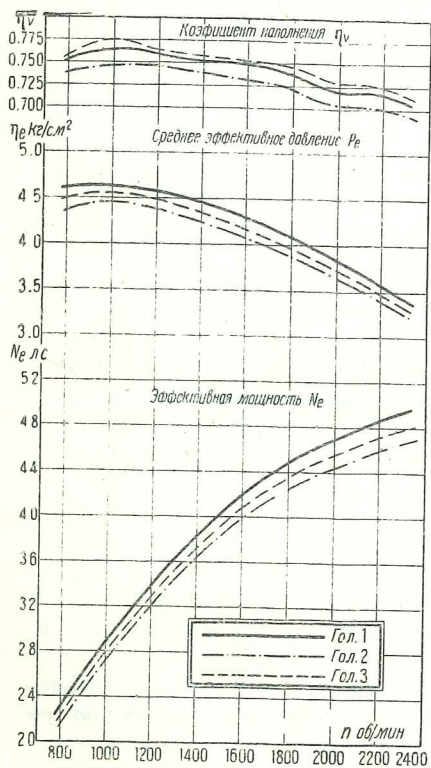


Рис. 151. Кривые, полученные при испытании головок (камер сгорания)

Перечисленные меры дают возможность получить от газового двигателя мощность, близкую к развиваемой двигателем на жидком топливе.

К наиболее распространенным способам повышения мощности газовых двигателей следует отнести повышение степени сжатия, устранение подогрева смеси и изменение газораспределительного механизма. Двигатели, у которых внесены эти изменения, развивают мощность до 80—85% от мощности при работе на бензине. По условиям работы зажигания и электрооборудования современные газовые двигатели резко отличаются от бензиновых и лигроиновых. При пониженной скорости сгорания газовой смеси необходимо иметь возможность изменять угол опережения зажигания в пределах 35—45° до В. М. Т. Повышенное давление сжатия требует от зажигания более сильного напряжения во вторичной цепи, а от электрооборудования — большей мощности и емкости. Поэтому на автомобилях, как правило, ставятся более мощные аккумуляторы и динамомашины. Кроме того, аккумуляторы освобождаются от питания системы зажигания путем установки магнето. На тракторах обычное магнето типа СС-4 заменяется более сильным типа БС-4-П, а в некоторых случаях применяют двойное зажигание (по две свечи на цилиндр) от двух магнето (например в двигателе МГ-17).



## Глава X

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ  
С ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

## ОСМОТР И ЗАПРАВКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ МАШИН

При осмотре газогенераторной машины, кроме обычного контроля ее состояния, необходимо проверить:

а) прочность всех креплений элементов газогенераторной установки (в случае необходимости следует подтянуть болтовые соединения);

б) плотность всех фланцевых соединений (наличие и исправность прокладок и т. д.);

в) герметичность крышек всех люков газогенератора, крышек очистителей-охладителей и наличие исправных асбестовых и прочих уплотнений;

г) состояние и работу воздушных обратных клапанов в газогенераторе, если они имеются;

д) исправность действия дросселей смесителя и тросов тяг;

е) регулировку опережения зажигания; зажигание должно быть отрегулировано так, чтобы величину опережения можно было доводить до  $45^{\circ}$ — $35^{\circ}$ .

Кроме того, необходимо убедиться в отсутствии конденсата во всех контрольных точках. Обнаруженный конденсат следует полностью спустить, а спускные отверстия прочистить.

После заправки машины и проверки уровня и качества масла в двигателе производится подготовка газогенератора к розжигу и работе. Если газогенератор разжигается в первый раз, или если он прошел полную чистку, то его заправляют следующим образом.

Через загрузочный люк древесного газогенератора насыпают в бункер некрупный сухой уголь до высоты верхней кромки топливника, после чего загружают бункер до половины древесными чурками принятого размера. Если в газогенераторе имеется дополнительный восстановительный слой угля, то соответствующее пространство около топливника засыпают сухим, хорошо выжженным углем, размером  $30 \text{ мм} \times 30 \text{ мм} \times 40 \text{ мм}$ . Уголь для дополнительного восстановительного слоя и для засыпки в топливник должен быть просеян и освобожден от мелочи, которая ухудшает условия розжига, увеличивая сопротивление проходу газа. Крупный уголь также не рекомендуется брать для розжига, так как он медленнее разгорается и увеличивает время розжига.

Заправка угольного газогенератора заключается только в засыпке в бункер угля.

Если в заправляемом газогенераторе имеется остаток топлива, то уголь перед розжигом не засыпается, так как он уже имеется в топливнике, и заправка сводится только к досыпке чурок в бункер. Эта досыпка производится после розжига газогенератора.

Перед загрузкой чурок следует прошуровать топливо, чтобы устранить возможность образования сводов, которые будут препятствовать опусканию чурок, способствовать появлению пустот и нарушать процесс газификации. Шуровку во всех случаях следует производить только для разрыхления топлива, а не уплотнения, от которого затрудняется розжиг и забиваются топливник, колосниковая решетка и зольник.

Засыпать топливо для удобства можно из мешков, из коробов, или особых загрузочных бункеров, устраиваемых на топливных складах.

## РОЗЖИГ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

После того как автомобиль или трактор с газогенераторной установкой осмотрен и заправлен, можно приступать к розжигу газогенератора естественной или принудительной тягой.

Для розжига 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. Под действием естественной тяги воздуха пламя будет поджигать уголь в топливнике и постепенно подниматься вверх. Процесс розжига можно наблюдать через фурмы топливника или смотровые люки, если они имеются. После появления в них пламени зольниковый люк закрывают.

Через несколько минут закрывается и загрузочный люк, и газогенератор готов для питания двигателя.

Если газогенератор снабжен вытяжной трубой (конструкция проф. Карпова), то при розжиге открывается эта труба, а не загрузочный люк.

Розжиг газогенератора естественной тягой обладает рядом достоинств и недостатков.

Одно из достоинств состоит в том, что двигатель не питается газом, вырабатываемым при низких температурах начала процесса газификации. Поэтому уменьшается возможность попадания смол в двигатель. Это особенно важно при первом розжиге газогенератора, при пользовании сырым топливом, а также в тех случаях, когда уровень топлива, оставшегося от предыдущей загрузки, ниже воздухоподводящих отведений.

Недостатками являются длительность розжига, доходящая до одного часа, и необходимость при обратном процессе газификации переносить зону горения из нижней части топливника в верхнюю, на что затрачивается некоторое время. Кроме того, газы, выходящие из бункера, отравляют окружающий воздух, а выпадающий из нижнего люка горячий уголь может вызвать пожар.



Розжиг принудительной тягой производится специальными раздувочными устройствами, например эжектором, ручным и электрическим вентилятором или двигателем машины.

Во всех случаях этот способ розжига связан с засасыванием в газогенератор воздуха (реже нагнетанием) и отсасыванием из него продуктов горения. Для этого пользуются энергией выхлопных газов (розжиг эжектором), физической энергией водителя (ручной вентилятор), электрической энергией (электровентилятор) или энергией двигателя (розжиг двигателем).

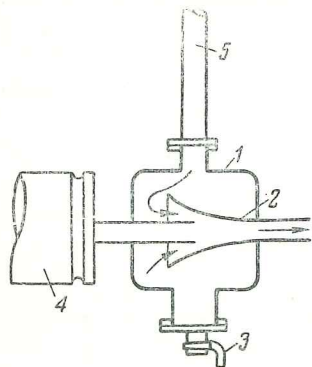


Рис. 152. Схема эжектора для розжига газогенератора:

1 — корпус эжектора; 2 — конус;  
3 — спускной краник; 4 — глушитель;  
5 — газопровод

Эжекторы, применяемые для розжига, работают от выхлопных газов двигателя. Эжекторы включаются в один из газопроводов установки. Устройство эжектора видно из схемы (рис. 152).

Обычный центробежный ручной вентилятор, применяемый для розжига, включается в газопровод газогенераторной установки. Он засасывает в газогенератор воздух и отсасывает продукты горения в атмосферу. Вместо ручных вентиляторов в современных установках применяют электрические, питающиеся током от аккумуляторов системы электрооборудования машины (см. установки ЗИС, ЛТА, НАТИ Г-14 и др.).

Отсасывающее действие, необходимое для розжига газогенератора, можно получить и с помощью двигателя машины. Для этого его пускают на бензине и соединяют с газогенераторной установкой через частично открываемый дроссель смеси в смесителе; воздушный дроссель в смесителе в это время должен быть закрыт. При создавшемся разрежении во всей системе установки воздух засасывается в топливник, а продукты сгорания отсасываются в цилиндры двигателя. Двигатель работает при этом на среднем числе оборотов. Розжиг при помощи эжекторов неудобен: он занимает до 45 мин. и требует работы двигателя на бензине. Розжиг ручным вентилятором также длится иногда до 20 мин., требует человеческой энергии и мало эффективен. Поэтому розжиг эжектором и ручным вентилятором в современных установках не применяется. Розжиг двигателем является наиболее быстрым, занимая в среднем 5—6 минут, но также имеет ряд недостатков: расход бензина за время работы двигателя при розжиге, увеличенный износ двигателя, возможность детонации смеси из-за повышенной степени сжатия и попадание в двигатель некоторого количества смол, которые не успевают сгорать в первоначальный период газификации из-за низкой температуры активной зоны.

Значительно лучше и удобнее розжиг электровентилятором. Хотя такой розжиг более продолжителен, чем розжиг двигателем (до 10 мин.), но зато он не имеет недостатков, свойственных розжигу двигателем, и требует только исправных аккумуляторов.

Конец розжига газогенератора и готовность его к питанию газом двигателя определяется по появлению почти бесцветного газа, который выходит из отверстия вентилятора или воздухоподводящей трубы, или специального отверстия в газопроводе, снабженного контрольным краником. При пробном зажигании от спички этот газ дает устойчивое ровное пламя фиолетового цвета.

Не рекомендуется вводить в отверстие для розжига незажженный факел, так как пары керосина или бензина, попавшие внутрь газогенератора, могут образовать взрывчатую смесь с воздухом.

В настоящее время к каждой газогенераторной машине заводом прилагается факел с асбестовой обмоткой.

### ПУСК ДВИГАТЕЛЯ И ПЕРЕВОД ЕГО НА ПИТАНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫМ ГАЗОМ

Двигатель, приспособленный для работы на генераторном газе, запускается или непосредственно на газе, или же на бензине с последующим переводом на питание газом.

Для пуска на газе холодного двигателя необходимо, чтобы процесс газификации топлива был устойчивым и интенсивным, обеспечивая нужное количество хорошего газа. Кроме того, нужно пусковое устройство, которое могло бы легко преодолеть большую степень сжатия газозвушной смеси в цилиндрах, а также сильная искра в свечах.

Пуск двигателя непосредственно на газе применяется пока только на автомобилях, снабженных, как правило, усиленным электрооборудованием с более мощным стартером и надежной системой зажигания (автомобили ЗИС-13, ГАЗ-42, ЗИС-21). В тракторных двигателях пуск на газе осуществлен только в двигателе МГ-17 при помощи бензинового двигателя В-20. Для облегчения пуска двигателя на газе элементы газогенераторной установки должны быть заполнены газом вплоть до смесителя. Такое заполнение лучше всего достигается розжигом газогенератора при помощи электровентилятора.

Перед пуском двигателя на газе дроссель газозвушной смеси открывается на одну четверть или на одну треть, воздушный дроссель открывают полностью, включают зажигание и устанавливают его на небольшое опережение, затем проверяют устойчивость горения газа, после чего нажимают кнопку стартера. При пуске манетку тяги воздушного дросселя необходимо перемещать до получения состава смеси, обеспечивающего 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 причины отсутствия вспышки.

После того как двигатель пущен, увеличивают открытие газозвушного дросселя и опережение зажигания и ставят воздушный



дроссель в наиболее выгодное положение, т. е. такое, при котором двигатель работает ровно и бесперебойно.

Пуск двигателя на бензине с последующим переводом на питание газом производится следующим образом.

Закрывают все дроссели в смесителе, открывают сообщение карбюратора с бензиновым баком, устанавливают зажигание на запаздывание вспышки, приоткрывают дроссель смеси карбюратора и двигатель пускают обычным путем. Когда двигатель проработал на бензине некоторое время, необходимое для его прогрева, можно начинать перевод питания на газ.

Перевод производится при нормальном числе оборотов; для этого частично открывают воздушный дроссель и дроссель газовоздушной смеси в смесителе и частично прикрывают дроссель смеси в карбюраторе. Если при переводе двигатель начинает снижать число оборотов, то все дроссели возвращают в положение, в котором они находились до начала перевода. Доведя число оборотов двигателя до нормального, процесс перевода повторяют вновь до того момента, когда двигатель, параллельно питаясь газовоздушной и бензиновоздушной смесью, будет работать без перебоев, поддерживая нормальное число оборотов. После этого дроссель газовоздушной смеси в смесителе постепенно открывают, одновременно постепенно закрывая дроссель смеси в карбюраторе. Таким образом достигается плавный переход двигателя на питание газовоздушной смесью.

Для улучшения качества газовоздушной смеси, облегчающего ее воспламенение при переводе двигателя, приходится пользоваться воздушным дросселем в смесителе, меняя величину его открытия во время перевода на газ.

Когда двигатель переведен полностью на питание газовоздушной смесью, закрывают кран, открывающий доступ бензину из бака в карбюратор, и увеличивают опережение зажигания соответственно числу оборотов. Число оборотов двигателя регулируется открытием дросселя газовоздушной смеси, а качество последней — положением воздушного дросселя.

Если газогенератор разжигается двигателем, то перевод двигателя на питание газовоздушной смесью начинается сейчас же после определения готовности газа. Для этого приоткрывают дроссель газовоздушной смеси, отчего при хорошем качестве газа сразу возрастает число оборотов двигателя. Самый же процесс перевода остается аналогичным вышерассмотренному.

## ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН ПРИ РАБОТЕ

При эксплуатации газогенераторной машины бункер газогенератора должен загрузаться топливом примерно через 1—1½ часа непрерывной работы двигателя. За этот период уровень топлива в загруженном полностью бункере уменьшается на  $\frac{3}{4}$  или  $\frac{1}{2}$  его высоты.

Дальнейшая работа газогенератора без догрузки может привести к нарушению процесса газификации, уменьшению интенсивности газообразования и, наконец, к остановке двигателя. Кроме того,

если топливо в газогенераторе будет выжжено, то после дальнейшей загрузки бункера свежим топливом процесс газификации также может быть нарушен. Это будет вызвано тем, что холодное влажное топливо снизит температуру в активной зоне и ухудшит сжигание и разложение смол. Чтобы процесс газификации шел бесперебойно и топливо в бункере постепенно подсушивалось, загрузку следует производить в среднем через указанные промежутки времени.

Топливо засыпается через загрузочный люк газогенератора. Люк следует открывать на возможно короткое время, чтобы через него в генератор не попало большое количество воздуха, который может понизить температуру в активной зоне и этим нарушить процесс газификации. Иногда попавший в газогенератор воздух, соединяясь с газом, дает внезапные вспышки. Поэтому во избежание ожогов при загрузке нельзя наклонять голову над отверстием люка. После загрузки крышку люка необходимо сейчас же плотно закрыть.

После остановки двигателя на 5—10 минут в большинстве случаев его можно пустить непосредственно на газе, немного приоткрыв воздушный дроссель и дроссель газовоздушной смеси. Если двигатель запустить непосредственно на газе трудно, как это часто бывает с тракторными двигателями, прибегают к пуску его на бензине и затем быстро переводят на газ.

После более длительных остановок (от 10 до 20 минут) двигатель запускают на бензине или на газе после короткой раздувки газогенератора электровентилятором. После остановки, длившейся от 20 минут до 2 часов, для пуска двигателя всегда необходим предварительный раздув газогенератора естественной тягой или раздувочным устройством и проба готовности газа. После этого двигатель пускается или прямо на газе, или прогревается на бензине и переводится на питание газом.

После остановок больше чем на 2 часа перед пуском двигателя приходится интенсивно раздувать газогенератор, или даже разжигать его факелом.

При раздувке естественной тягой во время стоянок загрузочный и зольниковый люки надо открывать неполностью, чтобы избежать сильного разгорания топлива и поднятия зоны горения выше топливника. Если крышка загрузочного люка имеет специальное отверстие для прохода воздуха, то для раздувки и поддержания горения в газогенераторе можно загрузочный люк не открывать, а открыть только отверстие крышки (вынув прикрывающую его пробку).

Если в газогенераторе образуются своды и уменьшается подача газа в смеситель, приходится прибегать к шуровке топлива, открывая на короткое время загрузочный люк и разрыхляя чурки и уголь без их уплотнения и дробления.

В большинстве газогенераторных установок процесс газификации топлива ухудшается, если двигатель долгое время работает на малых оборотах, так как малые скорости и недостаточное количество поступающего в топливник воздуха уменьшают интенсивность горения и температуру в активной зоне. В связи с этим увеличивается возможность засмоления двигателя, так как ухудшаются условия



сгорания и разложения смол. Поэтому работу двигателей газогенераторных машин рекомендуется поддерживать на нормальном или среднем числе оборотов, допуская малое число оборотов в течение не более 15 минут.

По указанным выше причинам, длительная езда на машинах с параллельным питанием двигателя бензиновой рабочей смесью и газовоздушной (т. е. с присадкой бензина) также не рекомендуется. Однако в отдельных случаях, например на затяжных подъемах, при трогании с места, можно допускать кратковременную присадку бензина для усиления мощности двигателя.

На крутых спусках лучше не уменьшать подачу газовоздушной смеси в двигатель, а прикрывать воздушный дроссель смесителя, чтобы не нарушить процесс газификации в газогенераторе.

Правильная установка опережения зажигания имеет весьма большое значение для газогенераторного двигателя, так как для сгорания газовоздушной смеси требуется больше времени, чем для бензиновоздушной. Поэтому при езде необходимо величину опережения зажигания устанавливать соответственно оборотам и условиям работы двигателя, добиваясь наиболее выгодного положения и используя значительный диапазон изменения величины опережения, достигающего до 45°.

Во всех случаях регулировки качества газовоздушной смеси необходимо пользоваться воздушным дросселем смесителя.

Последнюю догрузку газогенератора следует производить с таким расчетом, чтобы по приезде в гараж в бункере осталось топлива по высоте не меньше половины. Это облегчит последующий розжиг газогенератора.

Всегда нужно стремиться к тому, чтобы для питания двигателя газогенераторной машины бензин применялся в самых ограниченных пределах. Для максимальной экономии бензина необходимо, чтобы газогенераторная установка и двигатель тщательно подготовлялись к работе и чтобы трактористы и шоферы имели необходимые практические навыки.

Нужно также помнить, что двигатель, имеющий повышенную степень сжатия, не предназначен для работы на бензине, поэтому злоупотребление использованием последним может привести к явлениям детонации со всеми вытекающими из этого последствиями.

## ГАРАЖНЫЙ УХОД

По прибытии газогенераторной машины в гараж необходимо выпустить конденсат через спускные краны или пробки, после чего плотно закрыть все люки и отверстия как в самом газогенераторе, так и в остальных частях установки. Если люки и воздухоподводящие отверстия оставить открытыми, горение топлива в газогенераторе полностью не прекращается и в нем, благодаря притоку кислорода воздуха, будет происходить медленное горение в течение продолжительного времени.

Наружные части охлаждающе-очистительной батареи, загрязнившиеся во время поездки, необходимо мыть, так как грязь уменьшает теплоизлучение и ухудшает охлаждение газа,

В обслуживание газогенераторной установки входят: чистка зольника и газогенератора в целом, чистка очистителя, охладителя, смесителя, вентилятора и трубопроводов, а также смазка вентилятора.

Наиболее частой очистки требует зольник. Для того чтобы зола и угольная мелочь свободно проваливались на дно зольника и не повышали сопротивления движению газа, необходимо тщательно очищать колосниковую решетку (если она есть). Чистка колосников и выгревание золы из зольника производится через зольниковый люк при помощи металлического стержня с загнутым концом.

В автомобильных газогенераторах (автомобиль ЗИС-13 и ЗИС-21) зольник очищают через 700—800 км пробега машины и выше в зависимости от состояния дорог, условий движения и качества применяемого топлива. Эти газогенераторы не имеют специальной зольниковой камеры, ею служит нижняя их часть, не отделенная колосниковой решеткой и предназначенная также для добавочного восстановительного слоя угля.

При работе газогенератора на древесной щепе чистка зольника и колосниковой решетки производится значительно чаще (через 500—600 км).

В тракторных газогенераторах зольник очищают ежедневно (через 10—20 часов работы).

Очистка газогенераторов, работающих на древесном угле, должна производиться через 200—300 км пробега.

Полная очистка газогенератора производится на автомобилях через 1500—2000 км, а на тракторах через 250—300 часов работы. При очистке газогенератора 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 газогенератора.

В газогенераторах, имеющих добавочную восстановительную зону, через 300—400 км пробега производят проверку ее уровня и догрузку угля.

Чистка грубых очистителей в зависимости от их конструкции производится после 700—1000 км пробега автомобиля или через 40—60 часов работы трактора. Циклонные очистители на тракторах очищаются ежедневно, одновременно с зольником газогенератора.

Очистители для тонкой очистки газа должны очищаться в следующие сроки: в автомобильных установках, работающих на древесных чурках, — через 3000—4000 км; в древесно-угольных установках — через 700—900 км; в тракторных установках — через 40—80 час. работы.

Чистка жидкостных очистителей заключается в смене очищающей жидкости; в сухих очистителях промывают фильтрующие сетки водой или керосином и очищают или меняют фильтрующую материю. В поверхностных очистителях промывают водой и керосином цилиндры и коробки, а также внутреннее устройство очистительной батареи. Чистка динамических очистителей заключается в удалении отфильтрованных примесей через отъемное дно или люк



(в центробежном очистителе). Внутренние детали очистителей промываются в ванне или брандспойтом, а корпуса очистителей чаще всего очищают скребками соответствующей формы.

Охладители чистят скребками или промывают после 800—1000 км пробега автомобиля или через 40—60 час. работы трактора (ХТЗ-Т2Г). В батарейно-трубчатых охладителях очищают коллекторные коробки и соединяющие их трубы, в радиаторах-охладителях— верхний и нижний резервуары и сердцевину. В сварных конструкциях эти элементы чистят одновременно, в разборных их лучше чистить раздельно.

При уходе за охладителями и очистителями необходимо ежедневно, а также и во время длительных стоянок спускать конденсат.

Чистка смесителя, вентилятора и трубопроводов производится редко (через 8000—10 000 км пробега автомобиля или через 400—500 часов работы трактора). Обычно чистку производят после того, как при внешнем осмотре снятого смесителя на стенках его корпуса обнаруживаются 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 и промыть в керосине или скипидаре. Вместе со смесителем чистится и всасывающий коллектор.

Наличие смолы и сажи в смесителе указывает на то, что они, возможно проникли в двигатель и могут вызвать его неисправности.

Поэтому при чистке смесителя необходимо снять головку блока цилиндров, осмотреть камеру сгорания, стенки цилиндров, поршни и клапаны. Если при этом в двигателе окажутся смолисто-сажистые отложения и нагар, их необходимо удалить.

Газопроводные трубы и вентилятор промывают или прочищают металлическими щетками-ершами.

Фланцевые соединения следует проверять ежедневно, чтобы предупредить появление подсосов воздуха, нарушающих работу двигателя и установки. Поврежденные асбестовые прокладки заменяют новыми, предварительно промазав их графитовой мазью.

Этой же мазью следует периодически смазывать и исправные прокладки.

Мотор электровентилятора смазывается в сроки, указанные заводскими инструкциями.

Периодичность чистки отдельных элементов газогенераторной установки зависит от многих причин, из которых важнейшую роль играют совершенство конструкций, правильная эксплуатация всей машины и надлежащий уход за установкой. Поэтому приведенные цифры следует считать ориентировочными и их надо корректировать в соответствии с заводскими инструкциями, нормами, установленными по Наркомлесу, и примерными показателями, достигнутыми лучшими стахановцами авто-тракторных баз механизированных лесопунктов.

## УХОД В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Генераторный газ, как правило, содержит пары воды, так как полного освобождения его от влаги обычно не происходит. Поэтому возможно замерзание воды в агрегатах, расположенных за тонкими очистителями, т. е. в газоподводящем патрубке смесителя, в самом смесителе и во всасывающем коллекторе двигателя. Кроме того, при несвоевременном спуске конденсата из отстойников очистителей и охладителей он также может замерзнуть.

Замерзание воды может вызвать перебои в работе смесителя, нарушить движение газа и привести к остановке двигателя.

Чтобы предупредить замерзание воды в газогенераторных установках, рекомендуется надевать теплые чехлы-капоты на последний очиститель, выключать охладительную секцию в радиаторе-фильтре (установка ЛС-1-3), отеплять газоподводящие патрубки и отстойники, обертывая их войлоком или другим материалом.

При особо низких температурах ( $-30$ — $-50^{\circ}$  Ц) следует подогревать смеситель и всасывающий коллектор, сделав для них специальный обогреватель-кожух, сообщающийся с выхлопным коллектором.

При запуске двигателя газогенераторной машины в холодном помещении в радиатор обязательно должна быть залита горячая вода, а в картер разогретое масло. Холодный двигатель следует сначала проверить при помощи пусковой рукоятки, чтобы не испортить аккумуляторы и стартер.

## НЕИСПРАВНОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ МАШИН И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Как показала практика, в газогенераторных машинах наиболее часты неисправности, связанные с перебоями в работе двигателя, происходящими от нарушения процесса газификации топлива, от недостаточного охлаждения и очистки газа и от плохого качества газовой смеси.

Все эти явления вызываются отсутствием надлежащего ухода и предупредительного ремонта, применением сырого топлива, недоброкачественным изготовлением установки, неудовлетворительным креплением и т. д.

Наиболее часто встречающиеся неисправности и способы их устранения сведены в табл. 29 (стр. 234—237).

В ряде случаев при эксплуатации газогенераторных машин на лесовывозке обнаруживается недостаточная прочность крепежного материала, поставленного при монтаже отдельных частей газогенераторных установок. Болты малого диаметра, легкие хомуты и скобы, слабые опорные лапы у газогенератора и очистителей машины не выдерживают возникающих усилий и ломаются. Такой крепежный материал должен быть заменен более прочным.

Ежедневным осмотром креплений и их подтяжкой можно предупредить ослабление соединительных швов в газогенераторе



Таблица 29

Характер неисправности	Причины неисправности	Способы определения неисправности	Способы устранения неисправности
1. Двигатель не заводится на бензине	<p>Чрезмерно бедная рабочая смесь вследствие засасывания воздуха через рез смесигль из-за неплотного закрытия дросселей смесигеля</p> <p>Частичное или общее засмоление всасывающих клапанов из-за млигельной работы при малом числе оборотов или из-за очень большой влажности топлива, а в древесноугольных газогенераторных установках из-за применения угля плохого качества (неполного выжига).</p>	<p>Определяется по слабому засасыванию воздуха в карбюратор.</p> <p>Определяется по отсутствию компрессии в двигателе и вспыхкам в карбюраторе</p>	<p>Плотно пригнать дроссели в смесигеле.</p> <p>При небольшом засмолении влить в систему охлаждения горячую воду, а в цилиндры в отверстия для свечи залить бензин; снять всасывающий и выхлопной коллекторы, закрыть пробками всасывающие и выхлопные отверстия, залить в цилиндр коленчатый вал до тех пор, пока клапаны не придут в нормальное рабочее состояние. При большом количестве заливаемого в цилиндры бензина перед пуском двигателя следует сменить масло в картере. В случае сильного засмоления клапанов снять головку блока и тщательно прочистить клапаны и направляющие.</p>

2. Двигатель не переводится на питание газом	<p>Плохое качество газа, вызываемое работой на сыром топливе, попаданием в газогенератор воздуха через неплотно закрытые люки, засорением зольника или других элементов газогенераторной установки, зависанием топлива, трещинами в топливнике по линии воздушного пояса, подсосами воздуха в местах соединения различных элементов газогенераторной установки</p>	<p>Определяется пробным поджиганием генераторного газа в выхлопной трубе вентилятора: газ плохого качества не горит; полученный из влажного топлива очень сырой газ оставляет на руке, поднесенной к отверстию вентиляторной трубы, капли влаги. Если есть подсос в газогенераторе или трещины в топливнике, газогенератор сильно нагревается. Засорение газогенераторной установки обнаруживается по слабому засасыванию воздуха в воздушные отверстия и сильному подсосу воздуха через неплотности в соединениях элементов установки. Для обнаружения подсоса следует остановить двигатель, закрыв заслонки смесигеля, и внимательно осмотреть установку. В имеющиеся щели будет струйками выходить газ.</p>	<p>Если топливо влажное, открыть крышку бункера на тридцать—сорок минут и дать топливу подсохнуть. При подсосе воздуха через люки газогенератора установить новые абсорбентные прокладки и плотно пригнать крышки люков. При засорении установки очистить зольник, охладитель и очистители, в зимнее время внимательно осмотреть места скопления конденсата, так как при низкой температуре он может замерзнуть и создать препятствие для прохода газа. При обнаружении трещины в топливнике заварить ее.</p>
3. Двигатель переводится с бензина на газ, но работает с перебоями.	<p>Плохое качество газовой смеси; чрезмерно богатая или, наоборот, бедная смесь в результате недостаточного или избыточного количества воздуха (из-за подсосов); недостаточное или избыточное количество воздуха, поступающего в смесигтель. Засмоление клапанов.</p>	<p>Определение мест подсосов см. в п. 2. Засмоление клапанов обнаруживается по неравномерной работе двигателя и выстрелам в карбюратор. Чтобы окончательно установить это-го рода неисправность, следует осмотреть клапаны.</p>	<p>Для получения нормального качества газовой смеси изменить положение воздушного дросселя. Подсосы воздуха через неплотности и засмоления клапанов устранить способами, описанными в п.п. 1 и 2.</p>



Характер неисправности	Причины неисправности	Способы определения неисправности	Способы устранения неисправности
4. Двигатель работает на газе, но развивает неравномерную мощность, которая внезапно падает и затем снова восстанавливается.	Кратковременные перебои в поступлении необходимого количества газа в смеситель. Перебои могут возникнуть в результате образования сводов топлива в газогенераторе или сопротивления от конденсата, который скапливается в наиболее низких местах установки и образует зазоры. Наконец, перебои вызваны наличием подсоса воздуха через неплотности установки, появившиеся от сотрясения при езде.	Обнаруживается проверка мест соединения элементов газогенераторной установки, а также по неравномерной работе двигателя.	Своды топлива устранить шурвкой, зазоры из конденсата — спуском его через специальные отверстия. При неплотностях в соединениях подтянуть болты и гайки или сменить прокладки.
5. Двигатель при работе на газе постепенно снижает развиваемую им мощность.	Непрерывное ухудшение качества газа, поступающего в смеситель. Основными причинами этого явления могут быть: 1) ухудшение газообразования от недостатка топлива; 2) увеличение подсоса воздуха через неплотности в установке; 3) засорение газогенератора или других частей газогенераторной установки; 4) продолжительная работа двигателя при малом числе оборотов.	Определяется по постепенному снижению числа оборотов и мощности двигателя.	Досыпать топливо или очистить зольник газогенератора, очиститель и охладитель. После длительной работы двигателя при малом числе оборотов перевести его на среднее число оборотов без нагрузки. После того как двигатель бесперебойно проработает на форсированных оборотах, его можно постепенно нагружать.

и других местах, а также в значительной степени избежать появления трещин и поломок.

Высокая температура активной зоны газогенератора 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 необходимости замены топливника. Прогары могут образоваться не только в топливнике, но и в других частях газогенератора, близких к топливнику (в воздушной камере, бункере, наружном кожухе и др.). Такие прогары являются следствием или воздушных подсосов, вызывающих повышение температуры у мест подсосов, или недоброкачественности материала соответствующих деталей. Наложив и приварив заплату из прочного металла, можно заделать места прогара; одновременно нужно устранить причины их появления.

Кроме прогаров, встречаются случаи разъедания бункера и наружного кожуха, а также крышки загрузочного люка уксусной кислотой, выделяющейся при сухой перегонке дерева, служащего топливом для газогенератора.

Предохранить газогенератор от действия кислоты можно омеднением внутренней поверхности бункера, установкой в бункере специальной медной облицовки или употреблением в качестве материала для бункера кислотоупорной стали. Поврежденные кислотой места заделываются также наложением заплат и заваркой.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРЫ

В процессе эксплуатации газогенераторных машин необходимо соблюдать следующие основные правила по технике безопасности:

1. В целях предохранения от ожога при загрузке газогенератора топливом и при шурвке не следует наклонять голову над загрузочным люком. Ожог может произойти при вспышке генераторного газа в момент соединения его с воздухом при открытии загрузочного люка. На руках заправляющего газогенератор должны быть рукавицы.

2. При открытии зольниковых люков и воздухоподводящих отверстий горячего газогенератора нельзя смотреть в них на близком расстоянии, так как возможны ожоги от вспышки газа и выбрасывания пламени.

3. При очистке открытых элементов очистителей, в то время когда они могут быть наполнены генераторным газом (по приезде в гараж), нельзя подносить к ним огонь во избежание вспышек оставшегося газа и могущих произойти ожогов.

4. Так как генераторный газ содержит в себе около 20% окиси углерода, то во избежание угорания необходимо:

а) во время загрузки газогенератора, когда открыт загрузочный люк, стараться не вдыхать газ;



- б) стремиться к тому, чтобы газогенераторная машина с работающим двигателем находилась в гараже наиболее короткое время;
- в) иметь в гараже вытяжные и вентиляционные устройства; при розжиге и при заглушении после работы газогенераторы следует ставить под вытяжными устройствами.

Из основных противопожарных мер необходимо соблюдать следующие:

1) при эксплуатации газогенераторных машин легко воспламеняющиеся материалы и предметы не должны соприкасаться с газогенератором до тех пор, пока он совершенно не остынет. Это необходимо делать потому, что наружные нижние части газогенератора при работе нагреваются до 300—400° Ц;

2) не следует допускать въезд газогенераторных машин на территорию, где не разрешается наличие открытого огня, и тем более нельзя там загружать газогенераторы или останавливать двигатель;

3) нельзя перевозить на газогенераторных машинах огнеопасные (легковоспламеняющиеся) грузы;

4) нельзя наливать бензин в пусковой топливный бак при работе двигателя;

5) зольник газогенератора необходимо чистить только тогда, когда он остынет; чистку зольника в горячем газогенераторе надо производить в безопасном в пожарном отношении месте; остатки, удаленные из зольника, следует заливать водой;

6) после заглушения газогенератора необходимо установить за ним наблюдение до полного остывания во избежание самовозгорания топлива;

7) в гараже следует иметь в постоянной готовности огнетушители, ящики с песком и лопаты, а также аптечку с медикаментами, необходимыми для оказания помощи при ожогах, угаре и ранениях.

## Глава XI

### ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО\*

Задачей топливного хозяйства в механизированных лесопунктах является бесперебойное снабжение всех газогенераторных машин твердым топливом и создание не менее чем десятимесячного его запаса. Такой запас необходим для того, чтобы можно было организовать воздушную сушку топлива. В функции топливного хозяйства входит:

1) определение потребного количества древесины, подлежащей заготовке на топливо-заготовительных базах,

2) заготовка древесины,

3) хранение и сушка заготовленной древесины,

4) разделка древесины на чурки,

5) хранение чурок,

6) сушка чурок,

7) учет приема и выдачи топлива,

8) организация линейных складов,

9) заготовка древесного угля.

Отдельные этапы ведения топливного хозяйства изложены ниже в порядке приведенной последовательности.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ, ПОДЛЕЖАЩЕГО ЗАГОТОВКЕ

Количество заготавливаемой древесины определяется на основе среднего эксплуатационного расхода чурок 15—20% абс. влажности на одну машину. Средний расход сухих чурок для тракторов определяют на один час работы двигателя, а для автомобилей — на один километр пробега.

Для наиболее распространенных в лесной промышленности газогенераторных машин может быть принят следующий средний расход чурок:

Трактор „Сталинец-60“ с установкой ЛС-1-3 . . .	30 кг/час
Трактор „Сталинец-65“ с установкой НАТИ Г-25 . . .	35 „
Автомобили ЗИС-13 и ЗИС-21:	
при работе с прицепом . . . . .	1,6 кг/км
„ „ без прицепа . . . . .	1 „

\* Глава составлена в соответствии с временной инструкцией технического отдела Наркомлеса СССР от 28 февраля 1939 г. по заготовке и хранению древесного топлива для газогенераторных тракторов и автомобилей.



Зная расход чурок на один час работы трактора и на один километр пробега автомобиля, легко определить расход топлива на машиномену, расход суточный, месячный и годовой на одну машину, а также и расход чурок на все машины лесопункта.

Определив расход в весовых единицах, необходимо вычислить его в объемных единицах, пользуясь следующими данными:

Порода	Средний насыпной вес 1 м <sup>3</sup> чурок 15—20% абс. влажности в кг
Дуб . . . . .	350
Береза . . . . .	320
Сосна . . . . .	277
Ель . . . . .	265

При переводе складских объемных единиц в плотные коэффициент полндревесности чурок принимают равным 0,55.

Далее необходимо подсчитать потери древесины при разделке ее на чурки.

При заготовке чурок из сухостойного леса или из воздушно-сухой древесины эти потери ориентировочно можно принять (в процентах к объему сырой древесины) в следующих размерах:

- а) при распиловке на плашки (опилки) . . . . . 8%
- б) при расколке плашек на чурки (мелкая щепка) и при перевалке чурок . . . . . 6%
- в) при сушке чурок до требуемой влажности (усушка) . . . . . 8%

Если сушку чурок производят в специальных сушилках, то необходимо еще учесть расход древесины на работу сушилок (в качестве топлива).

### ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ

Древесину, предназначенную для разделки на чурки, заготавливают обычными способами. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

а) древесина может заготавливаться как из лиственных, так и хвойных пород; однако необходимо учитывать преимущества твердых пород перед мягкими при газификации;

б) заготавливаемая древесина не должна иметь гнили; другие пороки древесины допускаются;

в) при заготовке древесины в первую очередь должны быть использованы: сухостойный лес без гнили, вершинник, толстые сучья и горельник, а также отходы лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, где они имеются;

г) при заготовке топлива из сырорастущей древесины длинником бревна для скорейшей просушки следует подвергать окорке или пролыске, а при заготовке коротьем (1—2 м) поленья должны быть расколота;

д) пролыску длинника следует производить топором или лопатками до заболони древесины; ширина полос коры, остающейся между пролысками, должна быть около 6 см;

е) использование деловой древесины для заготовки газогенераторного топлива не разрешается.

### ХРАНЕНИЕ И СУШКА ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Заготовленную древесину вывозят (главным образом в зимнее время) на топливо-разделочную базу, где ее укладывают так, чтобы создать лучшие условия для воздушной сушки. С этой целью площадку для топливо-разделочной базы выбирают на открытых возвышенных, незатопляемых и незаболоченных местах, вблизи авто-тракторных баз.

Древесину, заготовленную длинником, укладывают в рядовые штабели на сляги диаметром 20 см. Между каждым рядом бревен кладутся сляги диаметром 15 см.

Древесину, заготовленную коротьем, укладывают в клеточные поленицы на сляги диаметром 20 см.

При ручной укладке штабелей и полениц их делают высотой 2 м и длиной до 20 м. Разрывы между штабелями длинника должны быть не менее 2 м, между поленицами коротья в расколотом виде — не менее 1 м, а между шарами полениц — не менее 2 м. Кроме указанных разрывов, обязательно сохраняются установленные противопожарные разрывы.

Если позволяет площадь топливо-заготовительной базы, целесообразно уменьшать плотность укладки древесины в штабели и поленицы, чтобы достичь лучшего просушивания. Разрывы между штабелями и поленицами полезно увеличивать для более удобного подъезда при подвозке древесины.

Общий запас древесины в виде долготья, коротья и чурок должен обеспечивать к началу зимнего сезона не менее, чем 10-месячную работу авто-тракторного парка лесопункта. Запас заготовленной древесины на топливо-заготовительной базе в долготье или коротье должен покрывать семимесячную потребность лесопункта в твердом топливе, трехмесячная потребность удовлетворяется запасом древесины в виде чурок.

### РАЗДЕЛКА ДРЕВЕСИНЫ НА ЧУРКИ

Заготовленная и доставленная на топливо-заготовительную базу древесина должна быть распилена на плашки и расколота на чурки определенных размеров.

Для тракторов ЧТЗ с газогенераторными установками ЛС-1-3, НАТИ Г-25 и автомобилей ЗИС-13 и ЗИС-21 чурки должны быть размером 60 мм × 60 мм × 80 мм, а для автомобилей ГАЗ-42 с газогенераторными установками НАТИ Г-14 — 40 мм × 40 мм × 50 мм. Форма чурок может быть различна и неправильна, но по размерам они должны быть по возможности одинаковы, что необходимо для нормального процесса газификации.

Распиловка древесины на плашки должна производиться балансирными или циркульными пилами.

Из пильных станков, выпускаемых заводами Лесобуммашины, для установки на топливо-заготовительных базах пригодны:



1) балансирующий станок ЦКБ с нижней подачей, 2) балансирующий станок ЦБ с верхней подачей, 3) маятниковая пила ЦКМ.

### Балансирующий станок ЦКБ

Основной частью станка (рис. 153) является качающаяся рама (баланси́р), на которой в двух подшипниках установлен пильный вал со шкивом.

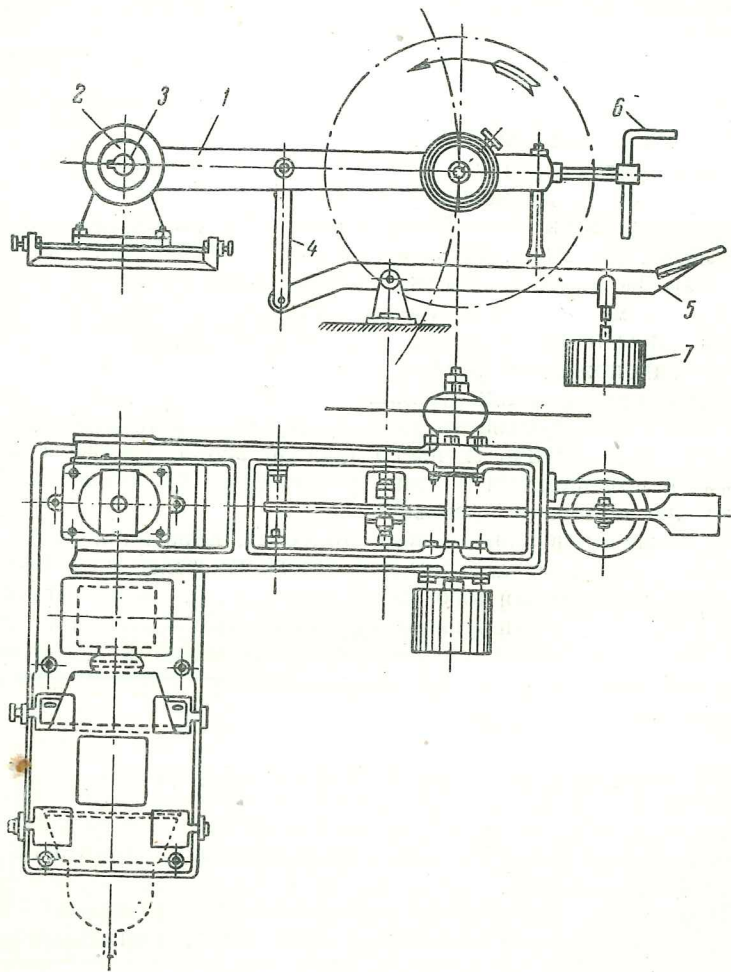


Рис. 153. Балансирующий станок ЦКБ

Балансирующая рама 1 насажена на эксцентрики 2, надетые на вал 3. Натяжение ремня регулируется поворотом эксцентриков 2. При помощи упора 4 пилу можно поднимать, нажимая ногой на педаль 5, или при помощи рукоятки 6. Груз 7 предназначен для облегчения подъема пилы. Пила опускается под действием веса рамы (баланси́ра) и пилы. Нормальная мощность двигателя для привода этого

станка равна 6,8 квт. Пильный вал станка делает 1500 об/мин. Диаметр пилы доходит до 700 мм.

Станок ЦКБ рассчитан на поперечную распиловку кряжей диаметром до 250 мм.

### Балансирующий станок ЦБ

Для более толстых кряжей может быть использован станок ЦБ с верхней подачей (рис. 154).

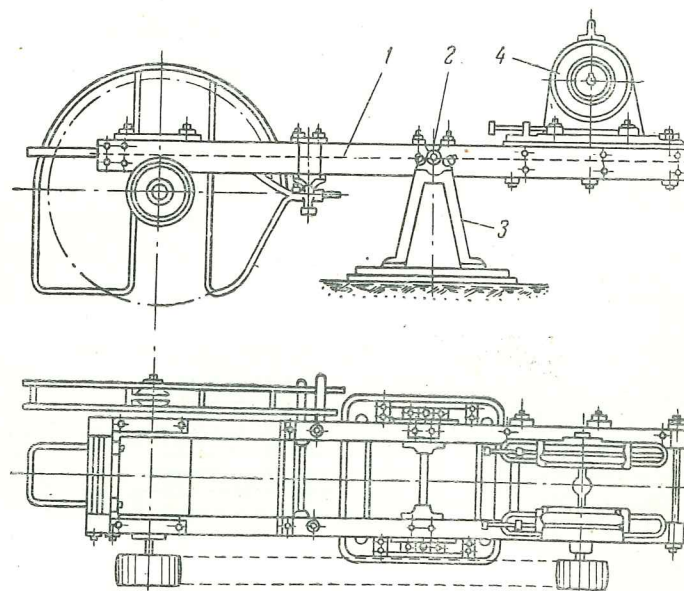


Рис. 154. Балансирующий станок ЦБ

Балансирующая рама 1 этого станка состоит из брусков сечением 140 мм × 90 мм и качается на горизонтальной оси 2, закрепленной в двух чугунных подставках 3. Электромотор 4 установлен на той же балансирующей раме и одновременно служит противовесом. Для натяжения ремня мотор перемещается по раме в направляющих салазках.

Диаметр пилы 1000—1200 мм, максимальный диаметр распиливаемых кряжей 400 мм, пильный вал делает 900 об/мин. Нормальная мощность двигателя 6,8 или 7,5 квт.

### Маятниковый станок ЦКМ

Значительно меньше распространены маятниковые станки, один из которых изображен на рис. 155. Диаметр пильного диска такого станка до 700 мм, число оборотов пильного вала 1500 об/мин.

Нормальная мощность электромотора — 4,5 квт.



## Производительность пильных станков

Производительность балансирных станков может быть определена по формуле:

$$П_ч = \frac{3600 \cdot \varphi \cdot M}{T \left( \frac{L}{l} - 1 \right)} \text{ пл. м}^3,$$

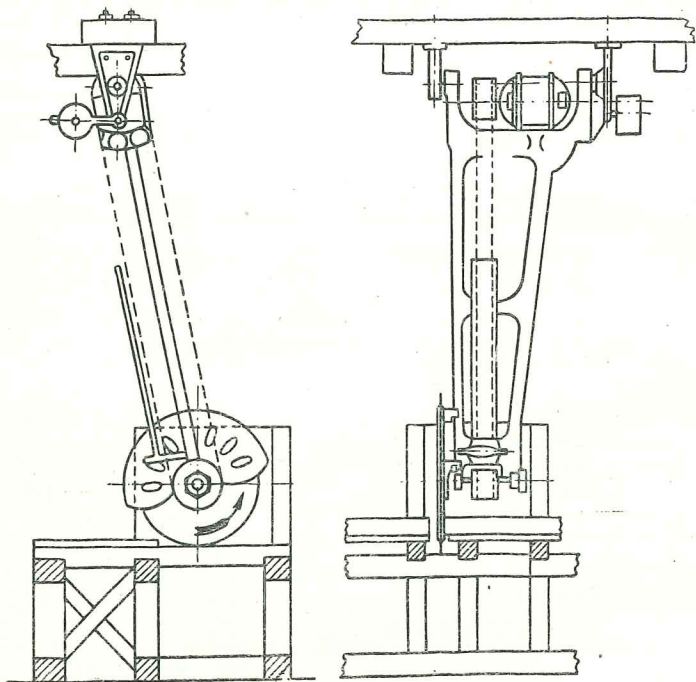


Рис. 155. Маятниковый станок ЦКМ

где:

- $П_ч$  — производительность станка в час в пл. м<sup>3</sup>;
- $\varphi$  — коэффициент использования станка по времени с учетом простоев;
- $M$  — объем распиливаемого бревна в пл. м<sup>3</sup>;
- $T$  — полное время, затрачиваемое на 1 пропил, с учетом всех вспомогательных операций в сек.;
- $L$  — длина распиливаемого бревна в метрах;
- $l$  — длина полена или плашки, получаемых в результате распиловки, в метрах.

Полное время, затрачиваемое на один пропил  $T$ , указано в табл. 30 (стр. 245).

Практически при поперечной распиловке плашек для газогенераторов производительность балансирного станка составляет от 6 до 10 пл. м<sup>3</sup> в смену.

Таблица 30

Операции	Продолжительность операций (в сек.) при диаметре кряжа в см					
	15	20	25	30	35	40
Опускание пилы до соприкосновения с кряжем <sup>1</sup> . . . . .	1	1	1	1	1	1
Пиление <sup>1</sup> . . . . .	1	1,7	2,7	4	5,5	8
Подъем пилы <sup>1</sup> . . . . .	1	1	1,5	1,5	2	2
Подача кряжа вдоль оси на длину образаемой чурки (0,08 м) . . . . .	1	1,1	1,5	2	2,25	3
Всего $T$ . . . . .	4	4,8	6,7	8,5	10,75	14

<sup>1</sup> Эти данные взяты у проф. К. М. Ашкенази, Механизация лесоразработок, ч. II.

Разделка кряжей на плашки на многопильном станке (слешере) еще не применяется, и конструкция такой установки только разрабатывается.

Заготовленные из древесины плашки должны быть расколоты на определенного размера чурки. Расколка плашек на большинстве газогенераторных баз до последнего времени производилась вручную, представляя собой крайне трудоемкую операцию (норма выработки в смену 1 — 1,5 пл. м<sup>3</sup>).

За последние годы для расколки плашек на чурки стали применять механические колуны.

## Механический колун конструкции Лебедева-Назарова

Колун Лебедева-Назарова (рис. 156) состоит из следующих основных частей: станины, главного приводного вала с эксцентриком и шатуном, ножевой головки, механизма подачи и подающего транспортера.

Станина колуна изготовлена из деревянных брусков и стали углового и корытного сечения. Два деревянных полоза 1 соединены между собой в поперечном направлении тремя угольниками 2; эти угольники в свою очередь соединяются в продольном направлении двумя угольниками 3.

К поперечным угольникам укреплены четыре стойки корытного сечения 4 и две углового сечения 5; на этих стойках смонтированы все механизмы колуна. На стойках 4 установлен главный приводной вал 6 с эксцентриком 7 и шатуном, ножевая головка и механизм подачи. Транспортер колуна смонтирован на двух продольных изогнутых угольниках 8, прикрепленных к стойкам.

Главный вал 6 покоится в двух подшипниках 9, укрепленных на плите, уложенной на вершине стоек 10. На конце главного вала, на шпонках посажен эксцентрик 7. На эксцентрик надет хомут 11. Нижняя часть хомута представляет одно целое с шатуном. На дру-



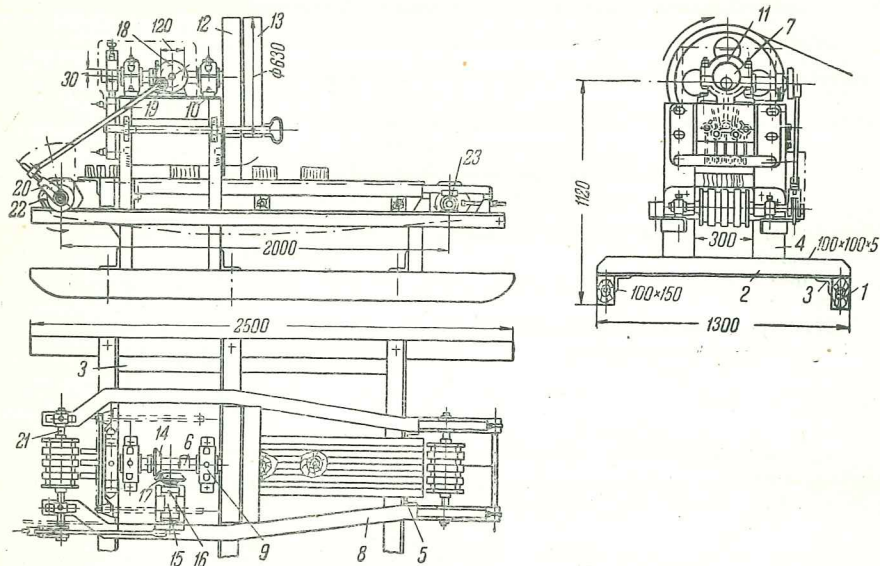


Рис. 156. Колун конструкции Лебедева-Назарова

гом конце вала посажены рабочий и холостой шкивы 12 и 13. В середине вала, между подшипниками, на шпонке укреплена кони-

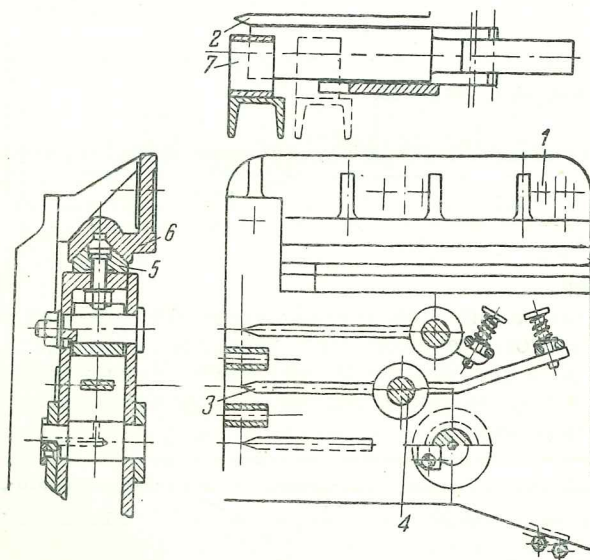


Рис. 157. Ножевая головка колуна Лебедева-Назарова

ческая шестерня 14 механизма подачи. Ножевая головка 1 (рис. 157) стальная, соединена с шатуном при помощи пальца. В ножевой головке смонтировано шесть колющих ножей 2, 3. Средний малый

продольный нож закреплен в головке неподвижно; крайние малые ножи насажены на осях 4 и могут под действием отжимающих сил отводиться в сторону. Ножевая головка скользит ползунами 5 в направляющих 6, укрепленных болтами к стойкам станины. Направляющие соединены поперечной стальной балкой корытного сечения, на которой имеются выступы 7. Выступы служат отбойниками и во время расколки выбивают чурки, застрявшие между ножами.

Механизм подачи состоит из передаточного вала, кривошипно-шатунного и храпового механизмов.

Передаточный вал 15 (рис. 156) покоится в двух подшипниках 16. На конце вала на шпонке насажены коническая шестерня 17, которая входит в зацепление с конической шестерней, сидящей на главном валу. На другом конце сидит кривошип 18, на палец которого надет шатун 19. Шатун приводит в действие храповой механизм 20 ведущего вала подающего транспортера. На ведущем валу транспортера 21 насажен барабан 22, имеющий канавки для цепей транспортера. На противоположном конце изогнутых угольников поставлены направляющие скользящих подшипников 23 ведомого вала транспортера. На ведомом валу насажен барабан.

Транспортер состоит из 4 цепей с шагом 100 мм; на средних звеньях имеются шипы для лучшего захвата плашек при транспортировке их под ножевую головку.

#### Техническая характеристика колуна

Тип . . . . .	вертикальный
Число оборотов главного вала в мин. . . . .	300
Привод—ременная передача от электромотора или двигателя внутреннего сгорания . . . . .	—
Потребная мощность . . . . .	4,5 кВт
Габариты: длина . . . . .	2500 мм
ширина . . . . .	1300 "
высота . . . . .	1435 "
Вес . . . . .	800 кг
Наибольший диаметр раскалываемых плашек . . . . .	300 мм
Наибольшая высота плашек . . . . .	70 "
Размер чурок: { длина . . . . .	59 "
{ ширина . . . . .	50 "
Ход ножевой головки . . . . .	60 "

Производительность колуна в смену может быть определена по следующей формуле:

$$P_c = 120 \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot h \cdot b \cdot K_{p.v} \cdot K_s,$$

где:

$d$  — диаметр раскалываемой плашки в м;

$n$  — число оборотов главного вала в мин.,

$h$  — высота раскалываемой плашки в м;

$b$  — величина подачи за один ход ножа в м;

$K_{p.v}$  — коэффициент использования рабочего времени механизма;

$K_s$  — коэффициент загрузки механизма,



Для колуна Лебедева-Назарова  $n = 300$  об/мин.,  $h = 0,06$  м,  $b = 0,05$  м,  $K_{р.в} = 0,875$  (7 часов из 8-часовой смены).

$$H_0 = 297d K_3.$$

Производительность колуна в смену при разных диаметрах раскалываемых плашек и при разных коэффициентах загрузки механизма приводится в табл. 31.

Таблица 31

Коэффициент загрузки механизма $K_3$	Диаметр плашек в см			
	15	20	25	30
1,00	44,5	59,4	74,2	89,1
0,75	33,4	44,5	55,6	66,8
0,50	22,3	29,7	37,1	44,5

Колун конструкции Лебедева-Назарова следует применять в комбинации с балансирными пилами. Производительность балансирной пилы при распиловке долготья на кружки колеблется в пределах 6—10 пл. м<sup>3</sup> в смену.

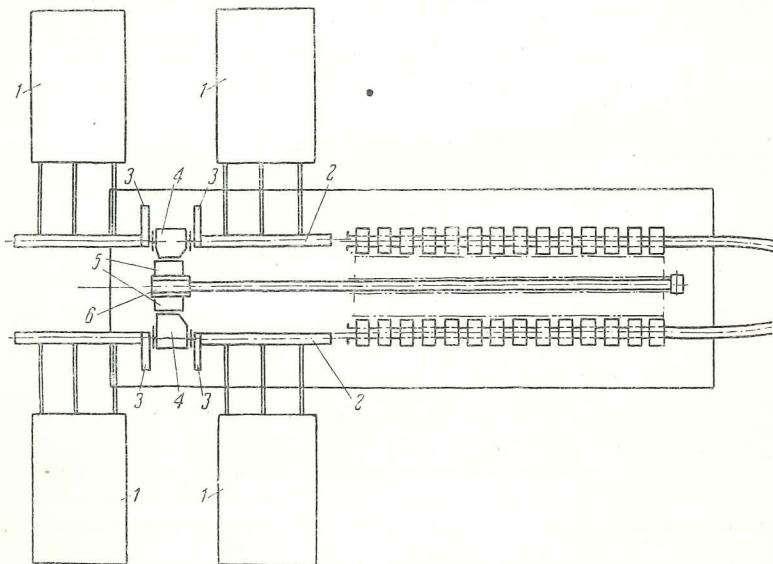


Рис. 158. Схема установки колуна Лебедева-Назарова в сочетании с четырьмя балансирными пилами

Поэтому для обслуживания одного колуна необходимо иметь 4 балансирных пилы. На рис. 158 приводится схема расположения балансирных пил и колуна Лебедева-Назарова. Долготье поступает

из штабелей 1 по слегам на рольганги 2 четырех балансирных пил 3. На балансирных пилах долготье распиливается на плашки, которые по лоткам 4 попадают на приемные столы 5 колуна 6. Со столов плашки подаются на транспортер колуна, раскалываются на колуне 7 и попадают на ленточный транспортер, выносящий чурки из помещения разделочного цеха.

Колун обслуживается двумя рабочими, подающими плашки на транспортер колуна.

## ХРАНЕНИЕ ЧУРОК

Запас заготовленных чурок должен быть не менее трехмесячной потребности авто-тракторной базы лесопункта. Из трехмесячного запаса чурок выделяют двухмесячный запас, который подвергают воздушной сушке под специально построенными навесами. Эти навесы должны иметь прореженные деревянные настилы, устраиваемые на высоте от 0,3 до 0,5 м от земли. Одномесячный же запас сухих чурок помещают в закрытые сараи, в которых их влажность не увеличивается.

Сарай для хранения сухих чурок должен быть расположен на сухом месте, иметь хорошую крышу, деревянный настил на высоте не ниже 0,3 м от земли и естественную вентиляцию.

В помещении для хранения сухих чурок следует иметь загрузочные лотки, по которым чурки можно удобно насыпать в мешки или ящики.

Навесы и сараи для хранения чурок должны строиться с соблюдением правил пожарной безопасности и обязательно иметь противопожарные средства (огнетушители, песок, кошку и т. д.).

## СУШКА ЧУРОК

Для обеспечения нормального процесса газификации древесные чурки не должны иметь более 20% абс. влажности. Заготовленные чурки в весеннее и летнее время необходимо подвергать естественной сушке. В осеннее и зимнее время сушку чурок можно вести в сушилках<sup>1</sup>.

Каждая сушилка независимо от типа должна быть снабжена:

1) термометром (или несколькими при неравномерном режиме в сушилке), к которому должен быть удобный доступ, 2) помещением, оборудованным точными весами для взвешивания проб и образцов топлива до 250 г и с точностью до 0,25 г; 3) опытной сушильной печью для высушивания образцов топлива; 4) набором герметической лабораторной посуды для хранения проб и образцов топлива.

Постоянный надзор за работой сушилки дает возможность установить режим ее работы для каждого конкретного случая.

<sup>1</sup> Существующие типы сушилок можно разделить на калориферные, огневые (сушка продуктами сгорания) и паровые. В лесной промышленности получили распространение сушилки типа ЦНИИМЭ-6с, СибНИИЛХЭ и Хотунцева, огневые типа ЦНИИМЭ-9с и простейшие—овинные.

Конструкции сушилок и их работа в настоящем учебнике не рассматриваются, так как они должны изучаться в специальном курсе «сушка древесины».



После пребывания чурок в сушилке необходимо проверить их влажность.

Определение влажности заготовленных и высушенных чурок, хранящихся в закрытых помещениях, рекомендуется проводить не реже двух раз в месяц.

При определении влажности чурок необходимо всю массу чурок, рассыпанных в топливном складе, разделить на равные участки и из верхнего, среднего и нижнего слоев каждого участка взять для пробы по одной чурке. Пробные чурки раскалывают пополам и по месту раскола от чурок откалывают мелкие лучинки в одинаковом количестве. Лучинки взвешивают, после чего высушивают в сушильном шкафу до состояния постоянного веса, и по формуле, приведенной на стр. 16, определяют процент абсолютной влажности.

### УЧЕТ ПРИЕМА И ВЫДАЧИ ТОПЛИВА

На древесину, поступающую на топливо-заготовительную базу, выписывается фактура, в которой указывается количество древесины по породам и размерам. После этого древесину укладывают в штабели и поленицы, которые нумеруют и снабжают биркой. В бирке указывается количество древесины в плотных кубометрах по породам, время поступления на базу и время укладки.

На каждый штабель и поленицу заводят ведомость. В этой ведомости учитывается количество древесины по породам и размерам, время ее поступления, укладки и ежедневный расход. Заготовленные чурки учитывают путем замера мерным ящиком. Во избежание лишних пересыпок необходимо, чтобы чурки сыпались в мерный ящик из-под колуна самотеком.

Мерный ящик рекомендуется изготовлять размером 627 мм × 627 мм × 627 мм, что соответствует емкости в 0,25 м<sup>3</sup> (насыпных).

На чурки, поступающие для хранения под навесы и в сарай, выписывают фактуру с указанием количества чурок в складских кубометрах, породы, а для сухих чурок и их влажности.

Отпуск чурок со склада для заправки машины записывают в путевом листе. В нем указывают количество отпущенных чурок, их породу и влажность. Перед отпуском чурок, заготовленных из разных пород древесины, их следует равномерно смешать.

Поступление и расход чурок отмечается в ежедневной ведомости топливо-заготовительной базы.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ СКЛАДОВ

Кроме складов древесины чурок, устраиваемых на топливо-заготовительных базах, для бесперебойной эксплуатации газогенераторных машин должны быть организованы небольшие склады на трассе лесовозной дороги. При размещении таких складов и определении их количества необходимо учитывать дальность вывозки леса, протяжение дороги и ее профиль.

Линейные склады должны быть расположены в пунктах возможных остановок машин (погрузка, разъезды и т. д.).

Емкость линейных складов должна быть достаточной для запаса чурок, необходимого для работы в течение 3—4 смен всех машин на участке, тяготеющем к складу.

Линейные склады устраивают как стационарные, так и передвижные. Они должны отвечать всем требованиям, которые предъявляются к складским помещениям для хранения сухих чурок. Запас чурок в линейных складах стационарного типа пополняется путем подвоза их на автомобилях с топливо-заготовительной базы. Передвижные склады можно пополнять чурками непосредственно на базе, если она отстоит недалеко и подвоз к ней передвижного склада удобен.

### ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ

Древесный уголь заготавливают как для работы древесноугольных газогенераторных установок, так и для розжига древесных газогенераторов.

Запас угля для розжига газогенераторов должен составлять не менее одного процента (по весу) от месячного запаса сухих чурок, имеющихся на топливо-заготовительной базе.

Заготавливаемый уголь должен быть хорошо выжженный, с влажностью не более 10—12%, звонкий, блестящий в изломе и иметь черный цвет с синеватым отливом, не содержать пыли, угольной мелочи и посторонних примесей. Выжиг угля производят из негнилой дровяной древесины. Лучший по качеству уголь получается из твердолиственных древесных пород (дуб, бук, береза). Породы древесины, дающие слабый уголь, применять не рекомендуется. Для выжига угля могут быть использованы отходы лесосеки.

Куски угля должны быть величиной в среднем от 40 до 60 мм, а для газогенераторных установок НАТИ Г-21 и НАТИ Г-23 от 10 до 25 мм.

Уголь хранят в помещениях для сухих чурок, но отдельно от последних, или в специальных помещениях, имеющих настил на высоте 0,3—0,5 м от земли.

Уголь выжигают как ямным и костровым (кучным) способами, так и в переносных печах.

Уголь, полученный в переносных печах, по своим качествам подходит на уголь кострового выжига.

Переугливание древесины в переносных печах довольно сильно распространено на Западе и в Америке.

Научным сотрудником ЦНИИМЭ М. С. Немирович-Данченко в 1938 г. была сконструирована переносная углевыжигательная печь, в основу которой легли последние модели печей Маньена и Данкера.

Углевыжигательная печь ЦНИИМЭ (рис. 159) состоит из нижнего 1 и верхнего 2 колец, крышки 3 с глушителем 4, четырех воздухоподводящих 5 и четырех газоотводных труб 6. Для предохранения от прохода воздуха через неплотности в соединениях составные элементы печи снабжены желобами, которые перед работой засыпаются землей.

Печь изготовляют из 1,5-миллиметрового железа, и ее легко пе-



реносить с места на место. Печь вмещает 2,5 м<sup>3</sup> лесных отходов толщиной от 2 до 8 см.

В процессе углежжения воздух, необходимый для горения, входит по трубам 5, а образующиеся от сгорания газы выходят по трубам 6. Горение происходит в нижней части печи. Верхние слои топлива, подвергаясь сильному нагреванию без доступа воздуха, переугливаются. Чем плотнее в печи уложена древесина, тем больше выход угля и лучше его качество.

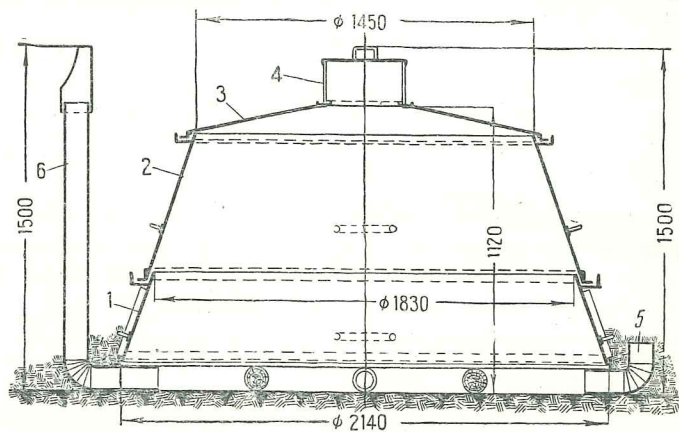


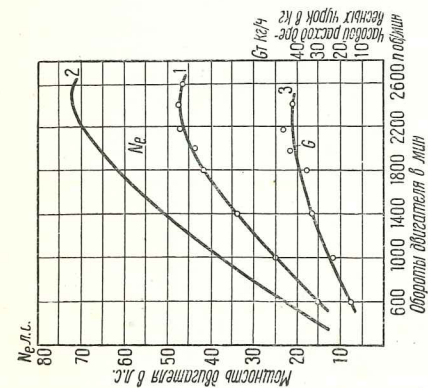
Рис. 159. Углевыжигательная печь ЦНИИМЭ

Процесс углежжения автоматически регулируется количеством воздуха, входящего в печь по трубам 5. Поступление воздуха связано с выходом газов, образующихся при горении. Если количество выходящих из печи газов велико, то они отводятся не только через дымовые трубы 6, но и через трубы 5. В этом случае количество входящего в печь воздуха уменьшается и горение ослабевает. Потом за счет уменьшающегося количества отводимых газов поступление воздуха увеличивается и горение снова усиливается. Печи ЦНИИМЭ работали в Коробовском механизированном лесопункте.

Основные производственные показатели работы этих печей следующие:

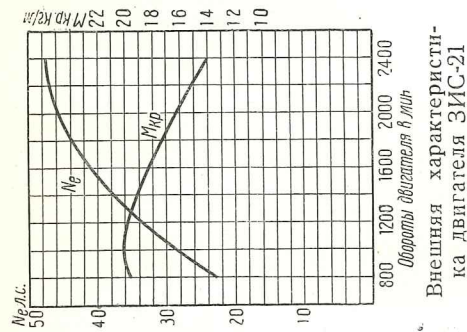
- 1) полный оборот печи занимает 12 часов;
- 2) в печи за один выжиг переугливается 2,5 м<sup>3</sup>;
- 3) один рабочий обслуживает 2—3 печи (сборка и укладка древесины, пуск и остановка печи);
- 4) стоимость изготовления одной печи 300 руб.;
- 5) стоимость 1 тонны полученного угля с доставкой к трассе составляет 170—180 руб.

ПРИЛОЖЕНИЕ I  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ МАШИН

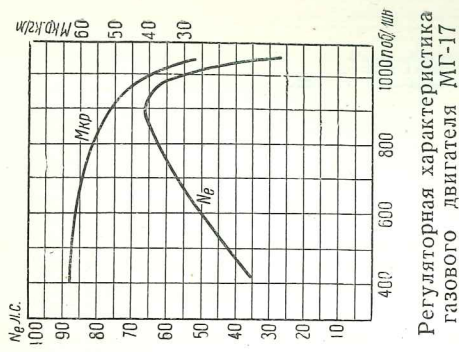


Внешние характеристики двигателя ЗИС при работе на бензине и генераторном газе:

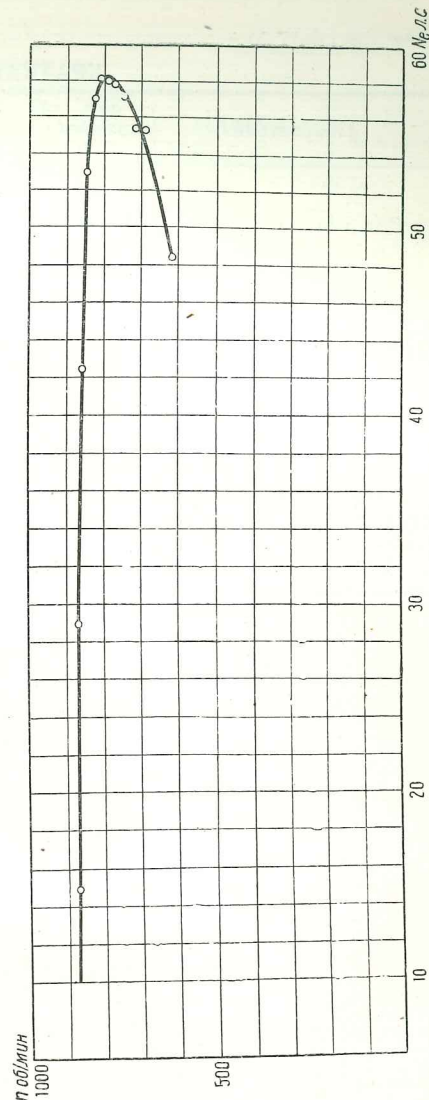
1 — мощность при работе двигателя на газе из древесной газогенераторной установки;  $\epsilon=7,3$ ; 2 — то же при работе на бензине;  $\epsilon=4,8$ ; 3 — часовой расход древесины



Внешняя характеристика двигателя ЗИС-21



Регуляторная характеристика газового двигателя МГ-17



Регуляторная характеристика двигателя ЧТЗ-СГ-60 с газогенераторной установкой НАТИ Г-25



## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТО-ТРАКТОР

Показатели	ЗИС для автомобиля ЗИС-13	ЗИС для автомобиля ЗИС-21	ДГ-13	НАТИ Г-23
Род топлива	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесный уголь 10—25 мм горизонтальный
Процесс газификации	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем
Способ розжига газогенератора	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем
Габариты газогенератора:				
Высота в мм	—	—	1 650	1 840
Диаметр в мм	555	—	555	500
Высота бункера в мм	1 300	1 362	1 200	1 048
Диаметр бункера (внутренний) в мм	498	498	498	497
Диаметр загрузочного люка в мм	300	454	320	336
Подогрев бункера	частичный	полный	частичный	нет
Предохранение бункера от коррозии	медная рубашка внутри бункера	медная рубашка внутри бункера или омеднение	нет	нет
Отбор конденсата из бункера	нет	нет	имеется	нет
Тип топливника	цельнолитой диabloообразный	цельнолитой диabloообразный алитированный	чугунный	цилиндрический сварной из стали
Подача воздуха в зону горения	периферийно-фурменная	периферийно-фурменная	периферийно-фурменная	центрально-фурменная боковая
Число и диаметр воздухоподводящих фурм	10 фурм $\varnothing = 10$ мм	10 фурм $\varnothing = 9,2$ мм	16 фурм $\varnothing = 8$ мм	1 фурма $\varnothing = 25$ мм
Диаметр топливника на уровне подвода воздуха в мм	300	340	310	—
Диаметр горловины топливника в мм	150	150	200	—
Расстояние от воздушных фурм до днища газогенератора в мм	315	320	—	190
Колосниковая решетка	нет	нет	из жароупорного чугуна	из листовой стали

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## НЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

НАТИ Г-14	НАТИ Г-21	Д-9	ЛС 1-3	НАТИ Г-25	ХТЗ НАТИ-2Г
древесные чурки 40×40×50 мм обратный	древесный уголь 10—25 мм горизонтальный	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесные чурки 60×60×80 мм обратный	древесные чурки 50×50×60 мм обратный
электровентилятором или двигателем	электровентилятором или двигателем	двигателем или самотягой	двигателем или самотягой	двигателем при проворачивании его пусковым мотором или самотягой	двигателем или самотягой
1 600	1 670	—	1 736	1 750	1 620
450	401	640	724	720	554
1 000	850	—	1 062	880	—
400	393	—	660	650	—
296	336	—	—	370	—
полный; в первых выпусках частичный	нет	нет	частичный	полный	полный
медная рубашка внутри бункера или омеднение	нет	нет	нет	медная рубашка внутри бункера	медная рубашка внутри бункера
нет	нет	нет	имеется	нет	нет
цельнолитой диabloообразный алитированный периферийно-фурменная	цилиндрический сварной из 6-мм стали	чугунный	цельнолитой диabloообразный	цельнолитой диabloообразный алитированный периферийно-фурменная	цельнолитой диabloообразный алитированный периферийно-фурменная
10 фурм $\varnothing = 8$ мм	1 фурма $\varnothing = 18$ мм	16 фурм $\varnothing = 10$ мм	12 фурм $\varnothing = 9$ мм	8 фурм $\varnothing = 12$ мм	10 фурм $\varnothing = 10$ мм
200	—	360	365	340	334
120	—	250	160	150	110
320	160	—	495	517	—
нет	из листовой стали	из жароупорного чугуна	подвижная чугунная	стальная неподвижная	подвижная решетка



## ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Наименование машин	ЗИС-13	ЗИС-21	Автомобиль ЗИС-5 с установкой ДГ-13	Автомобиль ЗИС-5 с установкой НАТИ Г-23	Автомобиль ГАЗ-42 с установкой НАТИ Г-14
Элементы газогенераторной установки					
Тип охладителя	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях
Тип грубого очистителя	Горизонтальный инерционно-ударный	Горизонтальный инерционно-ударный	Поверхностный	Горизонтальный инерционный отстойник	Горизонтальный инерционно-ударный
Тип тонкого очистителя	Поверхностный с кольцами Рашига	Поверхностный с кольцами Рашига	Поверхностный	Матерчатый фильтр	Поверхностный с кольцами Рашига
Расположение очистителей	Горизонтальные за кабиной, вертикальный справа кабины	Горизонтальные кабина слева у кабины	Горизонтальный под кузовом, вертикальный справа кабины	Горизонтальный под кузовом, вертикальный между кузовом и кабиной	Горизонтальные под кузовом, вертикальный между кузовом и кабиной
Габариты очистителей в мм:					
а) горизонтальных	200×1440 (4 шт.)	204×1905 (3 шт.)	220×1400 (3 шт.)	210×1800 (1 шт.)	136×256×1420 (2 шт.)
б) вертикальных	384×1440 (1 шт.)	384×1810 (1 шт.)	220×650 (2 шт.)	454×1617 (1 шт.)	400×1660 (1 шт.)
Тип смесителя	ЗИС-1 параллельно-поточный	ЗИС-1 или ЗИС-2 параллельно-поточные	ЗИС-1	ЗИС-1 или ЗИС-2 параллельно-поточные	Эжекционный НАТИ
Вентилятор розжига	Электрический 12 вольт	Электрический 12 вольт	Электрический 12 вольт	Электрический 12 вольт	Электрический 6 вольт

1—91

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (продолжение)

Наименование машин	Трактор ЧТЗ-60 с установкой Д-9	Трактор ЧТЗ-60 с установкой ЛС 1-3	Трактор ЧТЗ-65 с установкой НАТИ Г-25	Трактор ХТЗ-ТГ с установкой НАТИ ХТЗ-2Г
Элементы газогенераторной установки				
Тип охладителя	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях	Газ охлаждается в очистителях	Радиаторный
Тип грубого очистителя	Горизонтальный инерционный отстойник	Циклоны и инерционно-ударный	Циклоны и инерционно-ударный	Циклоны
Тип тонкого очистителя	Матерчатый фильтр	Поверхностный	Поверхностный с кольцами Рашига	Поверхностный с кольцами Рашига
Расположение очистителей	Горизонтальный под кузовом, вертикальный между кузовом и кабиной	За сиденьем тракториста и перед радиатором Циклон справа у маховика	Под сиденьем тракториста и перед радиатором. Циклоны спереди газогенератора	На месте топливного бака. Циклоны около газогенератора
Габариты очистителей в мм:				
а) горизонтальных	140×1740 (1 шт.)	210×1200 (2 шт.)	220×1262 (4 шт.)	—
б) вертикальных	400×1640 (1 шт.)	210×1200 (4 шт.)	—	—
Тип смесителя	Эжекционный НАТИ	Эжекционный НАТИ	Параллельно-поточный	—
Вентилятор розжига	Электрический 6 вольт	Нет	Нет	Нет



## СРОКИ ЧИСТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Наименование машины или элементов	ЗИС-13	ЗИС-21	ЗИС-5 с установкой ДГ-13	ЗИС-5 с установкой НАТИ Г-23	ГАЗ-42 с установкой НАТИ Г-14	ГАЗ-АА с установкой НАТИ Г-21	Трактор ДТЗ 60 с топливным насосом ДТЗ-101-3	Трактор ДТЗ 55 с топливным насосом ДТЗ-101-3	Трактор ХТЗ-121	Примечание
Очистка зольника газогенератора . . . . .	700—800 км	700—800 км	300—400 км	200—300 км	700—800 км	200—300 км	16 час.	16 час.	16 час.	
Полная очистка газогенератора . . . . .	1 500—2 000 км	1 500—2 000 км	—	—	1 500—2 000 км	—	250—300 ч.	250—300 ч.	250—300 ч.	При работе на древесине мягкой породы следует чаще чистить цилиндр
Очистка цилиндров очистителей . . . . .	—	—	—	—	—	—	16 час.	16 час.	8—16 час.	
Очистка инерционно-ударных очистителей . . . . .	700—1 000 км	700—1 000 км	700—800 км	—	700—1 000 км	—	40—60 час.	50—80 час.	—	При выжиге топлива конденсат должен проливаться чаще
Спуск конденсата . . . . .	через 4—8 час.	через 4—8 час.	через 4—8 час.	—	через 4—8 ч.	—	—	—	—	
Очистка и промывка фильтра с кольцами Рашига или матерчатых фильтров . . . . .	3 000—4 000 км	3 000—4 000 км	—	700—900 км	3 000—4 000 км	700—900 км	40—60 час.	50—80 час.	40—60 час.	

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Р. Т. Хаслам и Р. П. Руссель, Топливо и его сжигание, 1934 г.  
 Д. Б. Гинзбург, Газификация топлив и газогенераторные установки, Гизлепром, 1938 г.  
 Д. Б. Гинзбург, Газогенераторные установки, т. II, 1937 г.  
 В. Е. Грум-Гржимайло, Пламенные печи, изд. ВТИ, 1925 г.  
 М. Д. Артамонов, Автотракторные газогенераторы, Сельхозгиз, 1937 г.  
 И. Р. Карачан и А. А. Введенский, Газогенераторы на автомобилях и тракторах, 1934 г.  
 Н. П. Вознесенский, Легкие газогенераторы, ОНТИ, 1938 г.  
 Г. П. Тренклер, Газогенераторы, ОНТИ, 1934 г.  
 К. А. Панютин, Автомобильные газогенераторные установки, Гострансиздат, 1937 г.  
 К. А. Панютин, Руководство по переоборудованию бензинового автомобиля ЗИС-5 в газогенераторный типа ЗИС-21, Гослестехиздат, 1939 г.  
 М. Д. Артамонов, Ю. В. Михайловский и Б. С. Цветков, Руководство по эксплуатации газогенераторных тракторов на лесовывозке, Гослестехиздат, 1939 г.  
 В. П. Карпов, Автомобильные газогенераторы, Госиздат, 1930 г.  
 Д. Ефимов, Автомобиль на угле, ОГИЗ, 1931 г.  
 В. П. Карпов, Н. Н. Фокин, Автотранспортные газогенераторные установки, Наркомхоз, 1938 г.  
 Автотракторный справочник, т. 1, ОНТИ, 1935 г.  
 С. И. Декаленков, Газогенераторная установка „Пионер“.  
 НАТИ, Отчет по испытанию грузовых газогенераторных автомобилей в Загорском леспрохозе.  
 Технический отдел Наркомлеса СССР, Инструкция по заготовке и хранению газогенераторного топлива.  
 С. И. Ванин, Древесиноведение, Гослестехиздат, 1934 г.  
 К. М. Ашкенази, Механизация лесоразработок, ч. II, Гослестехиздат, 1938 г.  
 Mayer u. Altmeyer, „Journ. f. Gasbel.“, 1909 г.

## Статьи из журналов

1. „Автотракторное дело“
2. „Мотор“
3. „За рулем“
4. „Лесная индустрия“
5. „Стахановец лесной промышленности“
6. „Лесохимическая промышленность“
9. „Химия твердого топлива“
8. „Журнал прикладной химии“
9. „Сталинец-65“
10. „Automobiltechnische Zeitschrift“
11. „Last-Auto“
12. „Motor“
13. „Holzzentralblatt“
14. „Revue International du Bois“
15. „Le Bois“
15. „La Technique Moderne“



ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
39	1 снизу	Виглап	Вигеап
148	подпись под рис. 126	(трактор „Сталинец-60“ с установкой „Вастан“)	(трактор ХТЗ-Т2Г)
159	4 снизу (7 колонка)	$W + \text{пар}$	$+ W_{\text{пар}}$
160	2 сверху	$100 W^B$	$100 \cdot W^B$
187	8 сверху (в знаменателе)	$V_o$	$G_m$
200	11 сверху	$V_{\text{см}} =$	$V_{\Gamma}$
253	Кривая на нижнем графике должна быть опущена на одну клетку		$V_{\Gamma, \text{см}} =$
256	4-я колонка, 5-я строка снизу (3 шт.)		(5 шт.)
256	4-я колонка, 4-я строка снизу (2 шт.)		(1 шт.)

Н. П. Лавловский и С. Ф. Орлов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4
Глава I	
Краткий очерк истории автомобильно-тракторных газогенераторных установок . . . . .	5
Газогенераторостроение за границей . . . . .	5
Газогенераторостроение в СССР . . . . .	6
Глава II	
Топливо . . . . .	10
Древесное топливо . . . . .	10
Древесный уголь . . . . .	18
Брикетированное топливо . . . . .	22
Торф . . . . .	23
Каменные угли . . . . .	24
Глава III	
Газификация топлива . . . . .	26
Способы газификации топлива . . . . .	26
Получение генераторного газа . . . . .	27
Основы теории газификации топлива . . . . .	31
Глава IV	
Общие схемы газогенераторных установок, назначение и классификация их элементов . . . . .	48
Элементы газогенераторной установки и их назначение . . . . .	48
Классификация элементов газогенераторных установок . . . . .	53
Глава V	
Конструкции автомобильно-тракторных газогенераторных установок . . . . .	74
Конструкции автомобильных газогенераторных установок . . . . .	74
Конструкции тракторных газогенераторных установок . . . . .	119
Глава VI	
Монтажные схемы авто-тракторных газогенераторных установок . . . . .	136
Схемы расположения газогенераторных установок на автомобиле . . . . .	136
Схемы расположения газогенераторных установок на тракторе . . . . .	146
Глава VII	
Тепловой расчет газогенератора . . . . .	152
Метод расчета . . . . .	152
Материальный баланс . . . . .	153
Тепловой баланс . . . . .	160
Коэффициент полезного действия газогенератора . . . . .	171
Пример теплового расчета древесного газогенератора . . . . .	172



Стр.

## Глава VIII

Основы конструктивного расчета элементов газогенераторной установки . . . . .	185
Расчет газогенератора . . . . .	185
Расчет газоохладителя . . . . .	196
Расчет смесителя . . . . .	199
Пример конструктивного расчета газогенератора для автомобиля ЗИС . . . . .	200

## Глава IX

Мощность двигателя, работающего на генераторном газе, и способы ее повышения . . . . .	208
Мощность двигателя, работающего на генераторном газе . . . . .	208
Способы повышения мощности двигателя при работе его на генераторном газе . . . . .	214

## Глава X

Эксплуатация автомобилей и тракторов с газогенераторными установками . . . . .	224
Осмотр и заправка газогенераторных машин . . . . .	224
Розжиг газогенератора . . . . .	225
Пуск двигателя и перевод его на питание генераторным газом . . . . .	227
Особенности обслуживания машин при работе . . . . .	228
Гаражный уход . . . . .	230
Уход в зимнее время . . . . .	233
Неисправности газогенераторных машин и их устранение . . . . .	233
Техника безопасности и противопожарные меры . . . . .	237

## Глава XI

Топливное хозяйство . . . . .	239
О ределение количества древесины, подлежащего заготовке . . . . .	239
Заготовка древесины . . . . .	240
Хранение и сушка заготовленной древесины . . . . .	241
Разделка древесины на чурки . . . . .	241
Хранение чурок . . . . .	249
Сушка чурок . . . . .	249
Учет приема и выдачи топлива . . . . .	250
Организация линейных складов . . . . .	250
Заготовка древесного угля . . . . .	251

## Приложения

1. Характеристики двигателей газогенераторных машин . . . . .	253
2. Краткая характеристика авто-тракторных газогенераторных установок . . . . .	254
3. Характеристика элементов газогенераторных установок . . . . .	256
4. Сроки чистки элементов газогенераторных установок . . . . .	258