



Г. Г. ТОКАРЕВ

**ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ
АВТОМОБИЛИ**



Г. Г. ТОКАРЕВ
кандидат технических наук

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ АВТОМОБИЛИ

*Допущено УУЗ'ом
Министерства Автотранспорта РСФСР
в качестве учебника
для автомобильных техникумов*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР
Москва 1948 Ленинград

В книге рассматриваются устройство и принципы работы автомобильных газогенераторных установок и газовых двигателей, а также вопросы применения различных видов газогенераторного топлива.

Предназначается в качестве учебника для студентов автотранспортных техникумов.

Редактор В. А. Колосов
Техн. редактор Е. Петровская

Сдано в набор 4/III-1948 г. Подписано к печати 27/VIII-1948 г.
М-22721 Форм. бум. 60×92/16. Печ. л. 10. Печ. зн. в 1 п. л. 46950
Тираж 5000 экз. Учетн.-изд. л. 12. Заказ 2212. Изд. № 339

Типография № 2 Управления издательств и полиграфии
Ленгорисполкома

ВВЕДЕНИЕ

Газогенераторными называются такие автомобили, двигатели которых работают на газе, получаемом путем газификации твердого топлива в специальной установке, смонтированной на шасси автомобиля или на прицепе.

Идея применения газогенераторных автомобилей возникла еще во время первой мировой войны в связи с недостатком в ряде воюющих стран нефтяного топлива. В период между первой и второй мировыми войнами почти во всех странах Европы велись работы по созданию надежных конструкций газогенераторных автомобилей и по внедрению их в эксплуатацию.

В Советском Союзе первые опытные конструкции газогенераторных автомобилей появились в 1926—1928 гг. Пионерами советского транспортного газогенераторостроения были: конструктор Декаленков, проф. Карпов, проф. Наумов и др.

Серийный выпуск газогенераторных установок для автомобилей и тракторов был начат в 1936 г.

В решениях XVIII съезда ВКП(б) указано: „Перевести на газогенераторы все машины на лесозаготовках, а также значительную часть тракторного парка сельского хозяйства и автомобильного парка“. Это решение, а также ряд других правительственных постановлений и мероприятий (например, постановление СНК СССР от 28/II 1938 г.) показывают, какое огромное значение придают партия и правительство делу внедрения газогенераторных автомобилей в народное хозяйство страны. Перед Отечественной войной, т. е. в 1941 г., СССР по количеству газогенераторных автомобилей занимал первое место в мире.

В послевоенном пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР указано: „обеспечить широкое применение в автомобильном транспорте газогенераторных автомобилей, работающих на местных видах топлива“.

Применение газогенераторных автомобилей в Советском Союзе, в отличие от ряда западноевропейских стран, определяется не конъюнктурной обстановкой военного времени, связанной с отсутствием собственных источников нефти или невозможностью подвоза ее извне, а рентабельностью применения местных видов твердого топлива в отдаленных районах, куда завозить жидкое топливо экономически нецелесообразно. Завоз нефтяного топлива в такие районы потребует значительных затрат и создаст дополнительную загрузку транспорта.

Так, например, для перевозки одной тонны бензина на расстояние в 6000 км затрачивается транспортная работа в 6000 ткм, в то время как полезная работа, совершаемая автомобилями на одной тонне перевезенного бензина, равна (при средних эксплуатационных показателях) всего лишь 5400 ткм.

Отсюда становится ясной необходимость использования местных видов топлива в отдаленных районах Советского Союза. Наличие автомобилей, способных эффективно работать на местных видах твердого топлива, будет также в значительной мере способствовать быстрейшему освоению природных богатств и развитию промышленности в таких районах, которые значительно удалены от железнодорожных и водных магистралей.

I. ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

1. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ

Для того, чтобы использовать твердое топливо для двигателей внутреннего сгорания, его необходимо предварительно превратить в горючий газ.

Горючая часть твердого топлива (т. е. топлива за вычетом влаги W^p и золы A^c *) в общем случае состоит из углерода C_T , водорода H_T , кислорода O_T , некоторого количества азота N_T и серы S_T .

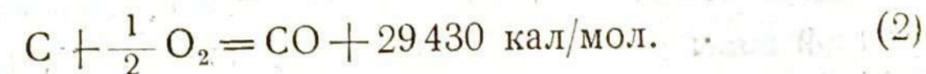
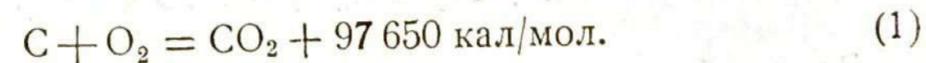
Если подвергнуть топливо нагреванию без доступа воздуха, то из него выделятся влага и продукты сухой перегонки. Летучая часть этих продуктов представляет собой соединение части углерода топлива с другими компонентами в виде углекислого газа CO_2 , окиси углерода CO , метана CH_4 и тяжелых углеводородов C_nH_m (смол и других веществ). Следовательно, при сухой перегонке топлива можно получить горючий газ. Однако в этом случае большая и самая ценная часть топлива — углерод кокса — останется неиспользованной.

В отличие от сухой перегонки газификация предусматривает получение газа в результате использования всей горючей части топлива.

Под газификацией обычно подразумевают процесс образования горючего газа путем окисления углерода твердого топлива кислородом воздуха или водяного пара (или чистым кислородом).

а) Образование воздушно-сухого газа

Процесс горения углерода топлива может протекать по следующим реакциям:



В первом случае происходит полное горение, в результате которого образуется инертный углекислый газ CO_2 и выде-

* Разъяснение буквенных обозначений W^p и A^c см. на стр 102.

ляется тепло в количестве 97650 кал/мол. (реакция экзотермическая).

Во втором случае, в результате неполного окисления углерода, образуется горючий газ — окись углерода CO — и выделяется соответственно меньшее количество тепла (29430 кал/мол.).

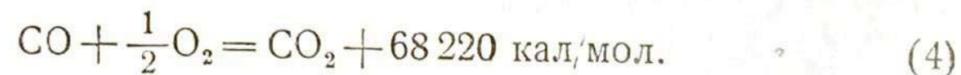
Окись углерода CO образуется также при восстановлении углекислого газа CO₂ в раскаленном слое топлива:



Эта реакция эндотермическая, т. е. протекает с поглощением тепла, количество которого равно:

$$-97650 + 2 \times 29430 = -38790 \text{ кал/мол.}$$

Образовавшаяся окись углерода CO может быть подведена к двигателю внутреннего сгорания и сожжена в его цилиндрах. При этом протекает следующая реакция:

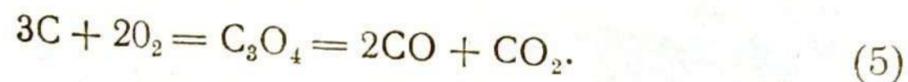


В результате этой реакции будет выделено тепла 68220 кал/мол. Это тепло может быть преобразовано в механическую работу. Первоначально предполагали, что первичным продуктом горения углерода является CO₂, а CO может быть получена только путем последующего восстановления углекислого газа [реакция (3)]. Сообразуясь с этим, активную (реакционную) зону газогенератора подразделяли на зону горения (окисления) и зону восстановления.

Однако при последующих опытах в зоне горения, наряду с углекислым газом CO₂, была обнаружена также окись углерода CO.

Это дало некоторым исследователям право предполагать, что первичным продуктом горения углерода является окись углерода CO, которая частично сгорает по реакции (4) в CO₂. Последний в слое топлива может быть снова восстановлен в CO.

Другие исследователи полагают, что первичным продуктом окисления углерода является твердый углеродно-кислородный комплекс C_xO_y, который затем распадается на CO и CO₂; например:



Здесь объемное отношение $\frac{CO}{CO_2}$ в продуктах горения кислородной зоны равно двум. Однако на практике, при определенных условиях, это отношение иногда бывает больше двух, причем оно изменяется в довольно широких пределах.

Чуханов полагает, что при температурах выше 1200°C, наряду с реакцией (5), протекает также реакция (2), роль которой с повышением температуры становится доминирующей. При этом

положительное влияние оказывает скорость дутья, т. е. скорость поступления в газогенератор первичного воздуха.

Таким образом, до сих пор еще не установлена окончательная, экспериментально проверенная, теория, полностью раскрывающая механизм горения углерода топлива.

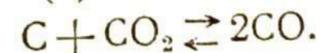
Однако ясно, что в современных газогенераторах, наряду с получением CO путем восстановления углекислого газа [по реакции (3)], некоторая часть CO образуется непосредственно в зоне горения. Это обстоятельство весьма важно.

В то время, как реакции (1) и (2) протекают почти мгновенно, скорость реакции восстановления (3) в значительной степени зависит от температуры в слое топлива и от его реакционной способности (т. е. от величины активной поверхности топлива — пористости и размера кусков).

Это наглядно иллюстрируется диаграммами рис. 1 и 2, где показано влияние температуры и вида топлива на время восстановления углекислого газа.

Чем выше температура и реакционная способность топлива, тем быстрее протекает процесс восстановления CO₂ в CO и тем меньшей будет длина (или высота) слоя топлива, необходимая для завершения процесса газификации.

Следует отметить, что излишнее пребывание горячего газа в слое топлива вредно. Как известно, реакция восстановления CO₂ в CO, так же как и ряд других реакций, может протекать как в прямом, так и в обратном направлении, т. е. реакцию (3) можно изобразить:



Согласно закону действующих масс, скорость реакции пропорциональна концентрации исходных реагирующих компонентов. Таким образом, по мере увеличения количества конечных продуктов, например, CO, скорость образования ее из C и CO₂ будет падать, а скорость обратной реакции, т. е. $2CO \rightarrow C + CO_2$,

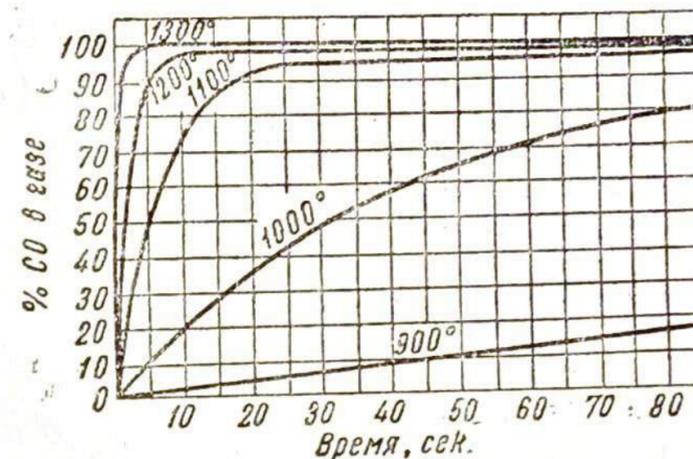


Рис. 1. Влияние температуры на время процесса образования CO.

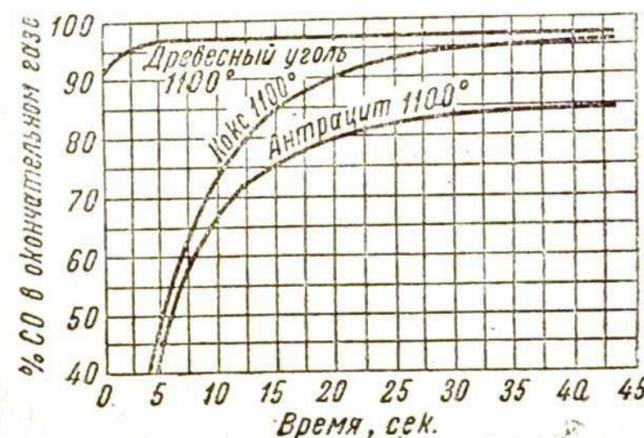


Рис. 2. Содержание CO в газе в зависимости от времени для топлив с различной реакционной способностью.

возрастать. При определенной температуре и концентрации скорости прямой и обратной реакций сравниваются и наступит состояние химического равновесия. Условия равновесия реакции $C + CO_2 = 2CO$ изучались Будуаром. На рис. 3 представлены результаты проведенных им опытов, из которых следует, что для достижения практически полного восстановления CO_2 в CO необходимо иметь температуру в реакционном слое не ниже $950-1000^\circ C$. В противном случае, даже при достаточном времени контакта углекислого газа с углеродом топлива, нельзя будет достигнуть полного восстановления CO_2 в CO .

Полагая, что температура в зоне восстановления превышает $1000^\circ C$ и что окисление углерода топлива производится воздухом (состоящим по объему из 21 части кислорода O_2 и 79 частей азота N_2), можно написать реакцию образования CO в следующем виде:

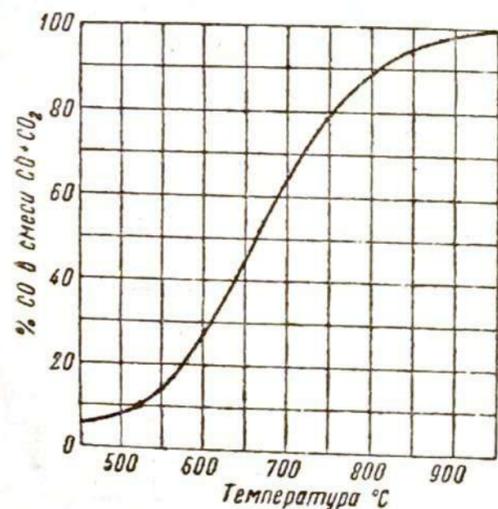
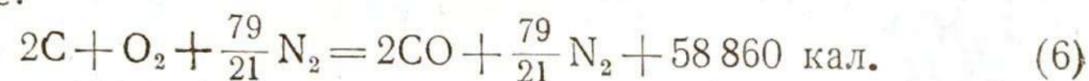
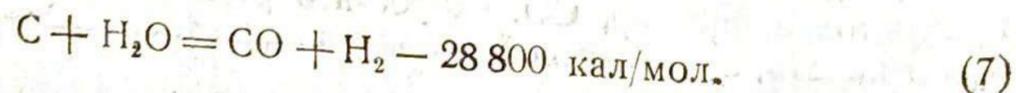


Рис. 3. Кривая равновесия компонентов реакции $CO_2 + C = 2CO$ (при $p=1$ ат) в зависимости от температуры.

Теплотворная способность этого газа равна 1048 кал/м^3 . В действительности, при газификации топлива равновесие системы $C + CO_2 = 2CO$ не успевает установиться, и количество CO в газе бывает несколько иное, чем это соответствует условиям равновесия.

б) Образование водяного газа

Образование горючего газа может быть также достигнуто путем пропускания водяного пара через слой раскаленного топлива. В этом случае протекает следующая реакция образования водяного газа.



При температуре ниже $900^\circ C$ эта реакция протекает медленно, при более высокой температуре — значительно быстрее, но все же примерно в два раза медленнее, чем реакция восстановления углекислого газа ($C + CO_2 = 2CO$).

В результате реакции (7) получаются горючие газы — окись углерода CO , водород H_2 , на образование которых затрачивается тепла $28\,800 \text{ кал/мол}$. Следовательно, для осуществления реакции образования водяного газа необходимо подводить тепло извне или вести процесс одновременно с получением воздушно-сухого газа, используя часть тепла, выделяемого при сгорании углерода в CO и CO_2 .

В автомобильных газогенераторах происходит именно смешанный процесс газообразования. Влага, выделяющаяся в результате подсушки топлива (гигроскопическая влага), образующаяся в результате сухой перегонки (химическая влага), а также подводимая извне (в некоторых конструкциях газогенераторов), в сумме составляют воду, часть которой участвует в процессе газификации, а часть выносится с газом в неразложенном виде.

Кроме реакции (7), водяной пар реагирует с образовавшейся и находящейся в газе окисью углерода CO по следующей реакции, которая протекает с незначительным выделением тепла:



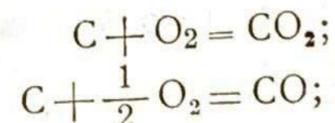
Эта реакция, подобно реакции (3) воздушно-сухого процесса ($C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$), определяет химическое равновесие при образовании водяного газа.

в) Действительный процесс газификации

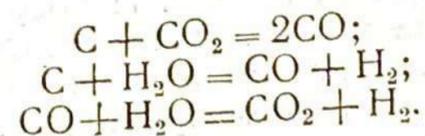
Действительный процесс газификации в транспортных газогенераторах, как уже было указано выше, является смешанным процессом, так как часть влаги топлива (или влаги, подведенной извне) участвует в процессе газообразования.

В соответствии с этим, можно считать, что в активной зоне газогенератора происходят следующие реакции:

1) в кислородной зоне или зоне горения — реакции (1) и (2) окисления углерода топлива с образованием CO_2 и CO :



2) в восстановительной зоне, граничащей с зоной горения и обогреваемой теплом проходящих через нее горячих газов, — реакция восстановления CO_2 (3) и реакции образования водяного газа (7) и (8):



Так как восстановительные процессы, повидимому, начинаются еще в зоне горения, точно установить границу между ней и зоной восстановления практически невозможно. Поэтому обе эти зоны обычно объединяют под общим наименованием — активная зона газификации или активный слой топлива, подразумевая под этим ту часть слоя, в которой происходят все указанные выше реакции. В результате этих реакций выходящий из зоны газификации сухой газ (т. е. газ, из которого удален водяной пар) содержит: углекислый газ CO_2 , окись углерода CO , водород H_2 , а также азот воздуха N_2 .

На состав газа, выходящего из газогенератора, существенное влияние оказывают продукты сухой перегонки топлива (швель-

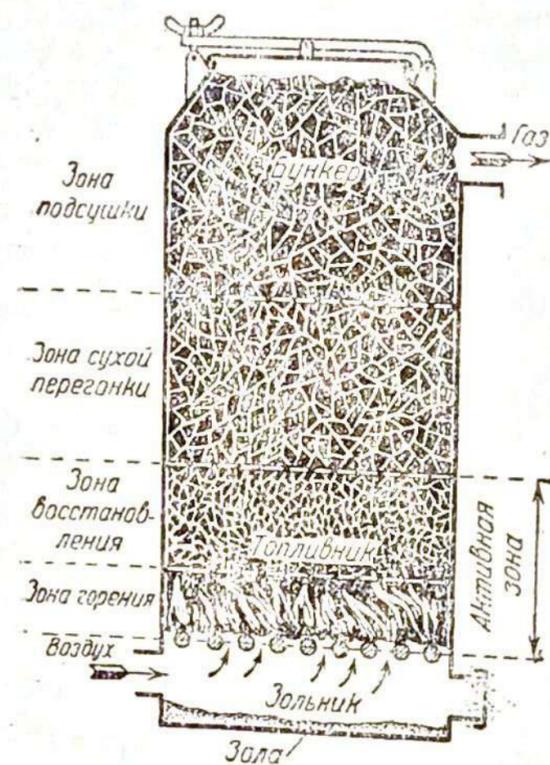


Рис. 4. Схема газогенератора прямого процесса газификации.

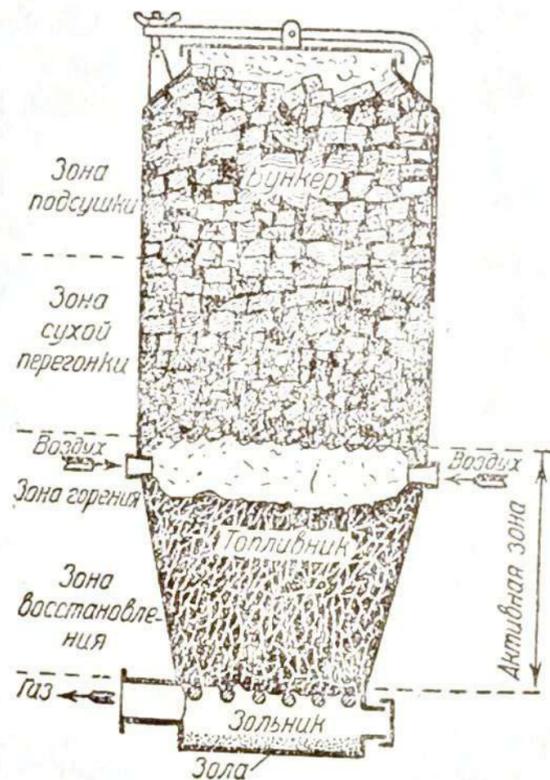


Рис. 5. Схема газогенератора обратного процесса газификации.

Над кислородной зоной, которая простирается на незначительную высоту слоя топлива (порядка 30—50 мм), находится зона восстановления, в которой протекают восстановительные реакции, идущие с поглощением тепла. В результате этого температура в зоне восстановления понижается до 700—900°C. Выше активной зоны располагаются: зона сухой перегонки и зона подсушки топлива. Эти зоны обогреваются теплом, излучаемым топливом из активной зоны, а также физическим теплом проходящих через них газов, если газоотборный патрубок расположен в верхней части газогенератора. Обычно же, во избежание возникновения обратных реакций, стремятся вывести газ непосредственно по выходе его из активной зоны, для чего газоотборный патрубок располагают на соответствующей высоте.

Температуры в зонах сухой перегонки и подсушки соответственно равны 450—150° и 150—100°C. Выделенные в этих зонах влага топлива и летучие (включая смолы) смешиваются с генераторным газом, выходящим из активной зоны, и вместе с ним отсасываются через газоотборный патрубок. Наличие большого количества смол в газе делает его непригодным для питания двигателя, так как при дальнейшем охлаждении газа смолы конденсируются в газопроводах и во всасывающей системе двигателя, нарушая этим нормальную работу последнего.

Поэтому топлива с большим содержанием летучих газифицируют в газогенераторах обратного процесса газификации (рис. 5). В этом типе газогенератора воздух подается в среднюю по высоте часть, где и происходит процесс горения, а образующиеся газы отсасываются книзу. Таким образом, активная зона занимает часть газогенератора от места подвода воздуха до колосниковой решетки, ниже которой расположен зольник с газоотборным патрубком.

Зона сухой перегонки и зона подсушки располагаются, как и в первом случае, выше активной зоны. Однако здесь влага топлива и летучие не могут выйти из генератора, минуя активную зону; проходя через зону с высокой температурой, продукты сухой перегонки подвергаются разложению, в результате чего выходящий из генератора газ содержит незначительное количество смол.

В газогенераторе поперечного процесса газификации (рис. 6)

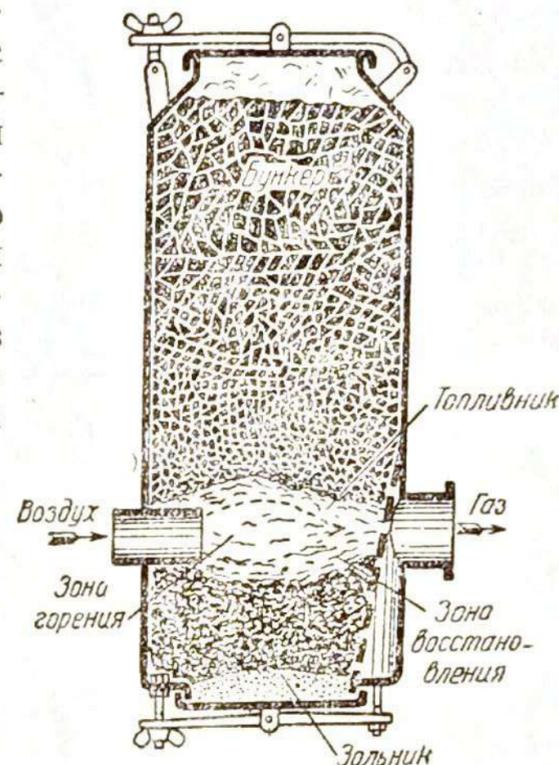


Рис. 6. Схема газогенератора поперечного (горизонтального) процесса газификации.

газ), причем величина этого влияния зависит от сорта топлива и типа газогенератора.

В зависимости от способа газообразования, газогенераторы подразделяются на три типа:

- газогенераторы прямого процесса газификации;
- газогенераторы обратного процесса газификации;
- газогенераторы поперечного процесса газификации.

В газогенераторах прямого процесса газификации (рис. 4) подача воздуха осуществляется снизу (обычно через колосниковую решетку), а газ отбирается сверху. Непосредственно над решеткой расположена зона горения или кислородная зона, в которой происходят окислительные процессы. За счет выделяемого при этом тепла температура в зоне горения достигает 1300—1700° С.

необходимый для газификации воздух подводится через фурму, расположенную сбоку в нижней части газогенератора. Газоотборная решетка расположена с противоположной стороны — со стороны газоотборного патрубка. Активная зона сосредоточена на

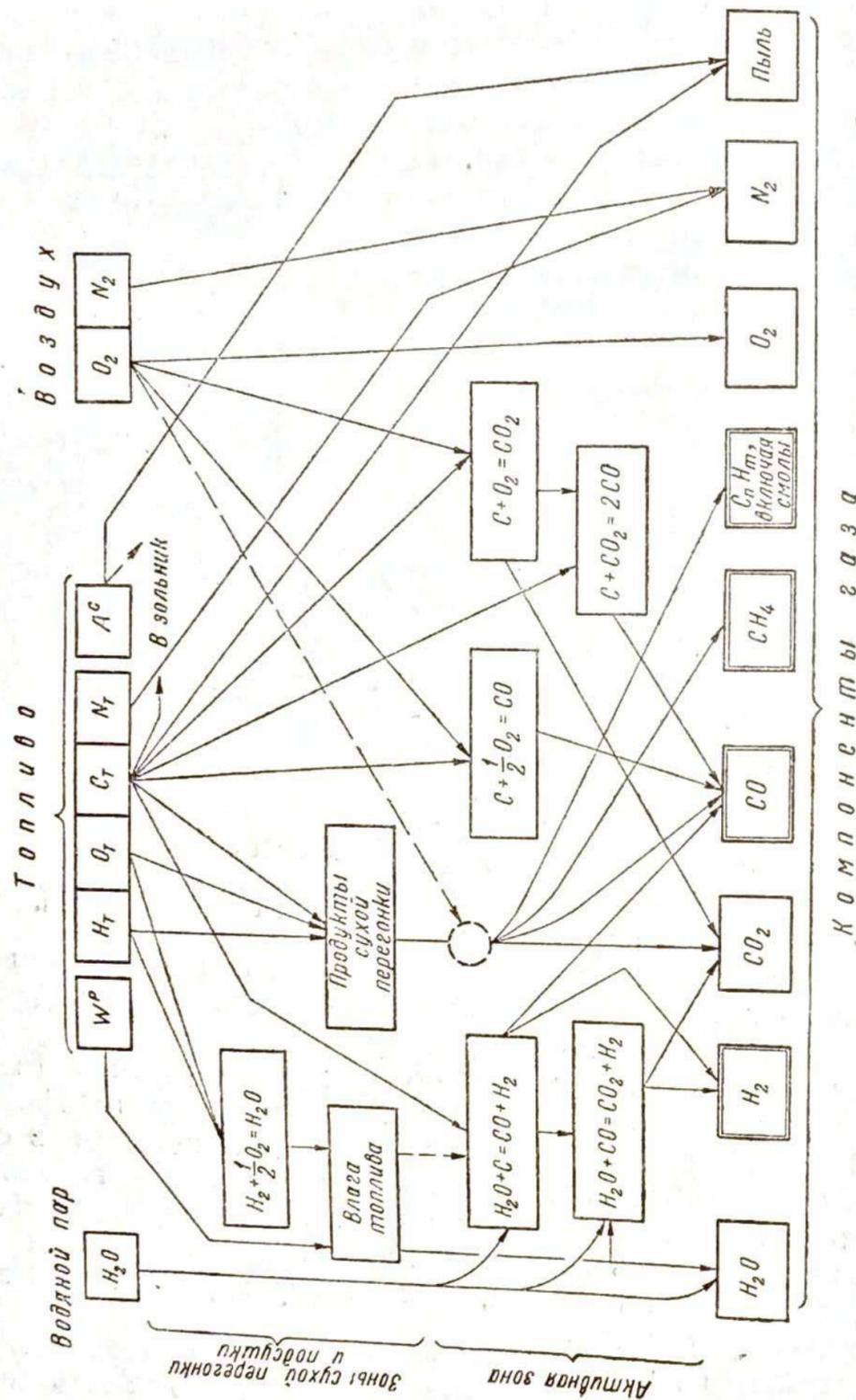


Рис. 7. Схема действительного процесса газификации.

небольшом пространстве между концом фурмы и газоотборной решеткой. Над ней располагаются зона сухой перегонки и выше — зона подсушки топлива. Этот газогенератор, так же как и газогенератор прямого процесса горения, не пригоден для газификации топлив с большим

содержанием летучих, так как он не может обеспечить образование бессмольного газа.

Наглядное представление о процессах, происходящих в газогенераторе, дает схема, изображенная на рис. 7. Схема составлена применительно к прямому процессу газификации.

В верхнем ряду схемы показаны исходные продукты газификации: топливо, состоящее из углерода C_T , водорода H_T , кислорода O_T , азота N_T , гигроскопической влаги W^P и золы A^c ; воздух, состоящий из кислорода O_2 и азота N_2 ; вода H_2O , подводимая в газогенератор извне. Во втором и третьем рядах, относящихся к зонам подсушки и сухой перегонки, показаны выделяющиеся в этих зонах продукты — гигроскопическая влага, химически связанная влага и летучие вещества. В четвертом и пятом рядах показаны процессы, происходящие в активной зоне газогенератора. В нижнем ряду приведены конечные продукты — компоненты генераторного газа, полученные в результате газификации и сухой перегонки топлива.

Из схемы видно, что кислород воздуха участвует в горении углерода топлива, который, в свою очередь, расходуется на образование углекислого газа CO_2 , окиси углерода CO , а также на разложение водяного пара с образованием окиси углерода CO и свободного водорода H_2 . Азот воздуха N_2 и азот топлива N_T не участвуют в реакциях и без изменения переходят в генераторный газ.

Часть кислорода O_T и водорода H_T топлива образуют химическую воду, которая вместе с гигроскопической влагой топлива W^P и влагой, подведенной извне, частично участвует в процессе газификации, а частично переходит в газ без изменений.

Не участвующие в указанных реакциях части кислорода, водорода и углерода топлива образуют продукты сухой перегонки (летучие), которые в газогенераторе прямого и поперечного процессов газификации переходят в газ в неизменном виде, а в газогенераторе обращенного процесса в большей своей части сгорают и подвергаются разложению (крекинг-процессу) в активной зоне.

Эти дополнительно происходящие в газогенераторе обращенного типа процессы показаны на схеме пунктирными линиями. В обращенном газогенераторе вода извне обычно не подается, и компоненты водного газа образуются только из влаги топлива.

Зола топлива A^c , вместе с некоторой частью недожженного углерода топлива C_T , попадают в зольник и в некотором количестве уносятся вместе с газом из газогенератора. Таким образом, газ, выходящий из газогенератора, содержит:

- горючие компоненты — CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m ;
- балласт — CO_2 , O_2 , N_2 , H_2O ;
- пыль, состоящую из золы и сажи.

Соотношение между горючими компонентами и количество балласта в газе зависят от режима газификации, количества летучих в топливе и количества воды, участвующей в процессе.

Примерный состав газа, полученного в газогенераторе обращенного процесса горения, при работе на древесных чурках влажностью 20%, будет следующий.

Состав сухого газа в % по объему:

H ₂	—16,1
CO	—20,9
CH ₄	— 2,3
C _n H _m (без смол)	— 0,2
CO ₂	— 9,2
O ₂	— 1,6
N ₂	—49,7

Содержание в газе (в г/м³ сухого газа):

влаги	—220
пыли	— 3,5
смолы	— 0,5

В табл. 1 показано влияние влажности древесных чурок на теоретический состав генераторного газа.

Таблица 1

Влажность чурок W ^p	Состав газа, % по объему					Низшая теплотворная способность газа, кал/м ³
	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂	
0,0	18,0	24,6	1,5	9,6	46,3	1337
9,1	19,5	21,2	1,5	11,9	45,9	1271
16,7	20,6	18,5	1,4	13,3	45,7	1209
28,6	21,6	14,2	1,4	16,5	46,3	1105
35,5	21,8	11,9	1,3	17,9	47,1	1037
50,0	20,8	7,3	1,3	20,5	50,1	863
66,7	15,0	2,9	1,1	22,1	58,9	570

Как видно из таблицы, с увеличением влажности древесины количество углекислого газа растет, а количество окиси углерода падает. Количество водорода увеличивается (до влажности 35,5%), а потом тоже падает, в результате понижения температуры в активной зоне. Количество метана CH₄ почти не изменяется, уменьшаясь с увеличением влажности древесины всего лишь на 0,4%. В итоге теплотворная способность газа с увеличением влажности древесной чурки уменьшается.

На рис. 8 показано влияние содержания летучих в древесном угле на качество генераторного газа, полученного в газогенераторе поперечного процесса газификации (по опытам автора в ЦНИИАТ).

Из диаграммы видно, что с увеличением количества летучих с 2 до 22% содержание в газе CO, H₂, CO₂ и смол непрерывно растет. В результате этого теплотворная способность газа и мощность двигателя (работающего на этом газе) увеличиваются на 15%. Максимальное количество смол (при количестве летучих 22%) не превышает 0,16 г/м³, что является допустимым. Однако при большем содержании летучих в топливе количество смол в газе увеличивается и превосходит допустимую величину.

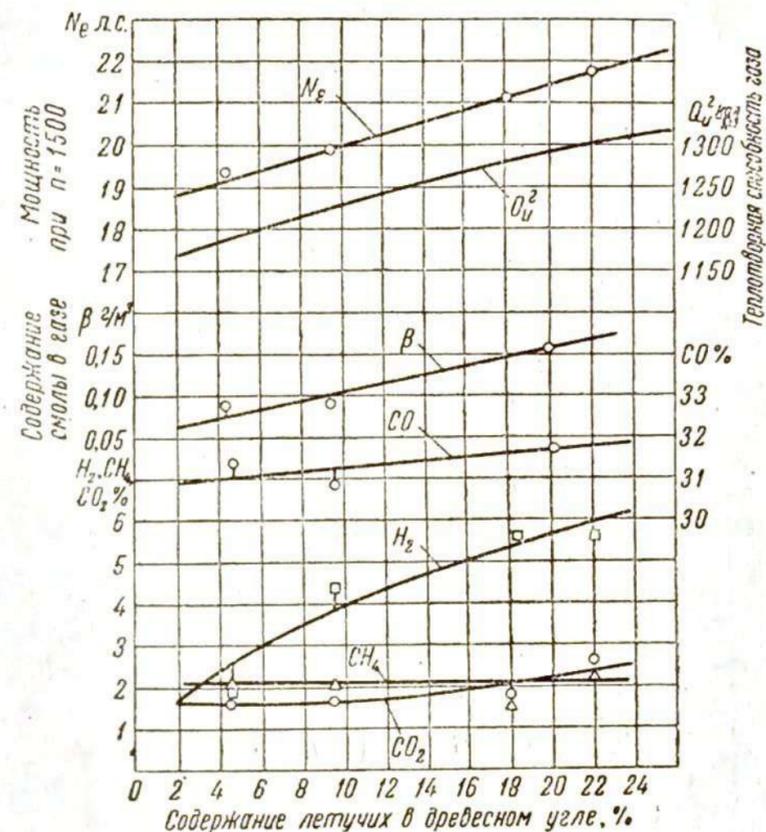


Рис. 8. Влияние содержания летучих в древесном угле на качество генераторного газа и мощность двигателя при работе газогенератора поперечного процесса газификации (по опытам автора в НАТИ).

Наивыгоднейший режим газификации зависит от правильного выбора основных параметров газогенератора: интенсивности газификации q , высоты активного слоя топлива H_3 и скорости дутья v .

Под интенсивностью газификации или напряженностью горения q подразумевается количество топлива в килограммах, сжигаемого в 1 час на 1 м² площади поперечного сечения камеры газификации в плоскости подвода воздуха (плоскость фурменного пояса в газогенераторах обращенного процесса газификации и плоскость колосников в газогенераторах прямого процесса), т. е.

$$q = \frac{G_T}{F} \text{ кг/м}^2\text{час.}$$

Чем выше напряженность горения, т. е. чем интенсивнее ведется процесс газификации, тем лучше будет качество газа, так как при этом будет увеличиваться температура в активной зоне газогенератора (см. рис. 9). В результате повышения температуры равновесный состав газа смещается в сторону содержания большего количества горючих компонентов CO и H_2 .

Однако при повышении напряженности горения увеличивается скорость прохождения газа в слое топлива, в результате чего

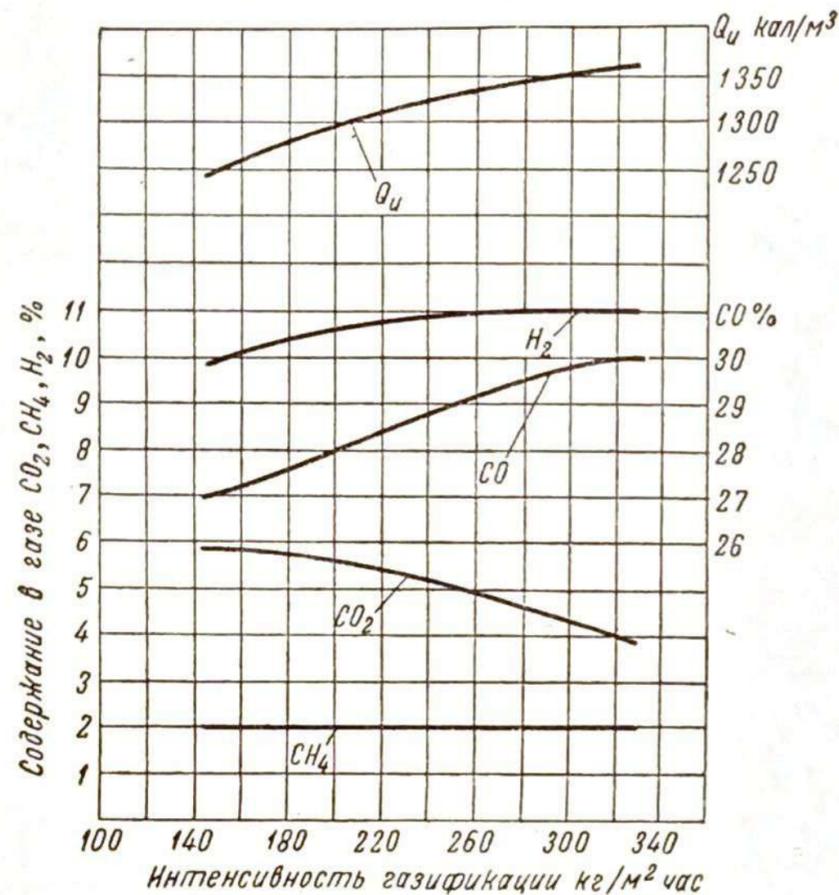


Рис. 9. Изменение состава газа и его теплотворной способности в зависимости от интенсивности газификации при работе газогенератора прямого процесса на антраците АС с подачей пара в количестве, равном 40% расхода топлива (по опытам автора в НАТИ).

усиливается сопротивление газогенератора, а следовательно, уменьшается коэффициент наполнения двигателя. Кроме того, при работе на высокозольных сортах топлива повышение напряженности горения ограничено явлением зашлаковывания топлива в камере газификации и прекращением, вследствие этого, нормальной работы двигателя.

В зависимости от вида применяемого топлива, напряженность горения берется в пределах 200—900 кг/м² час (подробнее см. раздел III, стр. 114).

Высота активного слоя топлива H_3 оказывает существенное влияние на качество генераторного газа. Ее величина определяет

время соприкосновения газа и водяных паров с раскаленным углеродом и зависит от температуры активной зоны и реакционной способности топлива. Чем больше будет температура и выше реакционная способность топлива (т. е. больше пористость и меньше размер кусков), тем меньшей высоты (или длины) может быть активная зона, обеспечивающая завершение восстановительных

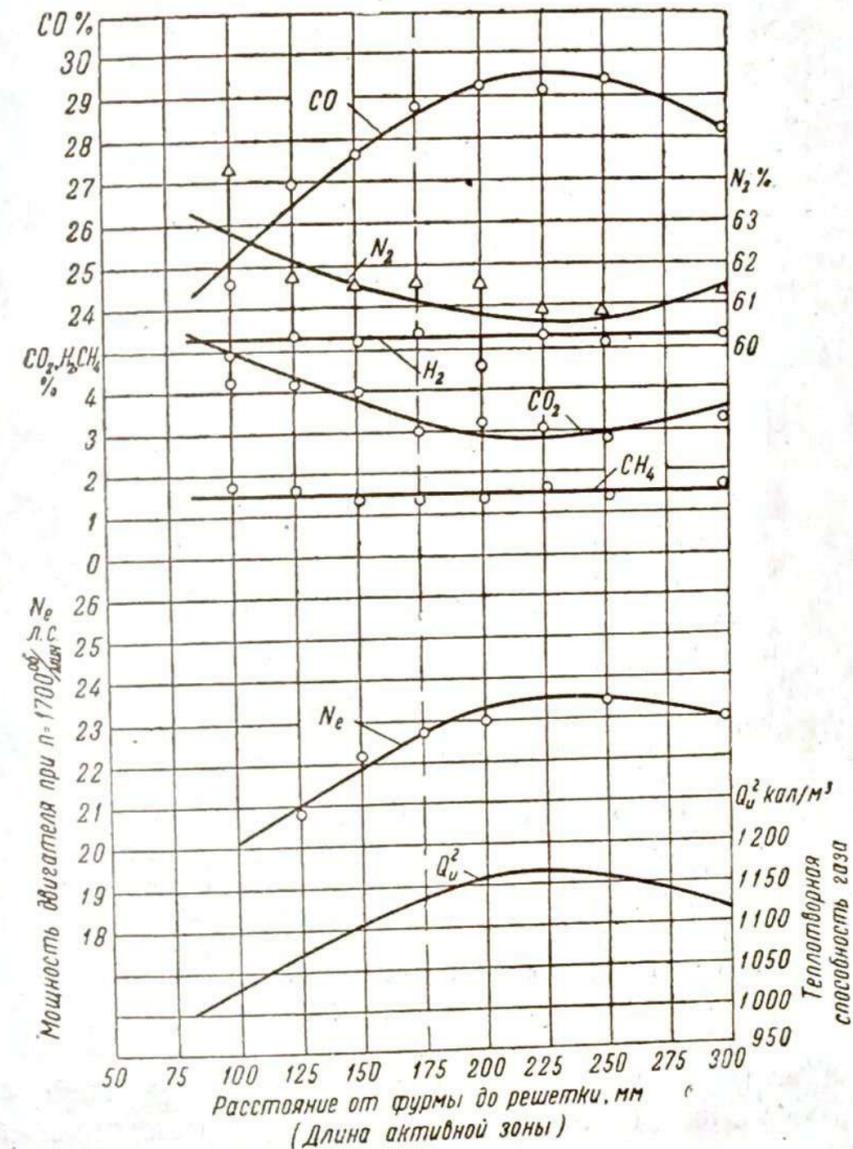


Рис. 10. Изменение качества газа и мощности двигателя в зависимости от длины активной зоны при работе газогенератора поперечного процесса на древесном угле (по опытам автора в НАТИ).

процессов. Слишком большая длина активной зоны создает благоприятные условия для протекания обратных реакций, и поэтому она так же невыгодна, как и слишком малая высота. Это наглядно иллюстрируется рис. 10, на котором показано изменение состава и теплотворной способности газа в зависимости от длины активной зоны в газогенераторе с поперечным процессом газификации, работающем на древесном угле.

Как видно из диаграммы, для данной производительности газогенератора (60 м³ газа в час) наивыгоднейшая длина активной зоны равна 225 мм. При этой длине содержание окиси углерода достигает максимального значения. Количество водорода и метана не изменяется, так как метан образуется в зоне сухой перегонки, а водород — в непосредственной близости от газоотборной решетки.

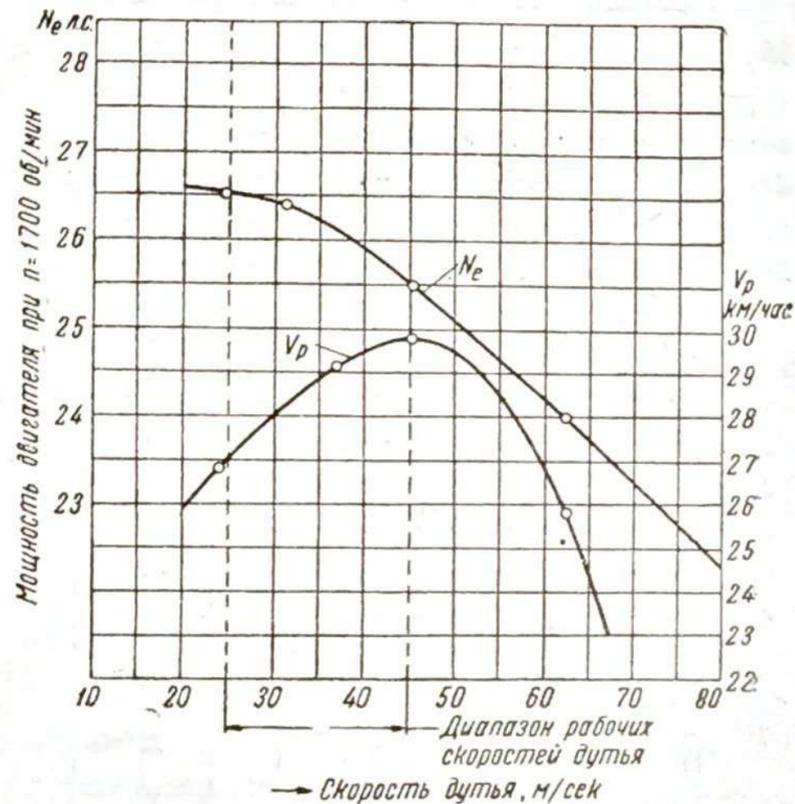


Рис. 11. Влияние скорости дутья (поступления воздуха) на мощность двигателя и приемистость автомобиля при работе с газогенератором поперечного процесса газификации на древесном угле, по опытам автора в НАТИ (v_p — средняя скорость на километровом участке при разгоне).

Большое влияние на качество генераторного газа оказывает скорость поступления воздуха v (скорость дутья) в камеру газификации.

С увеличением скорости дутья повышается температура на поверхности топлива, находящегося в струе поступающего воздуха, т. е. получается местное увеличение напряженности горения, величина которой достигает 50 000 кг/м² час. В результате этого увеличивается выход первичного СО [по реакции (2)], и работа газогенератора становится более гибкой, так как она в меньшей степени зависит от протекания восстановительных реакций. Однако нельзя повышать скорость дутья беспрестанно, так как увеличивающееся при этом сопротивление газогенератора (и в частности фурмы) будет ухудшать наполнение двигателя газовой смесью и снижать его мощность. На рис. 11 показано

влияние скорости дутья на мощность двигателя и приемистость автомобиля, которая, при прочих равных условиях, находится в прямой зависимости от гибкости работы газогенератора.

Несмотря на то, что с увеличением скорости дутья v более 25 м/сек. мощность двигателя заметно падает, все же выгодно увеличить эту скорость до 45 м/сек., когда приемистость автомобиля получается наиболее высокой. Дальнейшее увеличение скорости дутья сопровождается снижением не только мощности, но и приемистости автомобиля. Обычно скорость дутья в газогенераторах с фурменной подачей воздуха берется в пределах 20—50 м/сек.

Суммарное влияние перечисленных выше факторов на процесс газификации можно проследить путем сопоставления результатов зонального исследования состава газа, полученного в стационарном газогенераторе, работающем на крупнокусковом антраците с низкой напряженностью горения и малой скоростью дутья (рис. 12), и состава газа, полученного в одном из наиболее форсированных автомобильных газогенераторов НАТИ Г-21, работающем на мелком древесном угле с большой скоростью дутья (рис. 13).

В первом случае (см. рис. 12) окись углерода, в основном, образуется за счет восстановления углекислого газа, причем этот процесс происходит в зоне высоких температур и заканчивается полностью

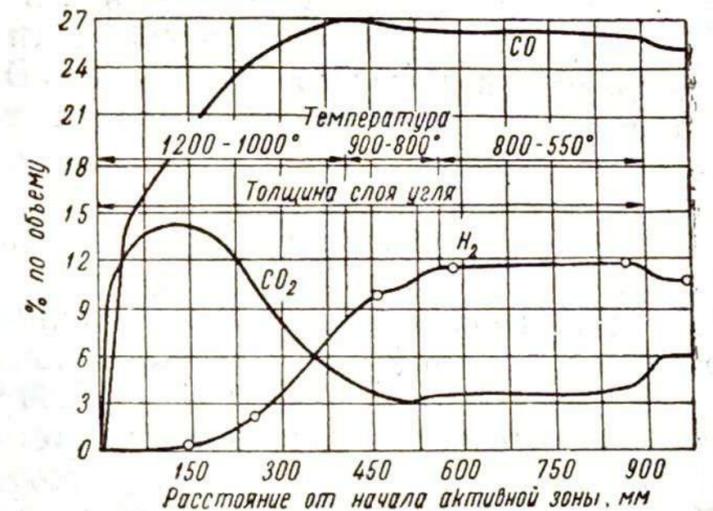


Рис. 12. Изменение состава газа в активном слое топлива стационарного газогенератора при работе на антраците (по опытам инж. Карамзина).

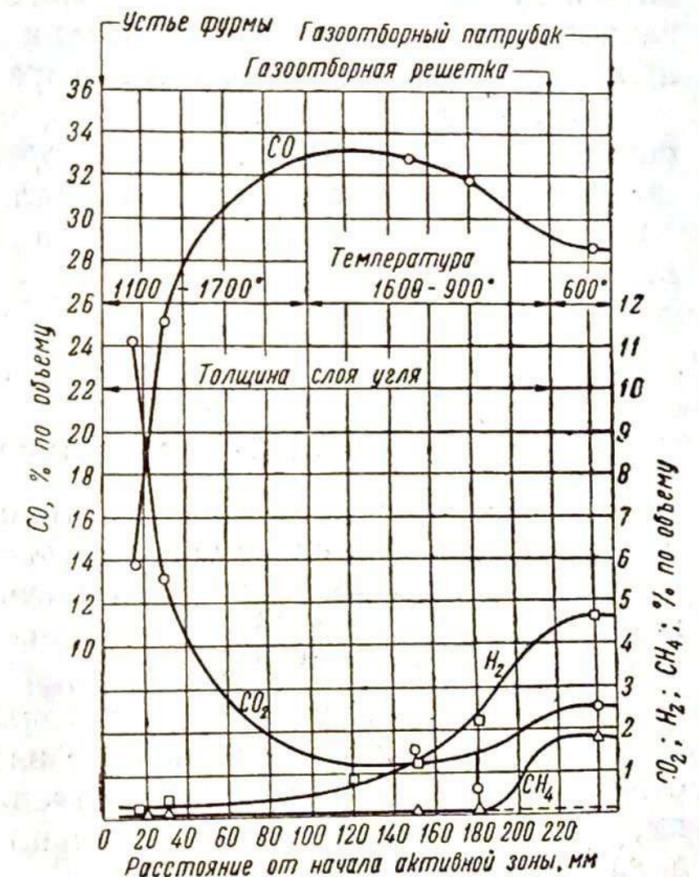


Рис. 13. Изменение состава газа в активном слое топлива автомобильного газогенератора НАТИ Г-21 при работе на древесном угле (по опытам автора в НАТИ).

на расстоянии 450 мм от колосниковой решетки, при содержании $\text{CO} = 27\%$. Реакция образования водорода, протекающая вначале крайне медленно, в основном, происходит в слое топлива, отстоящем на 300—600 мм от колосников, и полностью заканчивается на расстоянии 900 мм. Этим, в частности, подтверждается, что реакция образования водяного газа протекает в два раза медленнее, чем реакция (3) восстановления углекислого газа.

Во втором случае (см. рис. 13) окись углерода образуется в результате горения углерода (до 14%) и восстановления углекислого газа. Последняя реакция заканчивается на расстоянии 120 мм от устья фурмы, давая максимальное количество $\text{CO} = 33\%$.

Водород H_2 и метан CH_4 , в основном, образуются в конце активной зоны, у газоотборной решетки.

В обоих газогенераторах протекает обратная реакция $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$, в результате которой количество CO в газе (на выходе из газогенератора) снижается: в первом случае—до 25% , а во втором случае—до $28,7\%$.

В последнем случае снижение количества CO происходит также в результате смещения основного газового потока с „краевым газом“, состав которого значительно хуже, так как температурный режим у стенок газогенератора невысокий.

Из приведенных данных видно, что высокие реакционная способность древесного угля, температура в активной зоне и скорость дутья позволяют в автомобильных газогенераторах иметь длину активной зоны в 3—4 раза меньшую, чем в стационарных.

2. ТОПЛИВО

а) Классификация топлива

В транспортных газогенераторных установках могут быть использованы различные твердые топлива, растительные или ископаемые (древесина, торф, бурые и каменные угли), а также производные от этих топлив (древесный уголь, древесно-угольные брикеты, торфяной кокс, торфобрикеты, полукокс и т. д.).

Не все сорта перечисленных топлив пригодны для транспортных газогенераторов, а только те из них, которые обладают соответствующими качествами и отвечают техническим требованиям, предъявляемым к автомобильному твердому топливу (см. приложение 1).

Различного вида сельскохозяйственные отходы, например, солома, гуза-пая, лузга и т. п., также могут быть использованы как генераторное топливо. Однако, будучи по своим качествам низкосортным топливом, они в меньшей степени пригодны для автомобильных газогенераторов.

Любой вид твердого топлива, предназначенного для газогенераторных автомобилей, должен обладать:

- 1) определенным размером кусков;
- 2) определенной влажностью;
- 3) минимальным количеством вредных примесей и, в частности, золы. Температура плавления золы не должна выходить за определенные пределы;
- 4) определенным содержанием летучих;
- 5) высокой реакционной способностью;
- 6) достаточной механической прочностью, чтобы топливо не рассыпалось при транспортировке, хранении, а также газификации в генераторе;
- 7) высокой теплотворной способностью в единице объема;
- 8) невысокой стоимостью (включая стоимость разделки топлива до необходимых размеров).

Первые шесть показателей обеспечивают гибкость и устойчивость процесса газификации газогенераторного автомобиля, надежность работы газогенератора и периодичность его догрузки.

Седьмой и восьмой показатели определяют рентабельность и экономичность применения того или иного топлива.

Если оценивать качества топлив по указанным показателям, то ориентировочно их можно распределить на следующие четыре класса:

- I. Топливо хороших качеств — древесина, древесный уголь, древесно-угольные брикеты
- II. Топливо вполне удовлетворительных качеств — торфяной кокс, малозольный торф, полукокс
- III. Топливо удовлетворительных качеств — торф, бурый уголь, антрацит
- IV. Топливо неудовлетворительных качеств — саксаул, гуза-пая, солома, лузга и прочие сельскохозяйственные отходы

В зависимости от содержания в топливе летучих и золы, их можно классифицировать на:

смолистые	{ малозольные (A^c до 4%)
	{ многозольные (A^c до 8% и выше)
тощие	{ малозольные (A^c до 4%)
(бессмольные)	{ многозольные (A^c до 8% и выше)

В табл. 2 указаны типы газогенераторов, которые пригодны для газификации того или иного топлива.

Для смолистых топлив I группы с содержанием летучих от 70 до 85% необходим газогенератор обращенного процесса, с горловиной в камере газификации для крекинга смол.

Для смолистых топлив II группы, у которых содержание золы допускается до 8% , также необходим газогенератор обращенного процесса, но без горловины, чтобы не препятствовать удалению образующегося шлака.

Тощие топлива I группы с содержанием золы до 4% можно газифицировать в газогенераторах любого типа.

Таблица 2

Наименование топлива	Группа	Характеристика топлива		Тип газогенератора				
		содержание летучих $V^r, \%$	содержание золы $A^c, \%$	обращенного процесса		поперечного процесса	прямого процесса	
				с горловиной	без горловины			
Смолистые	Древесина, мало-зольный торф	I	85—70	до 4	применяется	—	—	—
	Торф, бурый уголь	II	70—30	до 8	—	применяется	—	—
Тощие (бессмольные)	Древесный уголь, древесно-угольные брикеты, торфяной кокс	I	30—15	до 4	—	применяется	применяется	применяется
	Полукокс, антрацит	II	15—5	до 8*	—	—	применяется	применяется

Тощие топлива II группы, у которых содержание летучих не превышает 15% , а содержание золы доходит до 8% и выше, нуждаются в газогенераторах прямого процесса газификации, с подачей водяного пара. Применение поперечного процесса возможно только для топлив с малым содержанием тугоплавкой золы.

Ниже приведены краткая характеристика, способы заготовки и технические требования по каждому виду топлив.

б) Древесные чурки

Древесина является наиболее распространенным видом местного твердого топлива.

Общая площадь лесов в СССР достигает 900 млн. га, что

* Для поперечного процесса газификации зольность не более $4-6\%$.

эквивалентно 18 млрд. т. условного топлива (с теплотворной способностью 7000 кал/кг).

Древесина состоит из органической (горючей) массы и балласта.

В состав органической массы входят: углерод, водород, кислород и азот. К балласту топлива относятся: зола и гигроскопическая влага.

Соотношение между отдельными компонентами органической массы древесины почти не зависит от породы и в среднем составляет (в $\%$ по весу):

Углерод	50
Водород	6
Кислород	43
Азот	1

Низшая теплотворная способность органической массы, примерно, равна 4450 кал/кг . Зольность A^c абсолютно сухой древесины, в зависимости от породы, изменяется от $0,6$ до $1,4\%$, но для отдельных частей дерева может отличаться от этих значений (см. табл. 3).

Таблица 3

Порода древесины	Содержание золы $A^c, \%$ по весу	
	в стволе	в сучьях
Сосна	0,24	1,72
Береза	0,35	2,42
Осина	0,75	2,35

В корнях содержание золы достигает 5% .

Влажность древесины меняется в довольно широких пределах.

Свежесрубленная древесина содержит до $77-84\%$ влаги. Влажность воздушно-сухой древесины составляет $20-25\%$. Эти цифры характеризуют абсолютную влажность, которая определяется как отношение веса влаги к весу сухой древесины.

Кроме абсолютной влажности, существует еще относительная влажность (или влажность „рабочего“ топлива — W^p), которая представляет собой отношение веса влаги к весу сырой древесины. Если влажная древесина весит 50 г, а после полного удаления из нее гигроскопической влаги (путем высушивания) вес ее уменьшился до 40 г, то абсолютная влажность будет равна:

$$W_{abs} = \frac{50 - 40}{40} \times 100 = 25\%$$

а относительная влажность:

$$W_{от} = W^p = \frac{50 - 40}{50} \times 100 = 20\%$$

Если древесину подвергнуть сухой перегонке, то из нее выделится ряд продуктов.

Результат выхода продуктов сухой перегонки приведен в табл. 4.

Таблица 4

Продукты	Сосна	Ель	Береза	Бук
	% по весу			
Уголь	37,83	37,83	31,80	34,97
Газы: CO ₂	10,13	10,30	9,96	10,90
C ₂ H ₄	0,23	0,20	0,19	0,20
CO	3,74	3,76	3,32	4,22
CH ₄	0,59	0,62	0,54	0,47
Метиловый спирт	0,88	0,96	1,60	2,07
Ацетон	0,18	0,20	0,19	0,20
Метилацетат	0,01	0,02	0,02	0,03
Уксусная кислота	3,50	3,19	7,08	6,04
Смола	11,79	8,08	7,93	8,11
Прочие органические вещества	8,03	7,75	8,15	5,89
Вода	22,27	25,70	27,81	26,58
Потери	0,82	1,41	1,41	0,32
Итого	100,00	100,00	100,00	100,00

Влажность взятой для опытов древесины была равна $W^p = 7-9\%$, в то время, как в результате сухой перегонки получилось от 22 до 27% воды. Это свидетельствует об образовании химической влаги (см. рис. 7), которая выделилась в процессе сухой перегонки древесины. Поэтому при газификации даже абсолютно сухой древесины в газогенераторе все же происходят реакции образования водяного газа.

Из табл. 4 также видно, что в процессе сухой перегонки древесины получается значительное количество побочных продуктов (смола, уксусной кислоты), вредных для двигателя.

Газификация древесины не представляет каких-либо затруднений — древесина является прекрасным топливом для транспортных газогенераторов. Незначительная зольность древесины и высокая температура плавления золы (более 1400°C) не вызывают осложнений при ее удалении, а высокая реакционная способность древесного угля, который образуется из древесины в процессе ее сухой перегонки, способствует образованию высококалорийного газа в относительно небольшом по высоте слое топлива активной зоны. Важно только, чтобы древесина, употребляемая как газогенераторное топливо в виде чурок определенного размера, имела влажность $W_{абс}$ не более 18—20% и давала прочный древесный уголь. Последнему условию удовлетворяет древесина твердых пород: дуб, бук, береза и др. Мягкие породы дерева (сосна, ель, осина) дают уголь более слабый, который крошится

при тряске газогенератора, в результате чего повышается сопротивление слоя топлива и требуется более частая чистка зольника.

Относительная прочность древесных углей может быть выражена следующими цифрами:

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

Древесина, предназначенная для газификации в автомобильных газогенераторах, должна быть разделана на чурки, т. е. на куски любой формы, с размером сторон не более 50 × 50 × 60 мм. При большем размере чурок затрудняется осадка топлива в бункере (происходит „зависание“).

Разделка древесины на чурки меньших размеров связана с большими затратами времени и увеличивает их стоимость. Для заготовки чурок может быть использована как ствольная часть дерева, так и сучья, толщиной не менее 40 мм (преимущественно твердых пород или 50% твердых и 50% мягких пород).

В сырье допускаются все пороки древесины (сучковатость, трещины и т. п.), за исключением гнили.

Сырье заготавливается в виде бревен (долготье) от 2 до 9 м или в виде поленьев (коротье) длиной от 0,5 до 1 м. Бревна сначала распиливаются на плашки, которые потом разделяются на чурки. Из коротья заготавливают дрова, которые тоже распиливаются на чурки.

Разделка сырья на чурки может производиться как ручным способом, так и механизированным путем, т. е. с применением электропил, механических колунов, транспортеров и т. п.

Ручная заготовка чурок дает следующую производительность:

- распиловка за 8-часовой рабочий день, при коэффициенте использования времени 0,6, — в среднем, 0,7 скл. м³ плашек;
- расколка за 8-часовой рабочий день, включая отоску чурок на 30 м, — около 2,5 скл. м³.

Ручная разделка древесины на чурки — трудоемкий процесс, значительно повышающий их стоимость. Поэтому она не имеет большого распространения.

При массовой заготовке древесных чурок обычно применяется механизация, которая значительно увеличивает производительность труда.

Так, например, для распиловки бревен применяют балансирные пилы с электроприводом, которые за 8-часовой рабочий день дают производительность 8 плотн. м³ (1 скл. м³ = 0,5 плотн. м³).

Для расколки плашек на чурки применяют механизированные колуны самых разнообразных конструкций (Лебедева-Назарова, СибНИИЛХЭ, ЦНИИМЭ и др.). Ротационный колун СибНИИЛХЭ, при мощности 3 квт, имеет производительность 30 плотн. м³.

Еще большую производительность дают колуны для расколки поленьев на дрова. Так, колун Чусовского завода, мощностью 10 л. с., имеет производительность 80—100 плотн. м³ за 8-часовой рабочий день.

Доведение влажности древесины до необходимой величины может производиться путем естественной или искусственной сушки. Естественная сушка в бревнах занимает от полутора до двух лет. Естественная сушка в поленицах происходит значительно быстрее — от 4 до 6 месяцев. При заготовке чурок из сырых бревен их обычно сушат на эстокадах (деревянных настилах), на которые чурки насыпаются слоем в 0,3—0,5 м. Срок сушки — от 1 до 3 месяцев весенне-летнего периода. Если воздушно-сухое состояние чурок не соответствует требуемой влажности (18—20%), их подсушивают в специальных сушилках передвижного или стационарного типов.

Естественная сушка сырья или чурок может быть целиком заменена искусственной сушкой в сушилках. Однако это сопряжено с дополнительной затратой рабочей силы, расходом древесины на отопление сушилок (до 30% веса чурок), значительными капиталовложениями и т. п., что значительно увеличивает себестоимость готового топлива.

Так, стоимость 1 т готовых чурок, в зависимости от способа сушки, составляет:

- а) при естественной двухгодичной сушке бревен — 87,5 руб.;
- б) при естественной сушке в поленицах — 81,3 руб.;
- в) при искусственной сушке чурок в сушилках — 153,0 руб.

Следовательно, искусственная сушка увеличивает себестоимость чурок почти в два раза.

в) Древесный уголь

Выжигание из древесины угля не представляет больших технических трудностей и применяется в СССР в массовых масштабах для нужд металлургии и в лесохимической промышленности. Особенно целесообразно переугливать порубочные остатки лесосек, которые так или иначе должны быть уничтожены по законам лесной охраны.

Древесный уголь, обладая высокой реакционной способностью, является одним из лучших видов топлива для транспортных газогенераторов, обеспечивающим наиболее высокие эксплуатационные качества газогенераторных автомобилей. К недостаткам древесного угля следует отнести его малую механическую прочность и гигроскопичность. Уголь быстро намокает от воды и дождя, но при хранении в сухом помещении влажность его повышается незначительно.

Древесный уголь может быть получен путем нагревания и разложения древесины либо без доступа воздуха (сухая перегонка в ретортах), либо при ограниченном доступе воздуха (костовое или печное углежжение).

Углежжение отличается от сухой перегонки более высокой температурой процесса, за счет сгорания части древесины. При этом уголь получается более прочный, с большим содержанием углерода.

В табл. 5 приведены конечные температуры переугливания и состав угля в зависимости от способа его получения.

Таблица 5

Способ переугливания	Конечная температура переугливания, °С	Количество летучих в угле, % по весу	Состав угля, % по весу			Выход угля, % по весу от абсолютно сухой древесины
			С	H ₂	O ₂ +N ₂	
В ретортах . .	350—400	35—40	76,11	3,93	19,96	44
В печах Шварца . .	400—450	20—25	83,50	3,80	12,70	35
В кострах . .	600 и выше	6—9	92,40	2,60	5,20	30

Из табл. 5 видно, что с увеличением температуры переугливания выход угля уменьшается за счет меньшего содержания летучих. Практически при углежжении влажной древесины (30—35% абс.) выход угля составляет 21—24% от веса заложенного сырья. Таким образом, из 1 м³ древесины получается около 70—75 кг древесного угля.

Уголь с малым содержанием летучих получается более легким и трудновоспламеняемым; при газификации он дает менее калорийный газ.

Сухая перегонка древесины в ретортах широко применяется в лесохимическом производстве для добычи смол, скипидара и древесного спирта. Древесный уголь в этом случае является побочным продуктом. Существуют самые разнообразные и многочисленные системы реторт, емкостью от 1½ до 400 м³. Длительность процесса перегонки, включая загрузку и выгрузку, колеблется от 12 час. до 20 дней, в зависимости от емкости реторты.

Углежжение в стационарных печах Шварца широко развито в металлургической промышленности и, в частности, применяется на Урале. При емкости печей от 50 до 200 м³ процесс переугливания (и охлаждения) длится от 100 до 200 час., в зависимости от объема, влажности и породы древесины.

Наиболее старым и самым примитивным способом является переугливание древесины в кучах или кострах. Костры устраиваются емкостью от 20 до 300 м³. Сложенная в костер и подожженная древесина сверху покрывается угольной мелочью и землей. Продолжительность переугливания в кострах составляет от 6—8 дней до нескольких недель.

Переугливание в кострах требует большого количества рабочей силы и наличия опытных углежогов, вследствие чего костровый уголь имеет высокую стоимость (см. табл. 6).

Таблица 6

Способ переугливания	В переносных печах	В печах Шварца	В кострах	Отходы металлургического древесного угля
Стоимость 1 т древесного угля, руб	208	152	385	33,2

За последнее время в СССР, во Франции и Канаде получили распространение переносные углевыжигательные печи. Сырьем для этих печей служат порубочные остатки древесины. При емкости печей в 2,5 м³, за 12 час. выжигается около 150 кг древесного угля. Стоимость угля, выжженного в этих печах, значительно ниже, чем кострового.

Уголь из сучьев по своим качествам получается не хуже угля, выжженного из ствольной части древесины, но содержит большее количество золы.

Предназначенная для углежжения древесина должна быть предварительно отсортирована по породам, размеру и влажности. Примесей других пород (при выжиге) допускается не более 5%.

Выжиг древесного угля для транспортных газогенераторов может быть осуществлен по любому способу, однако предпочтение надо отдать ретортному или печному углежжению, обеспечивающим лучшие качества угля.

Химический состав печного древесного угля (по данным Министерства черной металлургии) следующий (в % по весу):

C	— 80,0
H	— 3,5
O ₂ + N ₂	— 14,5
Зола	— 2,0

Полученный после углежжения уголь не должен содержать головней и посторонних примесей (песка, камней и т. п.).

По внешнему виду уголь должен быть плотным, крепким и не пережженным, иметь в изломе ровную блестящую черную поверхность без сетчатых трещин, снижающих механическую прочность угля.

В зависимости от породы исходной древесины и способа выжига, древесный уголь распределяется по классам:

- класс А — твердый уголь (береза, дуб);
- класс Б — средний уголь (сосна);
- класс В — мягкий уголь (осина, ель, пихта).

Механические свойства и насыпной вес древесного угля указанных классов характеризуются следующими показателями (см. табл. 7).

Таблица 7

Наименование параметра	Размерность	Классы угля		
		А	Б	В
Сопротивление на сжатие вдоль волокон	кг/см ²	180—100	100—50	50—25
Сопротивление на истирание (в барабане)	%	70—60	60—50	50—40
Насыпной вес	кг/см ³	220—180	180—140	140—120

Для транспортных газогенераторов следует применять угли классов А и Б. Угли класса В могут быть использованы только в смеси с углями класса А, в количестве не более 50%.

По своему составу древесный уголь должен отвечать следующим требованиям:

Зольность Аг	не более 4%
Влажность W ^p	15—25%
Содержание летучих V ²	15—25%

Размер кусков древесного угля, применяемого для газогенераторов поперечного процесса газификации, должен быть в пределах 5—25 мм, для других типов газогенераторов — от 10 до 40 мм. Содержание мелочи и пыли не должно превышать 5%.

Отсортированный древесный уголь упаковывается в специальную тару — мешки, кули, бумажные пакеты. При хранении древесный уголь должен быть обязательно защищен от атмосферных осадков (дождя, воды, снега) и от пыли.

Древесно-угольная мелочь, являющаяся отходом металлургического древесного угля, может быть с успехом использована для изготовления брикетов.

Обладая всеми положительными качествами древесного угля, древесно-угольные брикеты лишены его недостатков, так как они не гигроскопичны и более прочны.

Большой удельный вес древесно-угольных брикетов обеспечивает длительную работу газогенераторного автомобиля на одной заправке бункера.

Изготовленные посредством прессования, сушки и прокатки древесно-угольной массы (связанной смолой) древесно-угольные брикеты должны иметь следующую характеристику:

Размер брикета:	диаметр — 20—30 мм
	высота — 15—20 мм
Зольность	не выше 5%
Влажность абс.	4—8%
Смолосодержание	не выше 0,8%
Содержание летучих	12—15%

Удельный вес	0,65—0,75 г/см ³
Гигроскопичность (по пробе поглощения влаги при погружении в воду на 24 часа)	4—10%
Механическая прочность (разрушающая нагрузка)	40—80 кг/см ²

г) Торфяное топливо

Торф, так же как и древесина, является распространенным топливом в Советском Союзе. Торф относится к наиболее молодым ископаемым топливам. Он представляет собой продукт полураспада отмерших растений, образовавшийся в условиях влажной безвоздушной среды. В естественном виде—это весьма влажное и зольное топливо.

По составу горючей массы торф мало отличается от древесины.

Средний состав горючей массы торфа следующий (в % по весу):

углерод	— 57,8
водород	— 6,0
кислород	— 33,4
азот	— 2,5
сера	— 0,3

Теплотворная способность горючей массы составляет 5580 кал/кг.

Различают торф верховых и низинных болот. Верховой торф содержит меньшее количество золы и серы, чем торф низинный. Отдельные сорта верхового торфа содержат от 2 до 6% золы. Зольность низинного торфа достигает 12—15% и выше. Температура плавления золы колеблется в пределах 1010—1500°С при среднем значении в 1200°С.

Содержание серы в торфе невелико и в среднем составляет:

а) для верхового торфа — 0,2% (по весу);

б) для низинного торфа — 0,4%.

В зависимости от возраста, торф разделяется на молодой, средний и старый. Чем старше торф, тем выше степень разложения растительной массы, из которой он образовался, и тем лучше качество торфа.

В зависимости от способа добычи, торф подразделяют на резной, машино-формовочный, фрезерный и гидроторф.

Резной торф—это вырезанные и высушенные куски залежи, сохранившие естественную структуру.

Машино-формовочный торф заготавливается в виде кирпичей, отформованных из перемешанной и уплотненной торфяной массы.

Фрезерный торф добывается при помощи фрезерных машин,

которые срезают с поверхности болот слой залежи и размельчают его в крошку.

Гидроторф получается путем размывания залежи сильной струей воды (гидромонитором), перекачивания жидкой торфяной массы на сушильные поля и последующей резки подсушенной массы на кирпичи.

Для газификации в автомобильных газогенераторах наиболее пригоден машино-формовочный торф верховых болот со степенью разложения 25—30%, зольностью до 8% и, по возможности, с высокой температурой плавления золы (выше 1200°С). Содержание влаги допускается в пределах $W_{абс} = 28—33\%$. Размер кусков торфа, так же как и древесных чурок, должен быть равен 50×50×60 мм. Насыпной вес торфа составляет 360—380 кг/м³.

Основными недостатками торфа являются: малая механическая прочность угля, высокая зольность и легкоплавкость золы, вследствие чего при газификации торфа образуется большое количество мелочи и шлака, которые скапливаются в камере газификации газогенератора. Поэтому торфяные газогенераторы должны иметь специальные устройства для удаления из камеры очаговых остатков и более часто очищаться.

Торфяные брикеты, спрессованные из торфяной мелочи, обладают большей механической прочностью, большим удельным весом и малой гигроскопичностью. Это делает их более транспортабельным топливом, чем обыкновенный торф.

Однако газификация торфяных брикетов затруднена, так как они обладают малой „термической прочностью“—при нагревании брикеты рассыпаются и дают большое количество мелочи. Для газификации торфобрикетов необходимы специальные газогенераторы.

Если торф подвергнуть выжигу, то из него получается кокс—продукт, схожий с древесным углем.

В табл. 8 приведены основные данные по торфу, торфяным брикетам и торфяному коксу.

Таблица 8.

Наименование топлива	Состав рабочего топлива, % по весу							Теплотворная способность рабочего топлива, кал/кг
	W ^p	A ^p	C ^p	H ^p	O ^p	N ^p	S ^p	
Воздушно-сухой торф	30	8	36,3	3,6	20,3	1,6	0,2	3100
Торфяные брикеты	15	10	43,7	4,3	24,8	2,0	0,2	3850
Торфяной кокс	5	10	78,5	1,6	3,3	1,4	0,2	7350

При зольности не выше 6% торфяной кокс является хорошим топливом для автомобильных газогенераторов, так как обладает высокой реакционной способностью.

д) Бурый уголь

Бурый уголь по своему возрасту и содержанию углерода, количество которого повышается с возрастом ископаемого топлива, занимает среднее положение между торфом и каменным углем. Значительные запасы бурых углей в различных районах Советского Союза (в Московской области, на Украине, Урале, в Средней Азии, Сибири и на Дальнем Востоке) обуславливают целесообразность широкого его применения в качестве энергетического топлива, в том числе и для транспортных газогенераторов.

Однако не все виды бурых углей пригодны для газификации в автомобильных установках, а только те из них, которые содержат незначительное количество золы (до 10%) и серы (до 1%). Содержание серы выше 1% недопустимо, так как сера переходит в газ в виде различных соединений, которые вызывают коррозию деталей газогенераторной установки и двигателя. К пригодным для газификации бурым углям относятся карагандинский (Федоровский пласт), сулюктинский (Таджикская ССР), аркоголинский (Дальний Восток) и др.

Характеристика этих углей приведена в табл. 9.

Таблица 9

Наименование бурого угля	Влажность W^p , %	Зольность A^c , %	Содержание летучих V^r , %	Содержание серы S^p , %	Теплотворная способность рабочего топлива, кал/кг	Температура плавления золы, °C
Карагандинский	27—29	10	40	0,7	—	1475—1500
Сулюктинский	12—25	5—17	24—33	0,7	4850	1270—1370
Артемовский (ДВК)	26—28	8,5—12,5	49	0,5	4400	1240—1450

Размер кусков бурого угля берется, примерно, равным 50—60 мм. Температура плавления золы должна быть не ниже 1250° C.

Газификация бурых углей, даже отвечающих техническим условиям, сопряжена со значительными трудностями, вследствие их низкой механической прочности и большой склонности к шлакообразованию. Большим недостатком бурых углей является их свойство рассыпаться и самовозгораться при хранении. Поэтому бурый уголь должен храниться в ямах (накрытых дерном или глиной) или в сараях, где он укладывается штабелями. В этом случае уголь, будучи защищен от воздействия ветра и солнца, в минимальной степени будет подвержен разрушению.

е) Каменноугольное топливо

Запасы каменных углей имеются: на Украине, на Урале-в Кузбассе, на Севере, на Дальнем Востоке и в других районах СССР. Каменные угли относятся к группе наиболее старых ископаемых топлив. Самым старым из каменных углей является антрацит. Чем больше возраст каменного угля, тем больше он содержит углерода C^r и тем меньше в нем летучих V^r . Количество летучих в каменных углях колеблется от 30 до 45% для длиннопламенных и газовых углей, от 16 до 30% — для паровичных жирных углей и от 4 до 16% — для тощих углей и антрацитов. Содержание золы также изменяется в широких пределах — от 2 до 30% и выше. Содержание серы доходит до 5%, но имеются многие сорта, в которых количество серы не превышает 1—1,5%.

Высокое содержание серы, золы и летучих, спекаемость некоторых сортов каменного угля, а также невысокая температура плавления золы затрудняют применение этих углей в транспортных газогенераторных установках.

Из всех каменных углей в качестве генераторного топлива наиболее пригодны тощие угли и антрациты, с содержанием золы не выше 8% и серы не выше 1%.

Спекающиеся сорта каменных углей с высоким содержанием летучих в естественном виде не пригодны для использования в генераторах. Отдельные сорта этих углей, с малым содержанием золы и серы, целесообразно применять в облагороженном виде, подвергнув их процессу полукоксования (сухой перегонке). Выделенные при полукоксовании летучие используются для получения искусственного жидкого топлива и других ценных продуктов, а оставшийся полукокс является высококачественным тощим топливом и может быть с успехом использован в транспортных газогенераторах. По своим качествам он занимает среднее положение между древесным углем и антрацитом.

В настоящее время в Кузбассе производится полукоксование углей Журинского пласта.

По техническим условиям, установленным заводом, журиинский полукокс имеет следующую характеристику:

Влажность (при хранении под крышей) W^p 8%
 Зольность A^c 7—8%
 Содержание серы общей S^p 0,2—0,5%
 Содержание летучих V^r 8—10%

Состав горючей массы по весу:

C^r 91,4%
 H^r 2,2%
 O^r 3,5%
 N^r 2,3%
 S^r 0,6%

Теплотворная способность — 7960 кал/кг
 Температура плавления золы — 1180° C

Исследование средних проб журицкого полукокса показало повышенное содержание летучих — до 16—17% (за счет наличия недопала — несколько кусков угля). Это может привести к засмаливанию всасывающего тракта и клапанов двигателя при прямом или поперечном процессах газификации, обычно применяемых для полукокса.

Поэтому полукоксы, предназначенный для автомобильных газогенераторных установок, должен быть обязательно отмыт от недопала (погружением в воду), а также отсеян от мелочи и породы.

Как видно из данных, приведенных в табл. 10, отсеивание и отмывка полукокса не только понижают до требуемой величины количество летучих, но и значительно снижают зольность топлива.

Таблица 10

Наименование топлива	Содержание, %		Насыпной вес, кг/м ³
	зола А ^с	летучих V ^г	
Рядовой полукоксы (куски от 0 до 40 мм)	7,56	16,60	545
Отсеянный полукоксы (куски от 10 до 40 мм)	6,87	16,82	507
Отмытый полукоксы (куски от 10 до 40 мм)	3,92	8,82	420

Подготовленный полукоксы должен отвечать следующим требованиям:

- Размер кусков от 10 до 30 мм
- Содержание мелочи не более 10%
- Зольность не более 8%
- Содержание серы не более 0,6%
- Содержание летучих 8—12%
- Влажность 6—8%
- Содержание недопала и породы не более 2%
- Насыпной вес 400—450 кг/м³

В Донецком бассейне имеются большие запасы антрацита. По сравнению с другими видами твердых топлив, антрацит обладает рядом существенных преимуществ. Он дешев, прочен и негигроскопичен, вследствие чего удобен для транспортировки и хранения. Большой удельный вес антрацита и его высокая теплотворная способность обеспечивают газогенераторным автомобилям значительную дальность хода при небольших габаритах бункера газогенератора. К числу отрицательных качеств антрацита следует отнести трудную воспламеняемость, низкую реак-

ционную способность, наличие серы и шлакование при газификации.

В табл. 11 приведены основные показатели по антрацитам Донецкого бассейна.

Таблица 11

Влажность W ^p , %	Зольность А ^с , %	Содержание серы S ^г , %	Содержание углерода С, %	Содержание летучих, V ^г , %	Теплотворная способность рабочего топлива, кал/кг	Температура плавления золы, °С
3,0—8,5	2,0—3,1	1,0—1,5	89,4—96,4	2,0—7,0	6710	1070—1450

По размеру кусков антрацит подразделяется на: плитный (АП) — более 100 мм, крупный орех (АК) — 25—100 мм, мелкий орех (АМ) — 13—25 мм, семечко (АС) — 6—13 мм, зубок (АЗ) — 3—6 мм и рядовой со штыбом (АРШ) — от 0 до 100 мм.

Для транспортных газогенераторов наиболее пригодны антрациты АМ (с размельчением кусков до размера 15 × 15 × 15 мм) и АС. При этом антрацит должен иметь следующую характеристику:

- Зольность А^с не более 8%
- Содержание серы S^г не более 1%
- Содержание летучих V^г от 4 до 7%
- Температура плавления золы не ниже 1250°С

3. ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

а) Газогенераторы обращенного процесса для газификации древесных чурок

Для топлив, дающих при газификации смолы (древесные чурки, торф, бурый уголь), применяются газогенераторы исключительно обращенного процесса горения.

В этих газогенераторах, как уже упоминалось выше, водяной пар и продукты сухой перегонки (швельгаз), которые образуются при нагревании топлива в бункере, могут смешаться с основным генераторным газом, только пройдя активный слой топлива в камере газификации. При этом смолистые вещества частично сгорают, частично подвергаются крекинг-процессу, а влага топлива, контактируя с раскаленным до высокой температуры углем (или коксом) в восстановленной зоне, образует водяной газ (СО и Н₂).

Газогенератор ГАЗ-42, изображенный на рис. 14, является типичным для рассматриваемого класса газогенераторов и пред-

назначен для газификации древесных чурок и малозольного торфа (с зольностью A^c до 4%).

Газогенератор состоит из цилиндрического корпуса 1, изготовленного из 2-миллиметровой листовой стали, загрузочного

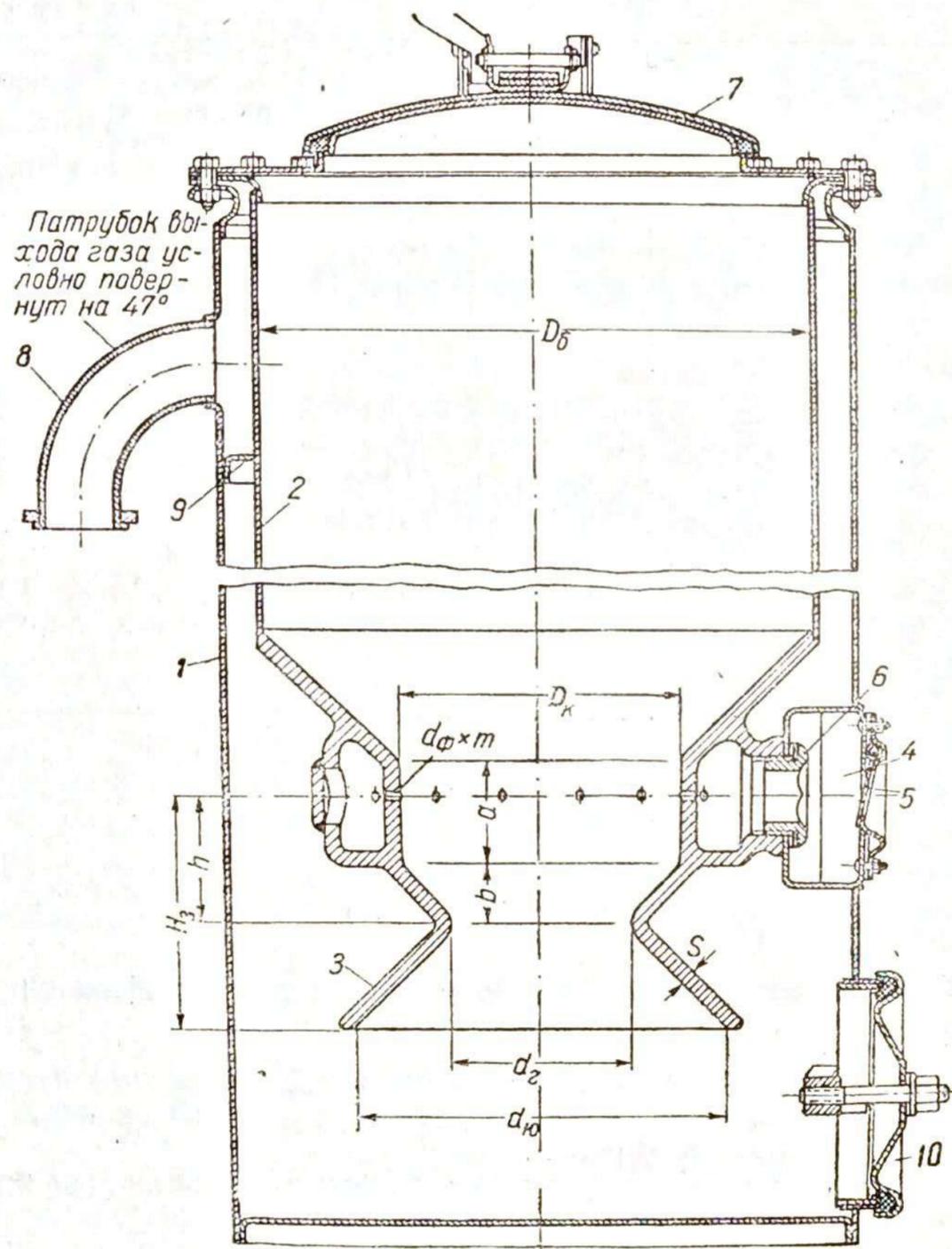


Рис. 14. Газогенератор ГАЗ-42 обращенного процесса газификации для древесных чурок:

1 — корпус газогенератора; 2 — бункер; 3 — камера газификации; 4 — клапанная коробка; 5 — обратный клапан; 6 — футорка; 7 — загрузочный люк; 8 — газоотборный патрубок; 9 — отражатель; 10 — зольниковый люк.

люка 7 и внутреннего бункера 2, к нижней части которого приварена стальная цельнолитая камера газификации 3 с периферийным подводом воздуха.

Для защиты от разъедания кислотами, которые образуются в результате сухой перегонки топлива в бункере, внутренняя поверхность последнего обычно покрывается эмалевой жаростойкой краской или тонким медным листом.

Нижняя часть корпуса газогенератора служит зольником, в котором накапливаются очаговые остатки (зола, угольная мелочь), периодически удаляемые через боковой зольниковый люк 10. Верхняя часть зольника и камера газификации заполнены древесным углем, выше которого (в бункере) находятся частично обугленные и еще выше — необугленные древесные чурки. Воздух под действием разрежения, создаваемого двигателем (отсасывающим газ из газогенераторной установки), открывает обратный клапан 5 и через клапанную коробку 4, воздушный пояс и фурмы поступает в камеру газификации 3.

Образующийся газ выходит из-под юбки камеры 3, поднимаясь вверх, проходит через кольцевое пространство (между корпусом и внутренним бункером) и отсасывается через газоотборный патрубок 8, расположенный в верхней части корпуса газогенератора.

подавляющее большинство древесно-чурочных газогенераторов имеет верхний отбор газа, при котором физическое тепло газа используется для подогрева топлива в бункере. Это устройство, хотя и усложняет конструкцию, но дает повышение коэффициента полезного действия газогенератора и увеличивает мощность двигателя на 8—10%. Кроме того, подогрев бункера улучшает осадку топлива, так как устраняет прилипание покрытых смолой чурок к стенкам бункера, и обеспечивает таким образом равномерность работы газогенератора.

Для более полного разложения смол в камере газификации предусмотрено местное сужение — горловина. При такой форме камеры поток воздуха и горячих газов направляется от фурм к центру камеры и, обеспечивая хорошее перемешивание газов, способствует более полному разложению смол. Чем ниже интенсивность газификации, т. е. чем больше диаметр фурменного пояса, при данной производительности газогенератора, и чем меньше количество фурм, тем больше неразложившихся смол может пройти в зону восстановления, а следовательно, тем меньше должен быть диаметр горловины для создания условий получения бессмольного газа. Являясь совершенной с точки зрения обеспечения нормального рабочего процесса, камера газификации такого типа подвержена большим термическим напряжениям вследствие неравномерного нагрева стенок. В результате этого с течением времени появляются трещины, и камера выходит из строя.

Замеры температур на внутренней поверхности подобной камеры, сделанные в НАТИ инж. Прокофьевой, показали, что камера работает в очень тяжелых условиях (см. табл. 12).

Колебания температур при постоянной нагрузке достигают 200—400°, а с изменением нагрузки повышаются до 550°.

Особенно большая разность температур получается между

поверхностью горловины (1000—1200°) и поверхностью стенки воздушного пояса (300—400°).

Таблица 12

№ точки замера	Место замера	Температура стенки камеры (°C) в зависимости от нагрузки двигателя			
		20%	50%	70%	100%
1	Верхний конус	400—650	500—650	500—950	400—650
2	Под плоскостью фурм	650—900	750—1000	750—1100	600—1050
3	Горловина	750—1000	800—1000	850—1200	850—1100
4	Низ юбки камеры	720—950	780—1000	780—1000	750—1020
5	Воздушный пояс	—	—	300	400

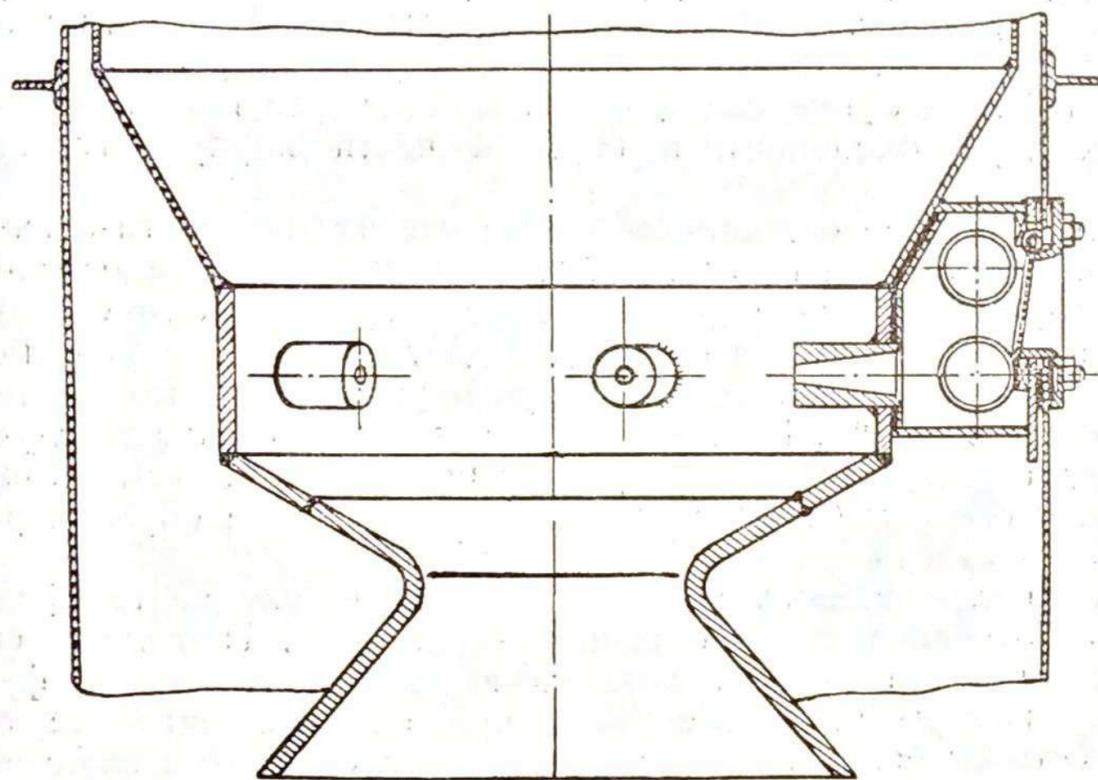


Рис. 15. Камера газификации с индивидуальным подводом воздуха к фурмам.

Камера газификации, изображенная на рис. 15 и 16, в этом отношении является более совершенной, так как не имеет жесткого фурменного пояса. Воздух из клапанной коробки подводится к фурмам по индивидуальным трубам, которые могут свободно деформироваться при нагреве. Интенсивный подогрев воздуха в трубах несколько улучшает процесс газификации.

Цельнолитые камеры горения изготавливаются из жароупорной или простой углеродистой стали с последующим алитированием (алитированием называется процесс термической обработки, в результате которого поверхность металла насыщается алюминием). В камере газификации, изображенной на рис. 15 и 16, из жароупорной стали изготавливаются только горловина и фурмы. Срок службы таких камер — 20—40 тыс. км пробега автомобиля.

В табл. 13 приведены основные размеры камер газификации отечественных газогенераторных автомобилей.

Таблица 13

Показатели	Обозначение (см. рис. 14)	Размерность	Тип установки		
			ГАЗ-42	ЗИС-13	ЗИС-21
Максимальная производительность	G_T	кг/час	28	40	37,6
Диаметр по фурменному поясу	D_{κ}	мм	200	300	340
Диаметр горловины	d_2	"	120	150	150
Диаметр юбки камеры	$d_{ю}$	"	270	330	324
Диаметр верхнего конуса	D_{σ}	"	400	495	495
Расстояние от фурмы до горловины	h	"	87	115	115
Высота активной зоны	H_3	"	174	215	205
Высота фурменного пояса	a	"	70	85	105
Высота верхнего конуса	b	"	100	90	75
Толщина стенки камеры	S	"	12	8	12
Число и диаметр фурм	$d_{\phi} \times m$	шт., мм	10 × 8	10 × 10	10 × 9,2
Материал камеры	—	—	Углеродистая сталь алитированная	Сталь хромоникелевая	Углеродистая сталь алитированная
Интенсивность газификации	q	кг/м ² час	893	567	457
Объем камеры газификации	V_{κ}	л	5,0	10,9	12,1
Удельный объем камеры	$\frac{V_{\kappa}}{N_e}$	л/л. с.	0,156	0,244	0,270

В целях упрощения конструкции камер газификации и увеличения срока их службы применяется центральный подвод воздуха с помощью специальной фурмы.

На рис. 17-а изображен газогенератор с центральным подводом воздуха. Этот газогенератор имеет бункер без обогрева и камеру 1 конической формы. Крекинг смол достигается за счет сужения, созданного конической формой камеры газификации, и наличия центральной фурмы 2. Так как зона горения сосредоточена в центре камеры, стенки последней разгружены от действия высокой температуры, и камера имеет большой срок службы. Сменной деталью является воздухопроводящая фурма, которая изготавливается из жароупорной стали (рис. 18). Необходимый для газификации воздух подводится к фурме снизу, через клапанную коробку.

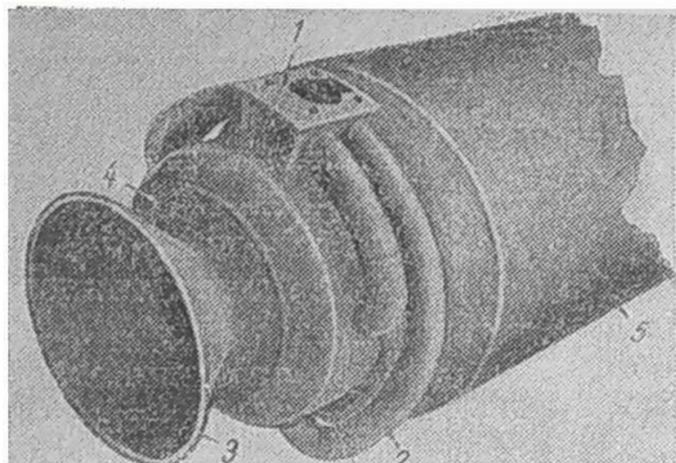


Рис. 16. Бункер с камерой с индивидуальным подводом воздуха:
1 — клапанная коробка; 2 — труба подвода воздуха к фурме; 3 — юбка камеры; 4 — сварочный шов; 5 — бункер.

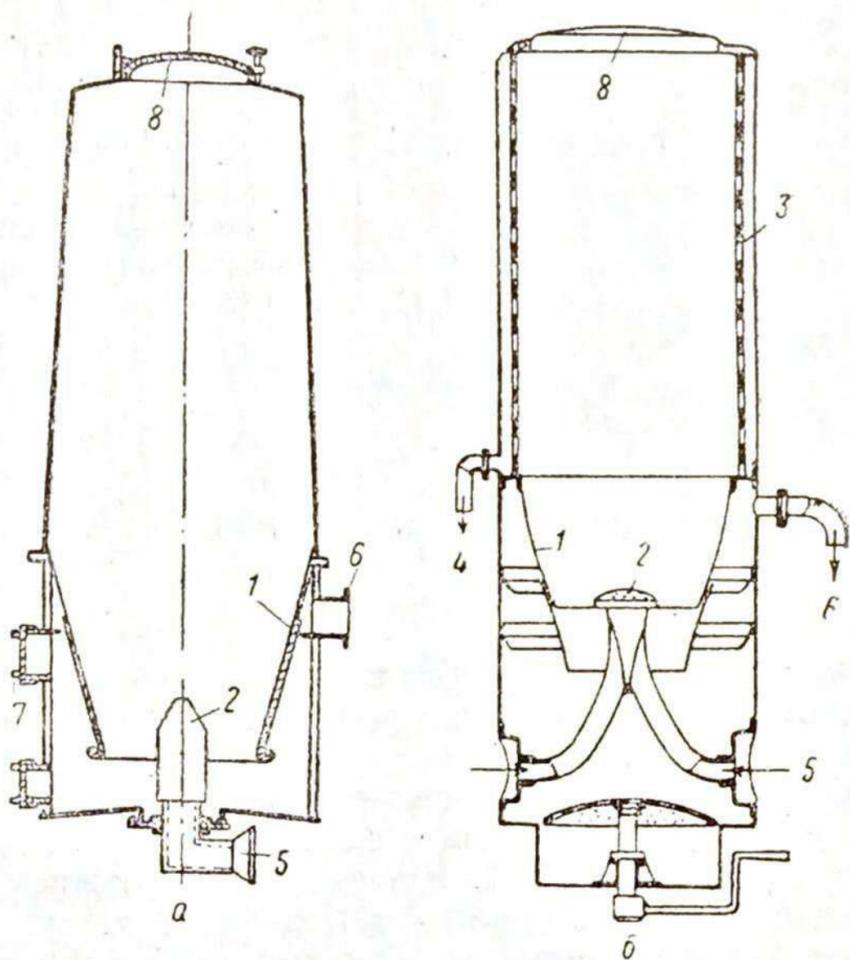


Рис. 17. Древесно-чурочный газогенератор обращенного процесса газификации с центральным подводом воздуха:
1 — камера газификации; 2 — фурма; 3 — рубашка для отбора конденсата; 4 — патрубок отбора конденсата; 5 — воздухоподводящая коробка; 6 — газоотсортный патрубок; 7 — люки для чистки; 8 — загрузочный люк.

На рис. 17-б изображен древесно-чурочный газогенератор, в котором центральная фурма 2 имеет форму груши, с большим числом отверстий на верхней сферической поверхности. Воздух подводится к фурме по трем трубам, расположенным под углом 120° и имеющим самостоятельные клапанные коробки. Бункер газогенератора имеет медную перфорированную рубашку 3 для отбора конденсата, что позволяет работать на чурках повышенной влажности (до 30—35% против нормальных 18—20%). Водяные пары, конденсирующиеся в пространстве между рубашкой и корпусом газогенератора, стекают по трубке в специальный бачок, который периодически опорожняется. Газогенератор снабжен колосниковой решеткой, могущей поворачиваться при помощи рукоятки, расположенной снаружи под зольником газогенератора. Колосниковая решетка (наличие которой не обязательно в древесно-чурочном газогенераторе, так как зольность топлива мала) уменьшает унос пыли из газогенератора и позволяет производить очистку зольника, не нарушая слоя угля в восстановительной зоне. Крупным недостатком газогенераторов с центральным подводом воздуха является склонность к зависанию топлива. Это происходит вследствие того, что топливо, лежащее по периферии, хуже обгорает, чем в центре камеры, и образует своды.

Поэтому такие газогенераторы изготавливаются только для двигателей больших мощностей (производительностью не менее 100—200 м³/час), т. е. с большим поперечным сечением камеры.

б) Газогенераторы обращенного процесса для газификации торфа и бурого угля

Для газификации зольных шлакующих сортов смолистых топлив (торф, бурый уголь) применяются только камеры с периферийным подводом воздуха и без горловины (рис. 19), чтобы не препятствовать опусканию и последующему удалению шлака из активной зоны. Крекинг смол достигается только за счет принципа обращенного процесса газификации, так как количество

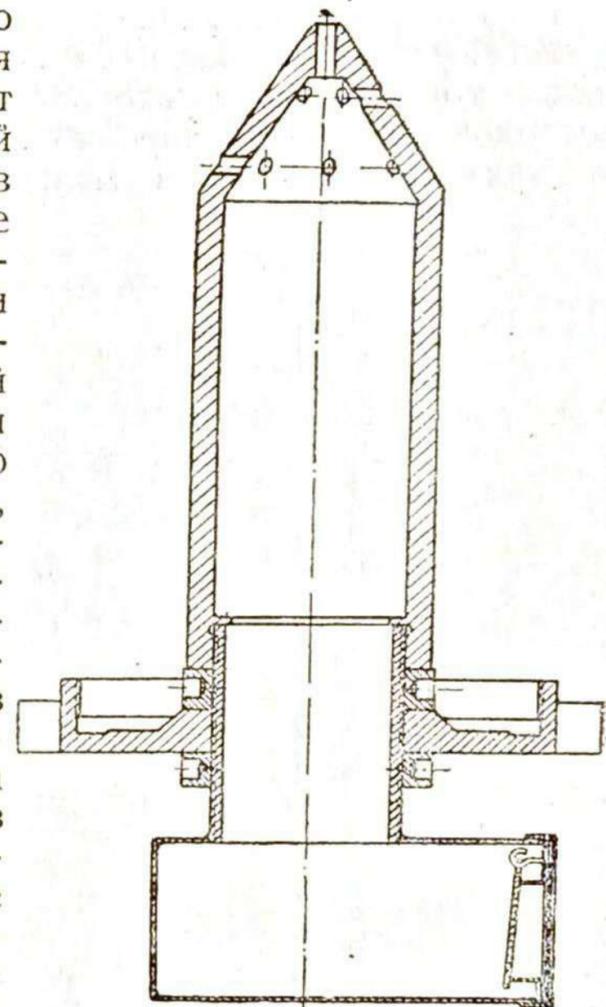


Рис. 18. Воздухоподводящая фурма газогенератора.

летучих в торфе и, особенно, в буром угле значительно меньше, чем в древесных чурках.

Наличие колосниковой решетки и приспособлений для шуровки (например, в виде подвижной решетки) обязательно.

На рис. 20 приведен разрез буроугольного газогенератора НАТИ Г-69-01 со сварной камерой газификации из листовой углеродистой стали. Фурменный пояс образован изогнутой в виде кольца трубой, концы которой приварены к головке, соединенной футоркой с клапанной коробкой. Колосниковая решетка укреплена на горизонтальной оси и может качаться с помощью рычага,

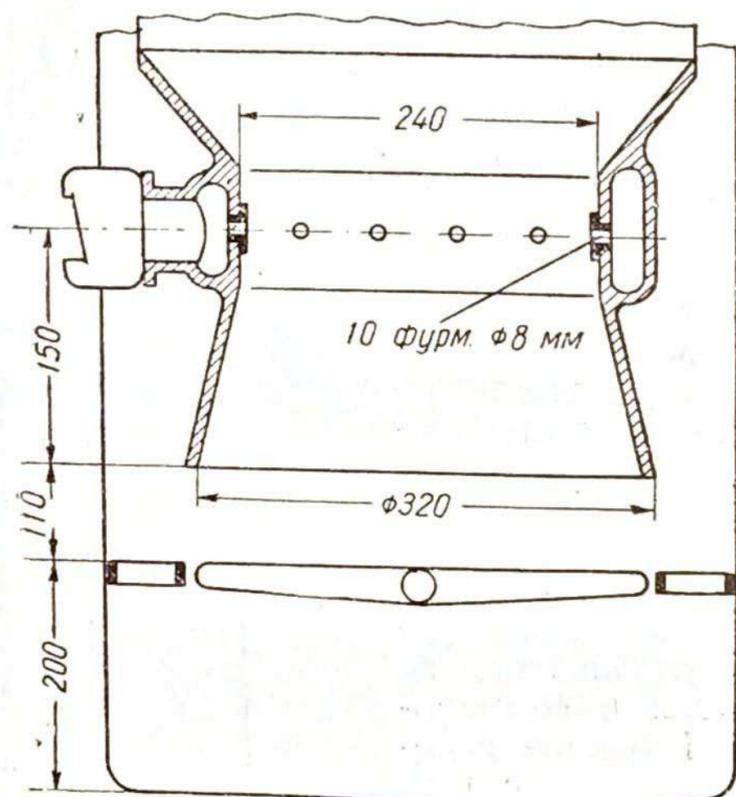


Рис. 19. Камера газификации газогенератора НАТИ Г-42-Б для газификации торфа и бурого угля.

расположенного сбоку газогенератора. Чистка зольника производится через нижний боковой люк. Для чистки камеры газификации и полного удаления шлака предусмотрен второй боковой люк, расположенный над зольниковым люком.

Частичное удаление шлака (во время работы газогенератора) достигается посредством осаживания и дробления его ломиком через верхний загрузочный люк с последующим качанием колосниковой решетки. Происходящее при этом разрушение слоя угля в активной зоне обычно приводит к временному увеличению количества смол в газе. Поэтому производить шуровку надо осторожно и только в случае крайней необходимости (при значительном увеличении сопротивления газогенератора).

Наличие шлака и высокий температурный режим в активной зоне вызывают более быстрое разрушение камеры, чем в дре-

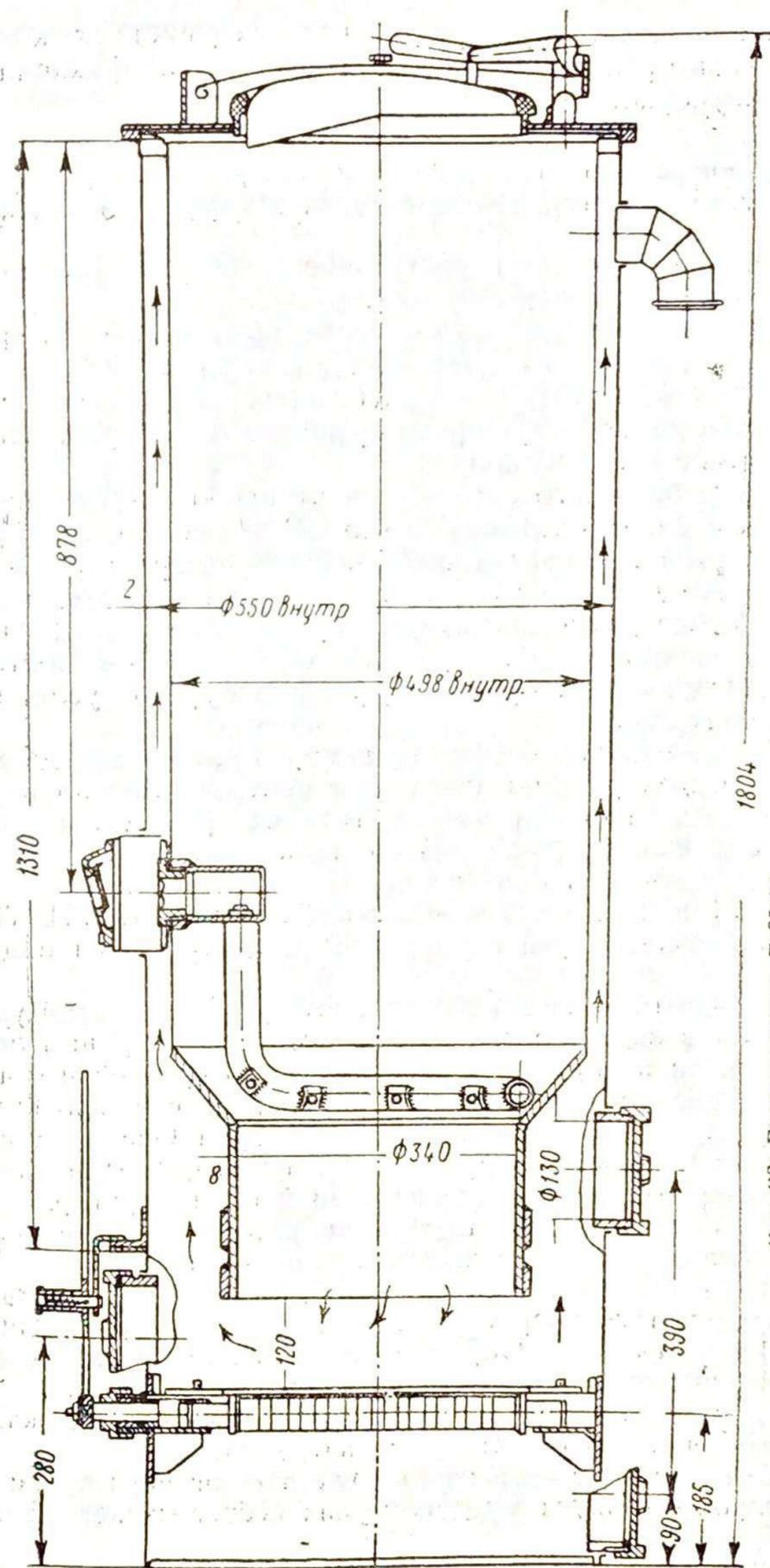


Рис. 20. Газогенератор Г-69 01 для газификации бурого угля и торфа.

весно-чурочных газогенераторах. В ряде заграничных конструкций газогенераторов для бурого угля камеры газификации облицованы огнеупорной керамикой.

в) Газогенераторы обращенного и поперечного процессов для газификации древесного угля и торфяного кокса

Одним из наиболее распространенных видов бессмольного топлива является древесный уголь.

Высокая реакционная способность древесного угля, при относительно небольшом содержании летучих (15—25%) и весьма малом количестве золы (до 4%), обуславливает возможность его использования в газогенераторах обращенного, поперечного и прямого процессов газификации.

Вследствие большого содержания углерода в древесном угле и незначительной его влажности (до 25%), процесс газификации древесного угля происходит при высокой температуре, которая разрушительно действует на детали камеры газификации газогенератора. Поэтому газогенераторы обращенного процесса газификации тех конструкций, которые обычно применяются для газификации древесной чурки, торфа или бурого угля, в этом случае непригодны.

Для повышения долговечности камер газификации древесно-угольных газогенераторов применяют центральный подвод воздуха (при котором стенки камеры горения разгружены от воздействия высокой температуры) или выполняют камеры из жароупорного керамического материала.

На рис. 21 показан древесно-угольный газогенератор НАТИГ-15 с металлической камерой газификации и центральным подводом воздуха.

Камера, изготовленная из 12-миллиметровой листовой углеродистой стали в виде усеченного конуса, своим верхним основанием приварена к корпусу газогенератора. В средней части газогенератора, несколько выше края камеры, на специальном патрубке смонтирована воздухоподводящая фурма. Она представляет собой чугунную отливку грушевидной формы, внутри которой имеется лабиринт для подвода воздуха в газогенератор.

В нижней части камеры газификации имеется колосниковая решетка, которая вынимается при чистке и разгрузке газогенератора. Для проведения этой операции, а также для чистки зольника в корпусе газогенератора предусмотрен зольниковый люк прямоугольной формы. Образующийся в камере газификации газ, пройдя через колосниковую решетку, поднимается вверх в пространство между корпусом газогенератора и камерой и отсасывается через газоотборный патрубок.

Во избежание перегрева нижней части газогенератора, с внутренней стороны корпуса предусмотрена асбесто-железная изоляция.

Конструктивным недостатком данного газогенератора является

трудность замены камеры газификации в случае ее коробления или прогара.

Газогенератор предназначен для работы на крупном древесном угле, с размером кусков 30—50 мм. При работе на мелком древесном угле (10—30 мм), когда очаг горения располагается ближе к устью фурмы, она перегревается и выходит из строя.

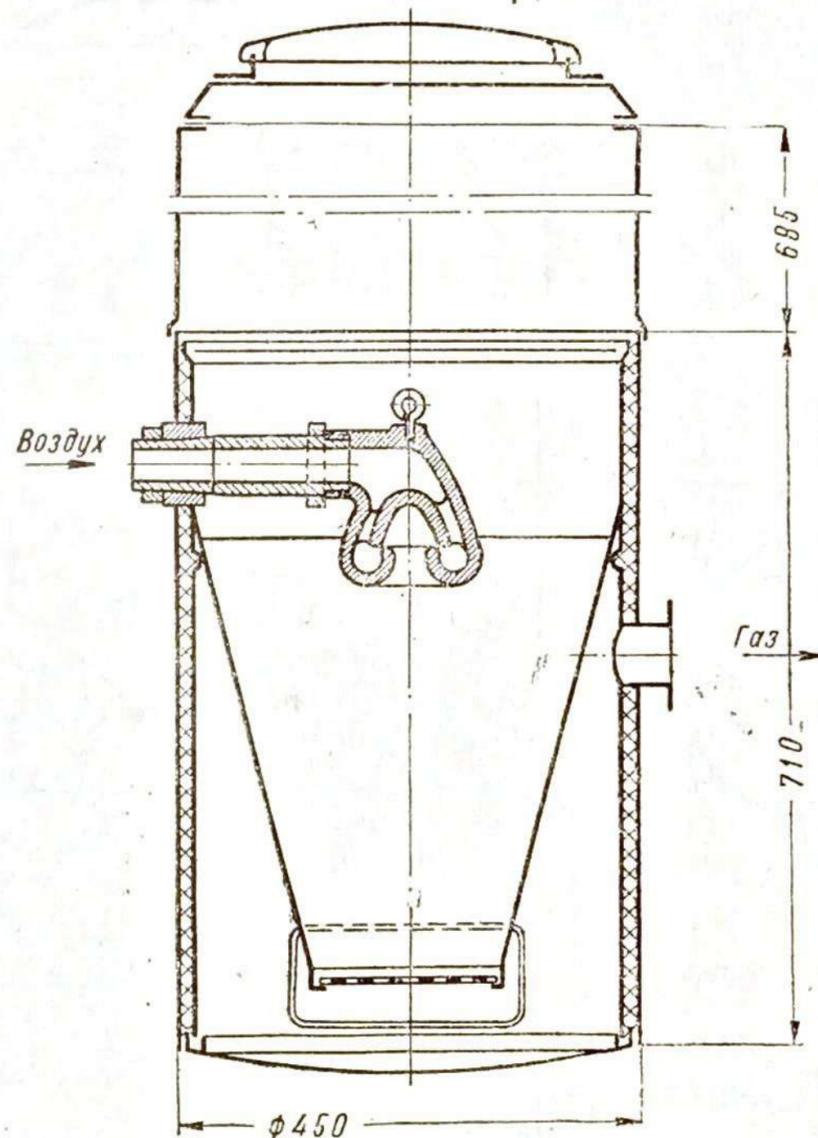


Рис. 21. Древесно-угольный газогенератор НАТИГ-15 обращенного процесса газификации.

Газогенератор, изображенный на рис. 22, состоит из нижней части—корпуса и верхней части—бункера, который крепится к корпусу тремя стяжными болтами. Корпус газогенератора имеет футерованную камеру газификации, выполненную из жароупорных фасонных кирпичей, смонтированных в металлическом кожухе. Засасываемый в газогенератор воздух проходит через кольцевую щель, образованную верхней частью футеровки и конусообразным чугунным диском, который отделяет бункер от нижней части газогенератора. (Путь воздуха при розжиге

газогенератора указан на чертеже). В середине этого диска имеется отверстие для подачи топлива из бункера в камеру газификации. Последняя в верхней части имеет сужение (горловину) для повышения интенсивности газификации и обеспечения равномерной подачи воздуха по всему сечению. Ниже горловины камера резко расширяется и затем переходит в усеченный конус, который мень-

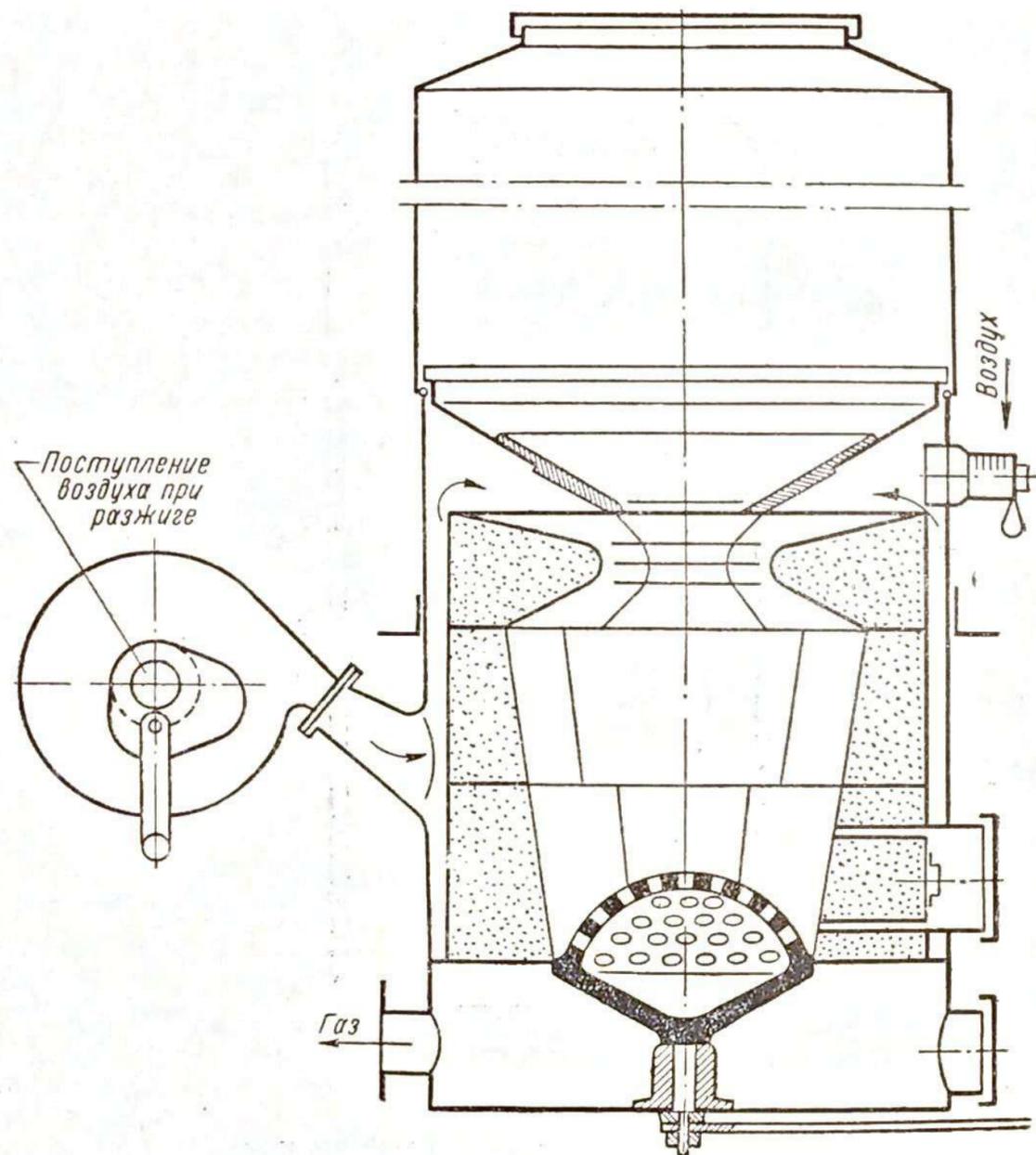


Рис. 22. Древесно-угольный газогенератор обращенного процесса с керамической камерой газификации.

шим основанием обращен вниз. Стальная литая колосниковая решетка сферической формы отделяет камеру горения от зольного пространства.

Решетка может вращаться специальной рукояткой, смонтированной снаружи под днищем газогенератора. Вращением решетки достигается удаление из камеры горения золы и угольной пыли, которые осаждаются в зольнике. Для очистки зольника и камеры газификации предусмотрены специальные люки.

Данный газогенератор предназначен для работы только на крупно-кусковом древесном угле.

Специфическими конструктивными недостатками этого газогенератора являются:

1) большой унос пыли из зольника, вследствие низкого расположения патрубка для отбора газа;

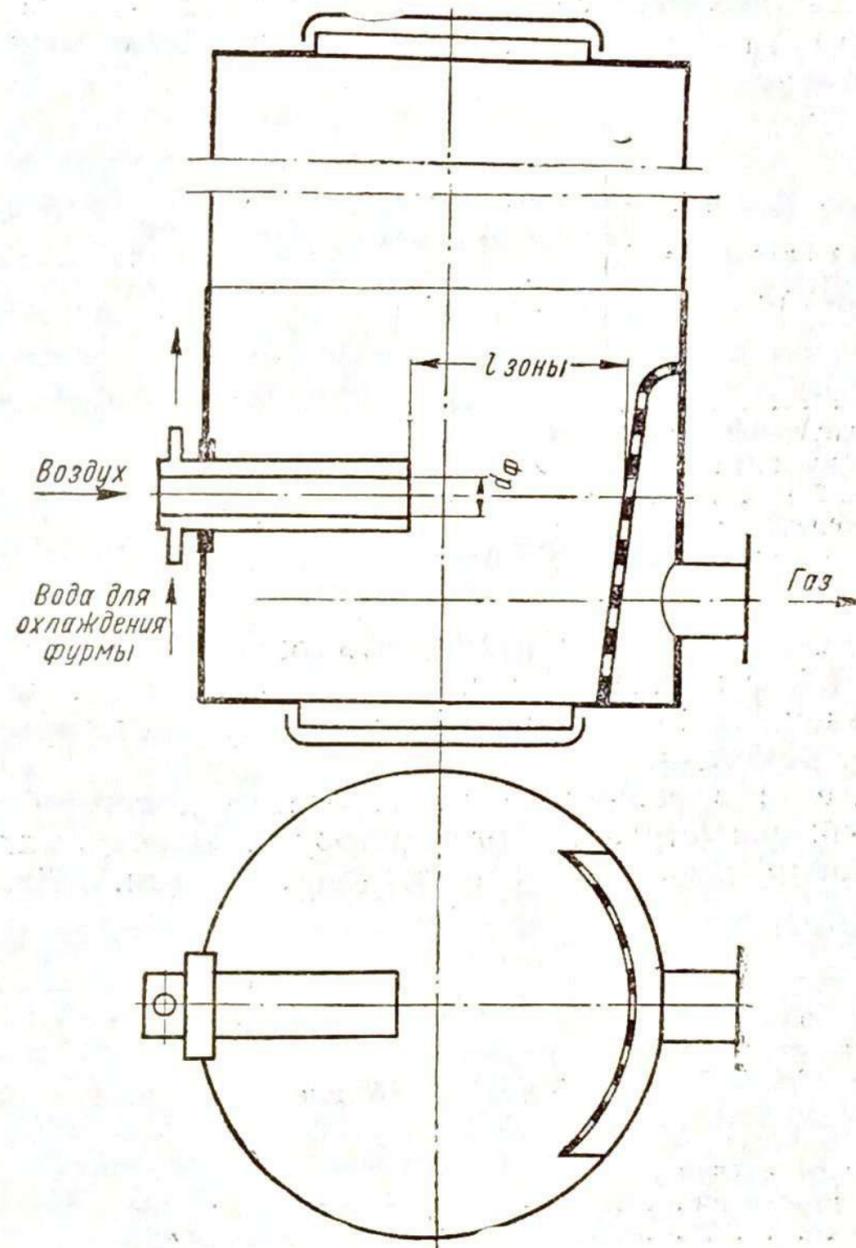


Рис. 23. Схема газогенератора поперечного (горизонтального) процесса газификации.

2) необходимость периодического демонтажа бункера для очистки камеры газификации от шлака, который постепенно накапливается, прилипая к стенкам. Скалывание шлака со стенок камеры в ряде случаев приводит к разрушению футеровки.

Переходя к общей оценке древесно-угольных газогенераторов обращенного процесса газификации, следует указать на положительное их качество — возможность работы на древесном угле.

с повышенным содержанием летучих без опасности засмоления газа (древесный уголь пневого осмола или с наличием недопала).

Участие в процессе газообразования влаги топлива увеличивает содержание водорода в газе, что повышает экономичность работы двигателя.

В табл. 14 приведены данные по расходу топлива автомобилями ГАЗ-АА с установками НАТИ Г-15, а также с генератором, изображенным на рис. 22, и с газогенератором поперечного процесса газификации.

Таблица 14

Тип газогенераторной установки на автомобиле ГАЗ-АА	Влажность древесного угля $W_{абс}, \%$	Расход древесного угля на 100 км пробега без груза, кг	Относительный расход угля, %
НАТИ Г-15	6,54	24,2	100
Генератор обращенного процесса с футерованной камерой (см. рис. 22)	6,54	25,8	107
Генератор поперечного процесса газификации	6,88	27,4	113

Из приведенных данных видно, что расход топлива автомобилем ГАЗ-АА с генератором поперечного процесса газификации, в среднем, на 10% выше, чем с генераторами обращенного процесса газификации.

Однако, если в экономике газогенератор поперечного процесса газификации уступает газогенератору обращенного процесса, то по пусковым качествам он превосходит его (см. табл. 15).

Таблица 15

Тип газогенераторной установки на автомобиле ГАЗ-АА	Время запуска после стоянки в течение:			
	5 мин.	15 мин.	25 мин.	35 мин.
Газогенератор поперечного процесса газификации	4''*	6''*	33''	38''
НАТИ Г-15	32''*	1'22''	1'27''	2'14''
Газогенератор обращенного процесса с футерованной камерой	12''	3'33''	3'33''	3'24''

Из данных табл. 15 следует, что газогенератор с футерованной камерой имеет наилучшие пусковые качества. Это объясняется низкой скоростью воздуха, поступающего в камеру горения данного газогенератора.

* На газе без применения бензина.

Основным недостатком газогенераторов обращенного процесса является невозможность использования в них мелкого древесного угля и углей, содержащих повышенное количество золы.

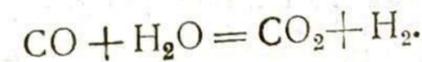
Под газогенераторами поперечного процесса газификации обычно подразумеваются однофурменные газогенераторы с высокой скоростью поступления воздуха (дутья), подаваемого поперек направлению движения топлива. Отличительной особенностью газогенератора поперечного процесса является локализация очага горения в небольшом объеме и ведение процесса газификации при очень высоких температурах.

Газогенератор поперечного процесса (рис. 23) представляет собой цилиндрический бункер, нижняя часть которого, выполненная из листовой стали толщиной 6—8 мм, образует камеру газификации. В верхней части бункера имеется люк для загрузки топлива; в днище камеры сделан люк для очистки газогенератора от остатков топлива и шлака. Воздухоподводящая фурма, охлаждаемая водой, смонтирована в стенке камеры, на некотором расстоянии от днища. Отбор газа производится через решетку, расположенную напротив фурмы, со стороны газоотборного патрубка. Топливо, находящееся в пространстве между устьем фурмы и газоотборной решеткой, активно участвует в процессе газообразования. Остальное топливо, лежащее по периферии, выполняет роль изоляции, т. е. уменьшает потерю тепла в окружающую среду и предохраняет стенки камеры от перегрева.

Этот тип газогенератора весьма распространен и выпускается рядом фирм в различных странах Европы. Простота конструктивных форм газогенератора и газообразование в небольшом слое топлива, при высокой скорости дутья, дают ему ряд ценных преимуществ, по сравнению с угольными газогенераторами других систем. Данный газогенератор дешев в изготовлении, долговечен, отличается высокой гибкостью работы и требует мало времени для запуска.

В результате исследования процесса газообразования в этом типе газогенератора установлено, что процесс восстановления углекислого газа заканчивается на незначительном расстоянии от устья фурмы (120—150 мм), что объясняется исключительно высоким температурным режимом в зоне горения (1600—1700° С—см. рис. 13).

Влага топлива почти не проникает в зону горения. Образование водорода, в основном, происходит в непосредственной близости от газоотборной решетки, где СО взаимодействует с водяным паром по реакции:



Продукты сухой перегонки, смешиваясь с генераторным газом, обогащают его горючими компонентами — метаном CH_4 и окисью углерода СО. Следовательно, при всех прочих равных условиях, теплотворная способность газа будет тем выше, чем больше ле-

тучих содержится в топливе (см. рис. 8 и табл. 16). Однако при содержании летучих более 30% количество смол в газе превышает допустимую величину.

Таблица 16

Топливо	Состав сухого газа, % по объему						Теплотворная способность газа, кал/м ³	Мощность двигателя ГАЗ-42, л. с.
	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂		
Древесный уголь	3,2	30,3	7,0	2,0	0,2	57,3	1270	32,3
Антрацит	3,1	28,1	2,7	1,2	0,2	64,7	1024	26,7

Основным недостатком газогенератора поперечного процесса газификации является невозможность работы его на топливе с повышенным содержанием золы (более 4—5%). Газогенератор в этом случае быстро засоряется шлаком, а выходящий из генератора газ содержит повышенное количество зольной пыли, что значительно усложняет последующую очистку газа.

Для древесного угля, который имеет зольность порядка 1,5—3%, это обстоятельство не имеет решающего значения.

Различные газогенераторы поперечного процесса газификации отличаются друг от друга конструкцией фурмы, газоотборной решетки, расположением и конструкцией люков.

Воздухоподводящая фурма является наиболее ответственной и сложной деталью генератора. Так как фурма глубоко погружена в слой топлива, она подвержена воздействию весьма высокой температуры, которая развивается в активной зоне газогенератора. Непосредственно около носка фурмы температура составляет 1200—1300° С. Наличие такой высокой температуры вынудило конструкторов прибегнуть к устройству водяного охлаждения фурмы, которое или включается в систему охлаждения двигателя, или представляет собой самостоятельную систему, питаемую от отдельного бачка.

На рис. 24 показана воздухоподводящая фурма газогенератора НАТИ Г-21, а на рис. 25 — схема охлаждения этой фурмы от системы охлаждения двигателя. Фурма состоит из бронзового корпуса и двух медных трубок, диаметром 20 и 40 мм, образующих водяную рубашку. Тыльная часть наружной трубки приварена к корпусу фурмы, а носовая часть обварена медью и соединена с внутренней трубкой, свободный конец которой, при нагревании фурмы, может перемещаться в сальнике. Затяжкой накидной гайки, воздействующей на уплотнительное кольцо сальника, обеспечивается герметичность водяной рубашки. Необходимая для охлаждения фурмы вода подается через нижний штуцер корпуса фурмы и, пройдя через водяную рубашку, отводится через верхний штуцер.

Чтобы поток холодной воды достиг носка фурмы, к наружной поверхности внутренней трубки, параллельно ее оси, приварены две перегородки, которые направляют поток воды к носку фурмы.

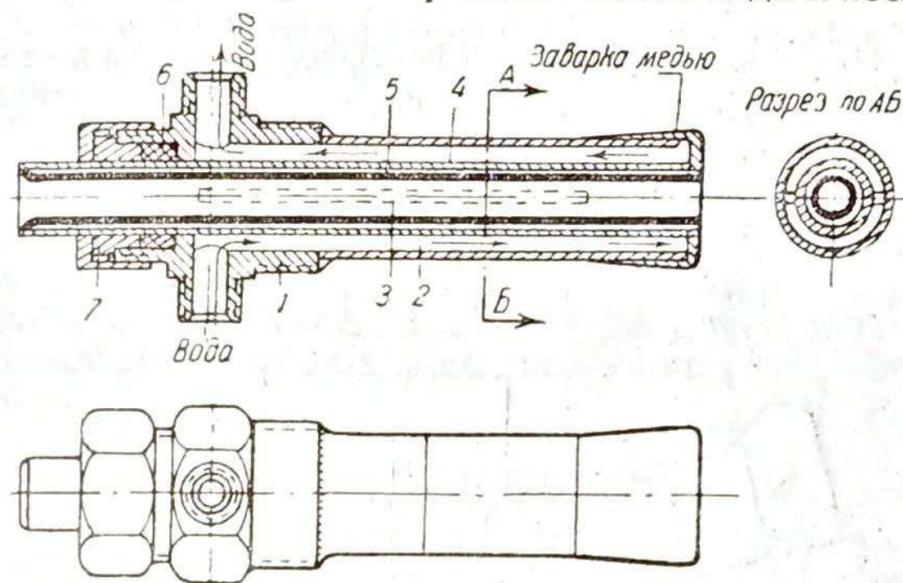


Рис. 24. Медная воздухоподводящая фурма газогенератора НАТИ Г-21:

1 — корпус; 2 — водяная рубашка; 3 — распорка-перегородка; 4 — внутренняя трубка; 5 — дополнительная трубка; 6 — сальник; 7 — вкладыш.

Срок службы фурм такого типа достигает 8—12 тыс. км пробега автомобиля. Прогар фурмы обычно бывает неожиданным и при правильном монтаже фурмы и трубок может произойти вследствие засорения или замерзания трубок и образования накипи в фурме. Последняя причина является самой опасной и наиболее распространенной.

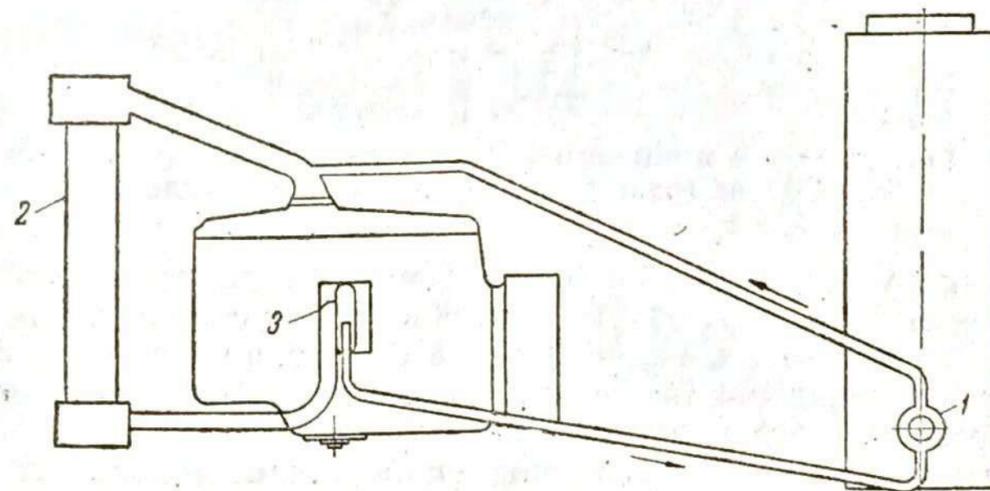


Рис. 25. Схема охлаждения фурмы газогенератора поперечного процесса газификации:

1 — фурма; 2 — водяной радиатор двигателя; 3 — водяная помпа.

На рис. 26 показана фурма газогенератора НАТИ Г-21-А2, которая может разбираться для осмотра и удаления накипи. Эта фурма состоит из литого чугуна корпуса (снабженного воздухоподводящей коробкой и фланцем) и отъемной водяной рубашки,

сваренной из конического штампованного кожуха, носовой части и внутренней трубки, по которой происходит подача воздуха в газогенератор. Воздухоподводящая коробка имеет обратный клапан для предотвращения выброса пламени при остановке двигателя и отверстие для розжига, закрытое крышкой с прижимной пружиной. Водяная рубашка и корпус соединяются болтами на фланце газогенератора.

Охлаждающая фурму вода подводится через нижнее отверстие в корпусе по специальной трубке непосредственно к носовой

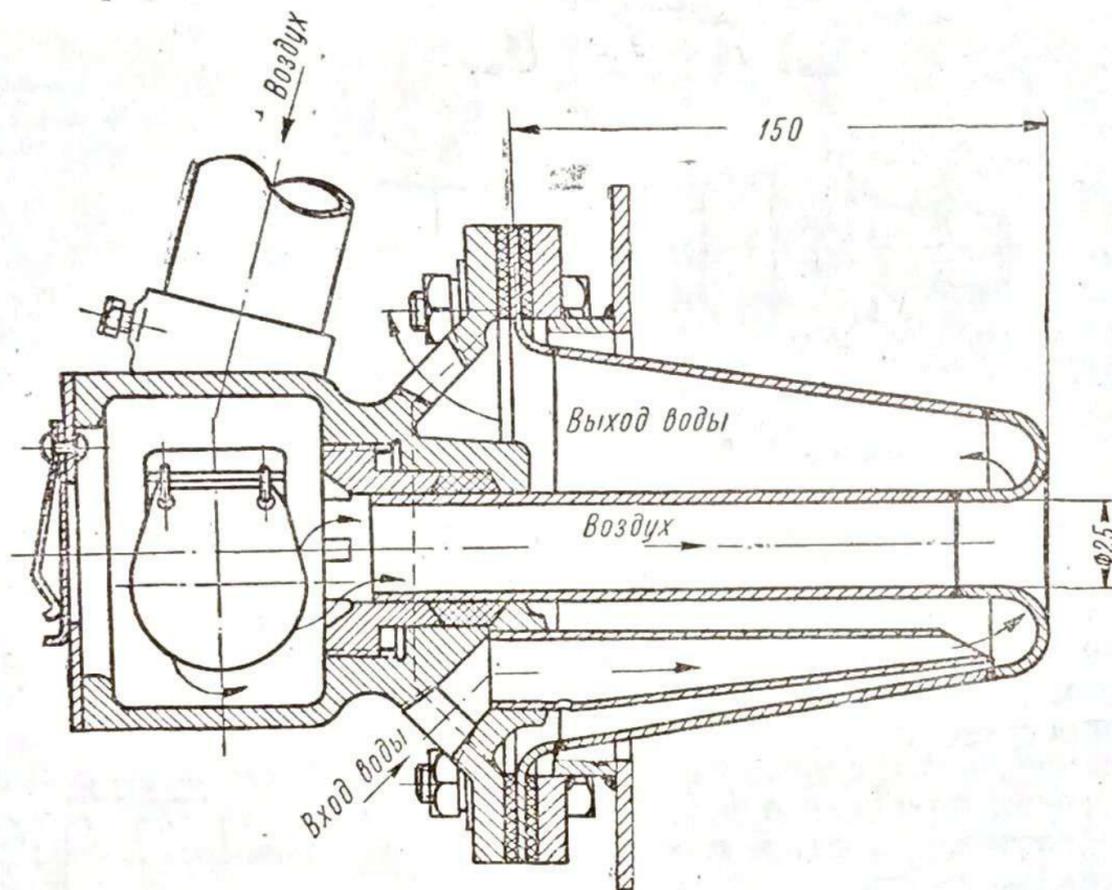


Рис. 26. Фурма с водяным охлаждением газогенератора НАТИ Г-21-А2 (поперечного процесса газификации).

вой части рубашки и, поднимаясь вверх, отводится через верхнее отверстие в корпусе. Подобный способ подвода холодной воды создает надежное охлаждение носка фурмы, а коническая форма кожуха обеспечивает беспрепятственный отвод пара, который может образовываться при неработающем двигателе.

Учитывая затруднения, связанные с применением водяного охлаждения фурмы в суровых климатических условиях, в последних отечественных конструкциях газогенераторов поперечного процесса горения (ЦНИИАТ УГ-1; УГ-2) применены фурмы воздушного охлаждения.

В основу фурм воздушного охлаждения, разработанных и испытанных автором в ЦНИИАТ (рис. 27), положен принцип, предложенный инж. И. С. Мезиным (НАТИ). Сущность этого принципа заключается в том, что тепло, воспринимаемое торцом фур-

мы со стороны зоны горения, передается через большую массу металла охлаждающим фурму ребрам, которые охлаждаются наружным воздухом. Однако, как показали испытания, основной поток тепла, идущего от носовой части фурмы, отводится не через ребра, а через боковую поверхность рабочей части фурмы (расположенной в камере), которая находится в зоне более низких температур (для этого наружный диаметр фурмы должен быть достаточно велик).

Как видно из рис. 27, фурма представляет собой чугунную или стальную болванку, рабочая часть которой выполнена в виде усеченного конуса, а наружная часть снабжена охлаждающими ребрами. Ребра расположены ступенями и обдуваются встречным потоком воздуха при движении автомобиля. За пробег в

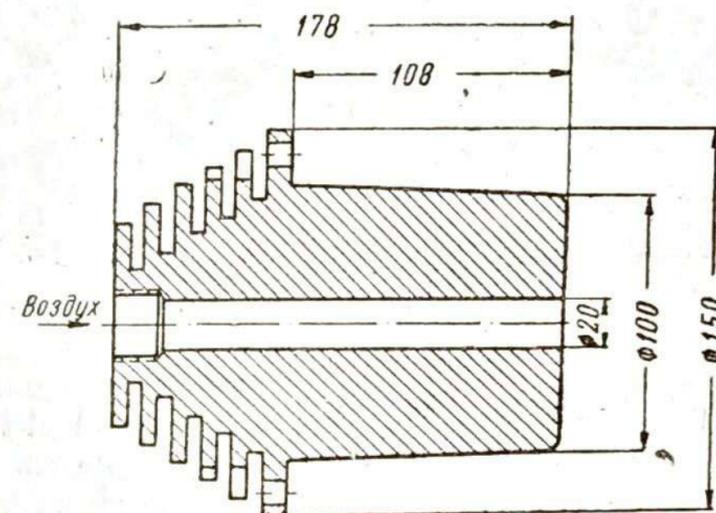


Рис. 27. Фурма воздушного охлаждения газогенератора ЦНИИАТ УГ-1 (поперечного процесса газификации).

8—10 тыс. км конец фурмы оплавляется на 15—20 мм. При большем оплавлении фурма заменяется новой.

Другой важной деталью газогенератора поперечного процесса газификации является газоотборная решетка. Эта деталь должна отвечать следующим основным требованиям:

- 1) жаростойкость и жесткость конструкции;
- 2) невысокое сопротивление прохождению газа и незначительное забивание отверстий решетки уносами;
- 3) обеспечение крекинга смол при газификации топлив с повышенным содержанием летучих (25—30%).

Газоотборная решетка обычно изготавливается из простой углеродистой или легированной стали толщиной 8—12 мм. Она штампуется в виде изогнутого листа с отбортованными краями (рис. 28) или имеет вид плоской пластины. В последнем случае для монтажа решетки в газогенераторе предусматривается специальное гнездо (коробка). Отверстия в решетке для прохода газа делаются круглыми, диаметром 10—12 мм (с раззенковкой со стороны выхода газа), а иногда овальными. При этом большая ось

овала располагается горизонтально, что позволяет увеличить проходное сечение без опасности проскакивания за решетку кусков угля.

Для обеспечения крекинга смол при работе на топливах с повышенным содержанием летучих габариты решетки не должны выходить за пределы зоны высоких температур; края решетки должны иметь температуру не ниже 900°C . Для этого напряженность решетки, т.е. отношение часового расхода топлива к площади решетки, должна быть не ниже $900\text{ кг/м}^2\text{ час}$. Для топлив с содержанием летучих $8\text{--}12\%$ напряженность работы решетки может быть понижена до $300\text{ кг/м}^2\text{ час}$.

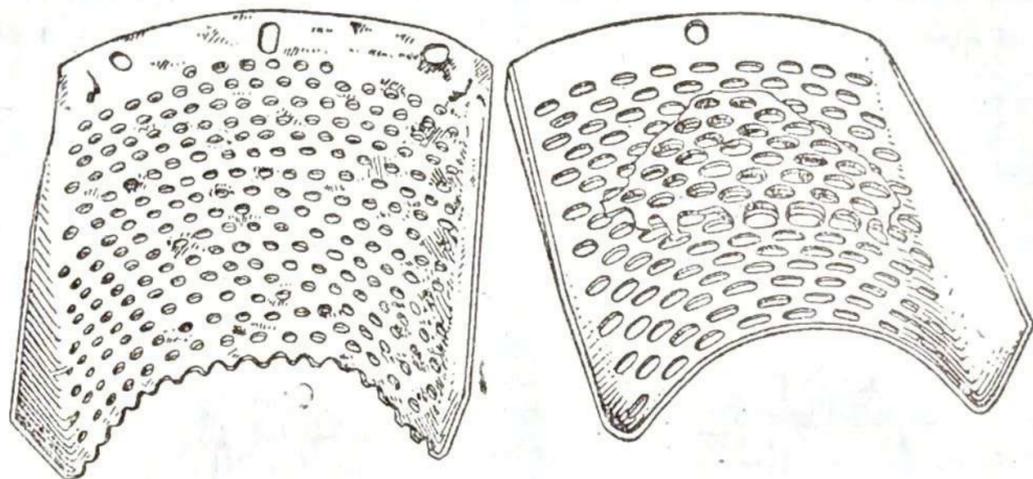


Рис. 28. Газоотборные решетки газогенератора НАТИ Г-21-А2 (поперечного процесса газификации).

Перегрев и прогар газоотборной решетки чаще всего происходят при работе на крупнокусковом топливе, а также при несвоевременной очистке газогенератора от шлака, который обычно скапливается в пространстве между решеткой и фурмой.

В нормальных условиях срок службы решетки, изготовленной из простой углеродистой стали, составляет $8\text{--}10$ тыс. км пробега автомобиля.

г) Газогенераторы прямого процесса для газификации древесного угля, полукокса и антрацита

Основным преимуществом газогенераторов прямого процесса газификации является возможность газифицировать в них высокозольные шлакующиеся сорта бессмольных топлив.

В виду того, что в этом типе газогенераторов влага топлива не попадает в зону горения, воду подводят в нее специально, путем предварительного испарения и смешения с поступающим в газогенератор воздухом. Принудительное введение в зону горения водяного пара в этом случае необходимо и полезно. Наличие водяного пара в дутье уменьшает концентрацию кислорода, и поэтому температура в камере горения понижается. Это, в свою очередь, уменьшает зашлаковывание газогенератора (так как некоторая часть золы не плавится) и увеличивает срок службы

деталей топливника. Водяные пары, реагируя с углеродом топлива, обогащают газогенераторный газ образующимся при этом водородом, что повышает мощность и экономичность работы двигателя.

На рис. 29 приведены кривые изменения состава газа, его теплотворной способности и мощности двигателя в зависимости от количества воды, подаваемой в газогенератор. С увеличением подачи воды растет количество прореагировавшего водяного пара, в силу чего количество водорода в газе увеличивается, а процент содержания окиси углерода — уменьшается.

Взаимно противоположное расположение кривых для двух горючих компонентов газа CO и H_2 обуславливает наличие максимума на кривых теплотворной способности газа и мощности двигателя. Значение максимума (для всех режимов нагрузки двигателя) соответствует расходу пара в $0,4\text{ кг/кг}$ топлива.

Подача воды повышает мощность на $12\text{--}15\%$. Так, например, при работе газогенератора прямого процесса газификации на антраците без подачи воды двигатель развивал $33,7$ л.с. при $n = 1400$ об/мин. (рис. 30); подача воды в размере 20% к расходу топлива дала повышение мощности до $38,5$ л.с. при 1600 об/мин. При этом удельный расход топлива снизился с 600 до 490 г/л.с.ч. ($n = 1600$).

Особенно сильное влияние подача воды оказывает при розжиге газогенератора, работающего на антраците. В этом случае обогащение газа образовавшимся водородом резко сокращает время розжига (в $3\text{--}5$ раз) и создает возможность устойчивой работы двигателя на газе.

Кривая температуры (t) в зоне горения, представленная на рис. 29, показывает, что даже при больших количествах подаваемого в газогенератор водяного пара температура в камере все же значительно превышает температуру плавления золы (см. табл. 17)

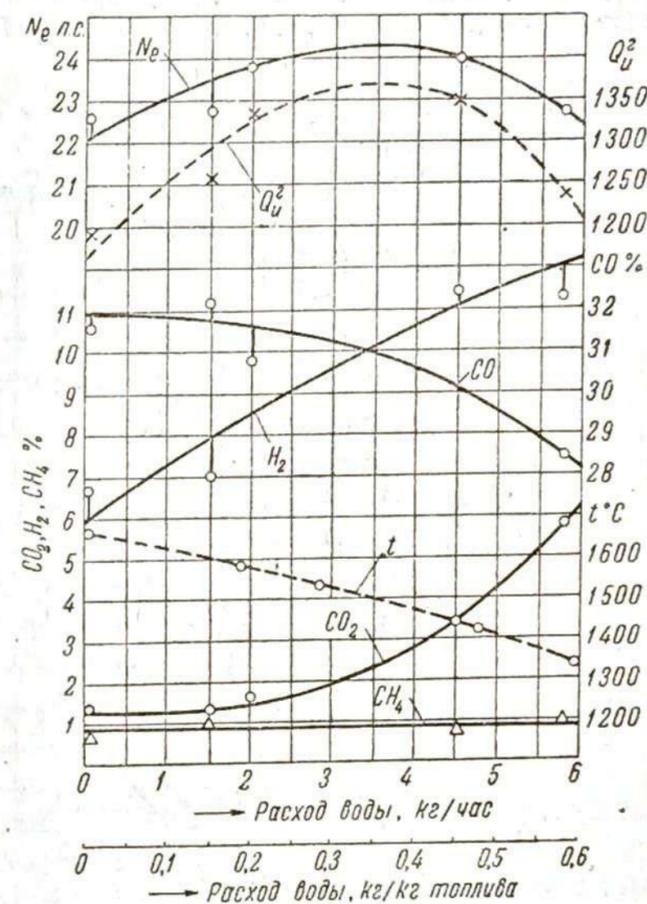


Рис. 29. Изменение качества газа, мощности двигателя (при $n = 1500$ об/мин.) и температуры в активной зоне газогенератора прямого процесса, работающего на антраците, в зависимости от количества подаваемой в газогенератор воды (по опытам автора в НАТИ).

Таблица 17

Топливо	Температура, °С		
	размягчения шлака	плавления шлака	жидкоплавкого состояния шлака
Донецкий антрацит	900—1100	1000—1200	1070—1320
Журицкий полукокс	1050	1165	1180

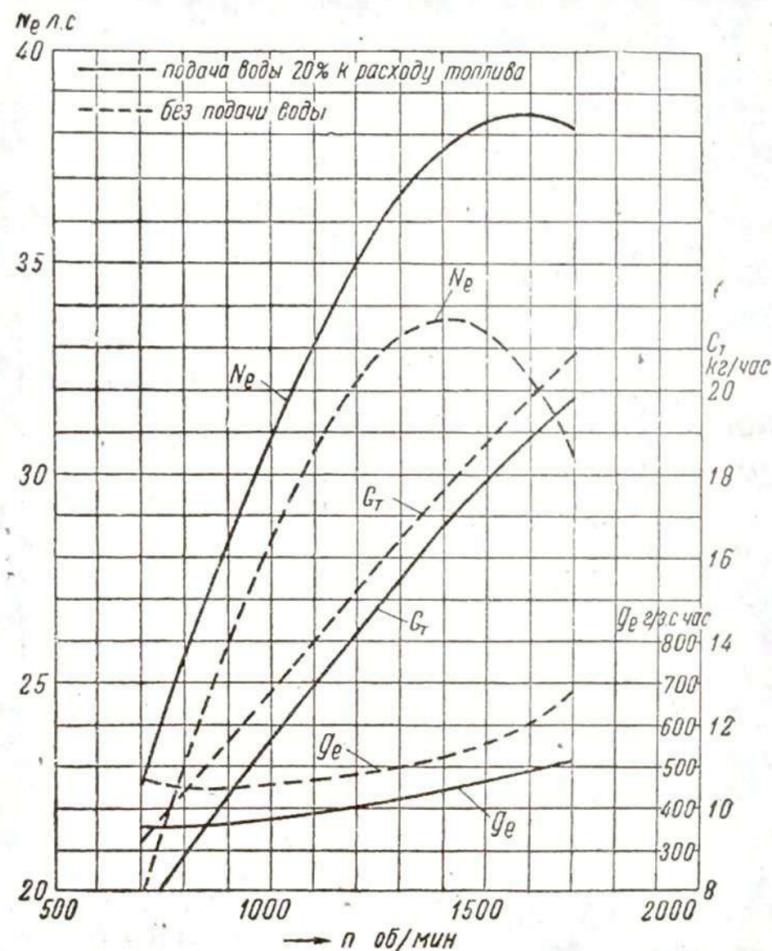


Рис. 30. Внешняя характеристика двигателя при работе с антрацитовым газогенератором с подачей (сплошные кривые) и без подачи (пунктирные кривые) воды (по опытам автора в НАТИ).

Однако, как показали наблюдения, подача водяного пара изменяет структуру образующегося шлака, делает его более пористым и уменьшает сопротивление шлаковой подушки, что позволяет сохранить нормальную мощность двигателя в течение более длительного времени.

Подача водяного пара в газогенератор должна производиться пропорционально количеству сжигаемого в нем топлива. Следовательно, в зависимости от числа оборотов и нагрузки двигателя, расход пара должен автоматически изменяться.

Для того, чтобы все количество подаваемой в газогенератор влаги находилось в парообразном состоянии и было хорошо перемешано с воздухом, температура паровоздушной смеси должна быть выше температуры насыщения. При расходе воды в 0,4 кг/кг топлива она должна быть не ниже 54—60°C.

Наибольший эффект от подачи водяного пара достигается при работе на топливах с наибольшей концентрацией углерода в единице объема, газификация которых происходит при очень высоких температурах (например: антрацит, полукокс).

Для древесного угля, в котором концентрация углерода меньше, чем в антраците, эффект от подачи водяного пара будет также меньшим.

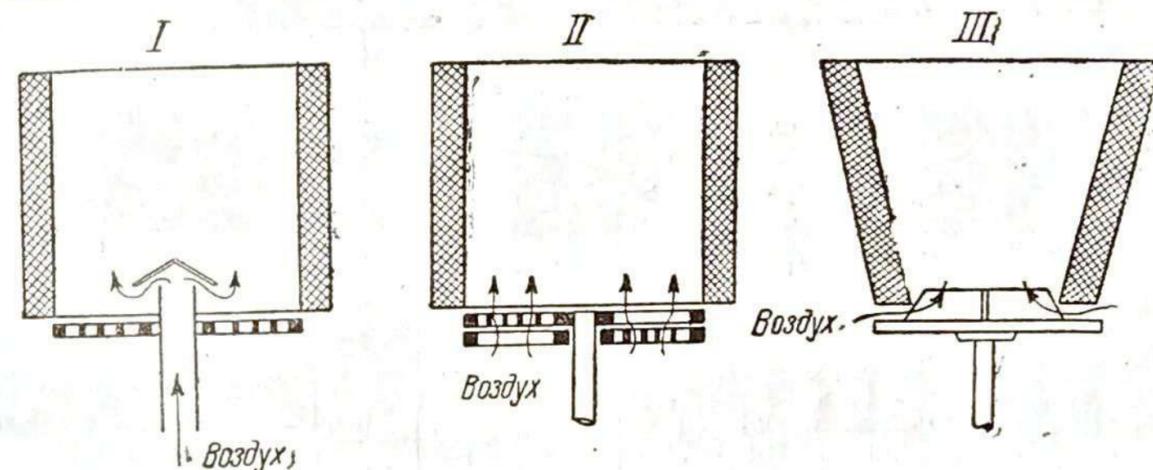


Рис. 31. Схемы подвода воздуха в газогенератор прямого процесса газификации.

Способ подвода воздуха или паровоздушной смеси и характер шлакообразования неразрывно связаны между собой.

На рис. 31 показаны существующие схемы подвода воздуха в камеру газификации газогенераторов прямого процесса. В первом случае (схема I) воздух подводится через центрально расположенную фурму, прикрытую сверху козырьком, во избежание засорения топливом. При таком способе подвода воздуха шлак располагается центрально, около фурмы, и обычно применяемая в антрацитовых газогенераторах огнеупорная футеровка в меньшей степени подвержена выгоранию. Однако сама фурма и козырек быстро выходят из строя, если они не прикрыты слоем шлака. При большом слое шлака надобность в фурме для подвода воздуха отпадает, так как газогенератор начинает работать аналогично схеме II, где воздух подается через колосниковую решетку по всей ее поверхности. Закладываемый при загрузке на решетку шлак служит изоляцией, предохраняющей колосники от перегрева, и не позволяет вновь образующемуся шлаку заливать прозоры колосников и нарушать этим подачу воздуха. Дробление шлака и частичное его удаление достигается вращением решетки и совмещением секторов, не имеющих колосников. Большое сечение для прохода воздуха в случае колосниковой решетки, хотя и гарантирует бесперебойную газификацию топлива, все же

является отрицательным фактором, так как низкая скорость дутья обуславливает неудовлетворительную работу газогенератора на малых оборотах и плохую приспособляемость его к переменному режиму.

Этим недостатком не обладает газогенератор с подачей воздуха через щель, образованную нижней плоскостью камеры горения и плитой, заменяющей собой колосники (схема III). Наличие узкой щели для прохода воздуха (20—25 мм) позволяет осуществлять дутье с достаточной скоростью даже на малых нагрузках. Образующийся во время работы генератора шлак располагается по периферии, по стенкам камеры газификации. При поворачивании

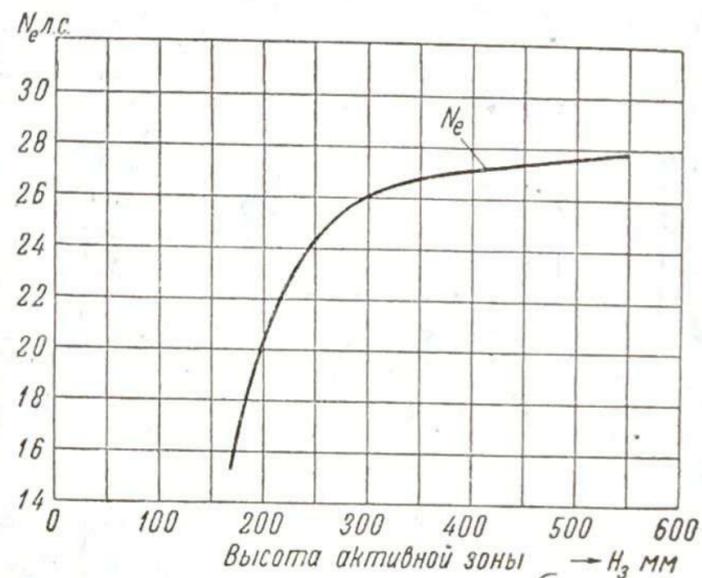


Рис. 32. Влияние высоты активной зоны H_3 газогенератора прямого процесса на мощность двигателя при работе на антраците АС и подаче воды 0,4 кг/кг топлива (по опытам автора в НАТИ).

плиты вокруг оси шлак срезается ребрами, расположенными на плите.

К недостаткам данной схемы относится более быстрое разрушение футеровки камеры, чем при подаче воздуха по схеме I, и постепенное оплавление ребер на плите.

Объем камеры газификации у полукоксовых или антрацитовых газогенераторов обычно бывает больше, чем у древесно-чурочных. Это объясняется тем, что вследствие шлакования топлива приходится снижать интенсивность газификации до 200—300 кг/м³ час, т. е. увеличивать сечение камеры, а также повышать высоту активной зоны, учитывая пониженную реакционную способность топлива.

На рис. 32 показано изменение мощности двигателя (при работе его на антрацитовом газе) в зависимости от высоты активной зоны. Из диаграммы видно, что при высоте слоя до 350 мм кривая мощности идет круто вверх (влияние восстановления углекислого

газа), а при высоте более 350 мм она поднимается менее круто (в газе растет содержание водорода — см. рис. 12).

С другой стороны, чем больше будет объем камеры газификации, тем менее гибкой будет работа газогенератора. На рис. 33 показано изменение времени запуска, в зависимости от продолжительности остановки, для двух антрацитовых газогенераторов одного и того же типа. В первом газогенераторе удельный объем ка-

меры $\frac{V_k}{N_e}$ составлял 0,56 л/л.с.,

а во втором — 1,42 л/л.с., т. е. в 2,5 раза больше. Время запуска второго газогенератора (после стоянки в 40 мин.) оказалось в пять раз больше, чем первого.

Таким образом, при выборе размеров камеры газификации приходится находить компромиссное решение, которое удовлетворяло бы условиям и хорошего газообразования, и достаточно гибкой работы.

Так как шлак и угольная мелочь в газогенераторе прямого процесса газификации, в основном, сосредоточены в месте подвода воздуха, а около газотбора находится „свежее“ топливо, содержание золы в уносах пыли сравнительно

невелико. Это, наряду с повышенной влажностью газа, значительно облегчает задачу его очистки.

Наличие приспособлений, необходимых для хранения, дозировки и испарения воды, делает газогенератор прямого процесса более сложным, по сравнению с газогенератором обращенного процесса, где этих приспособлений нет. Конструкции же камер газификации газогенераторов прямого и обращенного процессов имеют одинаковую сложность.

На рис. 34 показан продольный разрез газогенератора прямого процесса. Газогенератор состоит из бункера и корпуса, внутренняя поверхность которого облицована огнеупорной футеровкой, образующей камеру газификации. Бункер крепится к нижней части газогенератора с помощью фланца и болтов. При этом нижняя часть бункера, выполненная в виде конуса, переходящего в цилиндр, опускается в камеру газификации, образуя кольцевую щель для прохода газа. Воздух в газогенератор поступает через окно вентилятора (который работает только при розжиге)

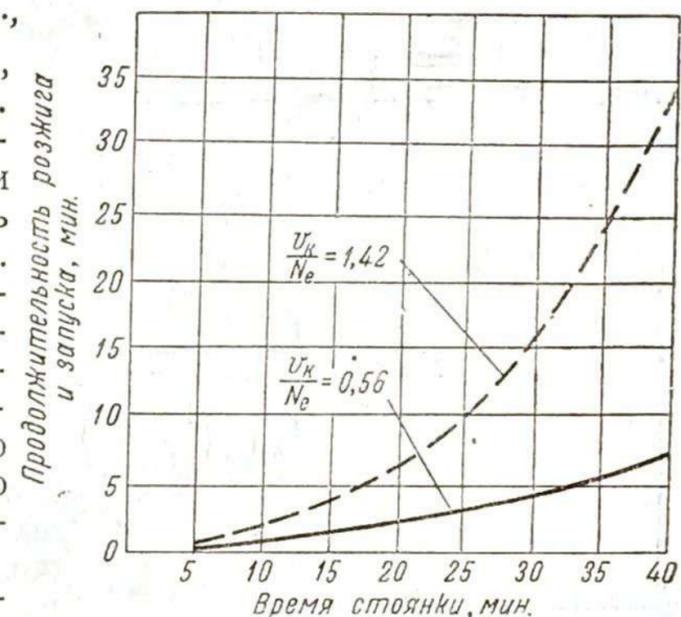


Рис. 33. Продолжительность розжига горячего газогенератора прямого процесса, работающего на антраците АС, и запуска двигателя, в зависимости от времени стоянки и удельного объема камеры газификации $\frac{V_k}{N_e}$ л/л.с. (по опытам автора в НАТИ).

и затем проходит в подогреватель, где происходит испарение воды, подаваемой капельником, и смешение паров воды с воздухом.

Паровоздушная смесь поступает в нижнюю часть газогенератора и, пройдя через колосники, вступает во взаимодействие с топливом, образуя очаг горения непосредственно над колосниковой решеткой. Расстояние между колосниковой решеткой и нижней частью бункера определяет высоту активной зоны газогенератора, которая в данной конструкции равна 220 мм.

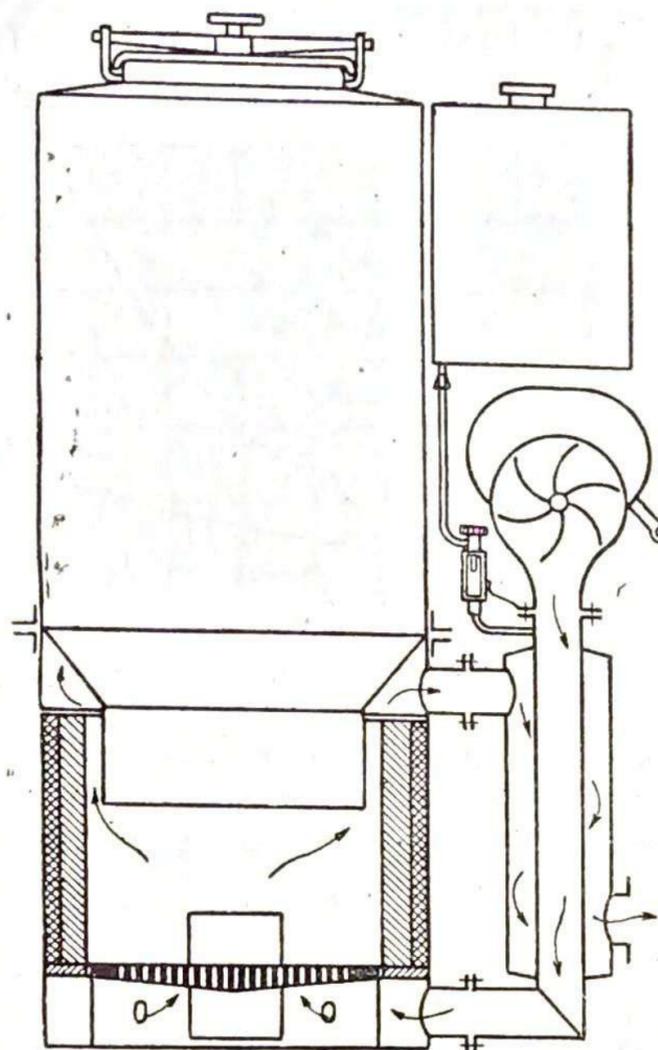


Рис 34. Древесно-угольный газогенератор прямого процесса газификации.

Генераторный газ, поднимаясь по кольцевой щели между обмуровкой и нижней частью бункера, поступает в газоотборный патрубок, затем направляется в подогревательную рубашку испарителя и проходит в очистительную систему.

В нижней части корпуса газогенератора имеется лючок, который служит для удаления золы и угольной мелочи из зольника, а также для очистки газогенератора от остатков топлива и шлака.

Футеровка камеры горения в нижней части подвержена разрушению вследствие выгорания и соединения со шлаком. Этот недостаток является общим для всех газогенераторов, имеющих керамическую футеровку и предназначенных для работы на шлакующих топливах.

В качестве материала для футеровки газогенераторов применяют жароупорный цемент (30% глиноземистого цемента и 70% хромомagnesита), корунд (с добавлением Суворовской глины) или каолиновые массы.

Футеровка из жароупорного цемента формируется непосредственно в кожухе камеры, быстро там затвердевает и обжигается в процессе работы газогенератора.

Корундовые и каолиновые футеровки изготавливаются в виде отдельных фасонных кирпичей, толщиной 35—50 мм, которые после формовки (или литья) подвергаются обжигу в печах. Корунд и каолин выдерживают температуру до 1750—1850°C, но недостаточно шлакостойчивы. Срок их службы обычно не превышает

20—30 тыс. км пробега при работе на древесном угле и 8—10 тыс. км при работе на антраците.

Описанный газогенератор имеет наиболее простую конструкцию, по сравнению с другими газогенераторами прямого процесса газификации. В нем отсутствуют автоматически действующее устрой-

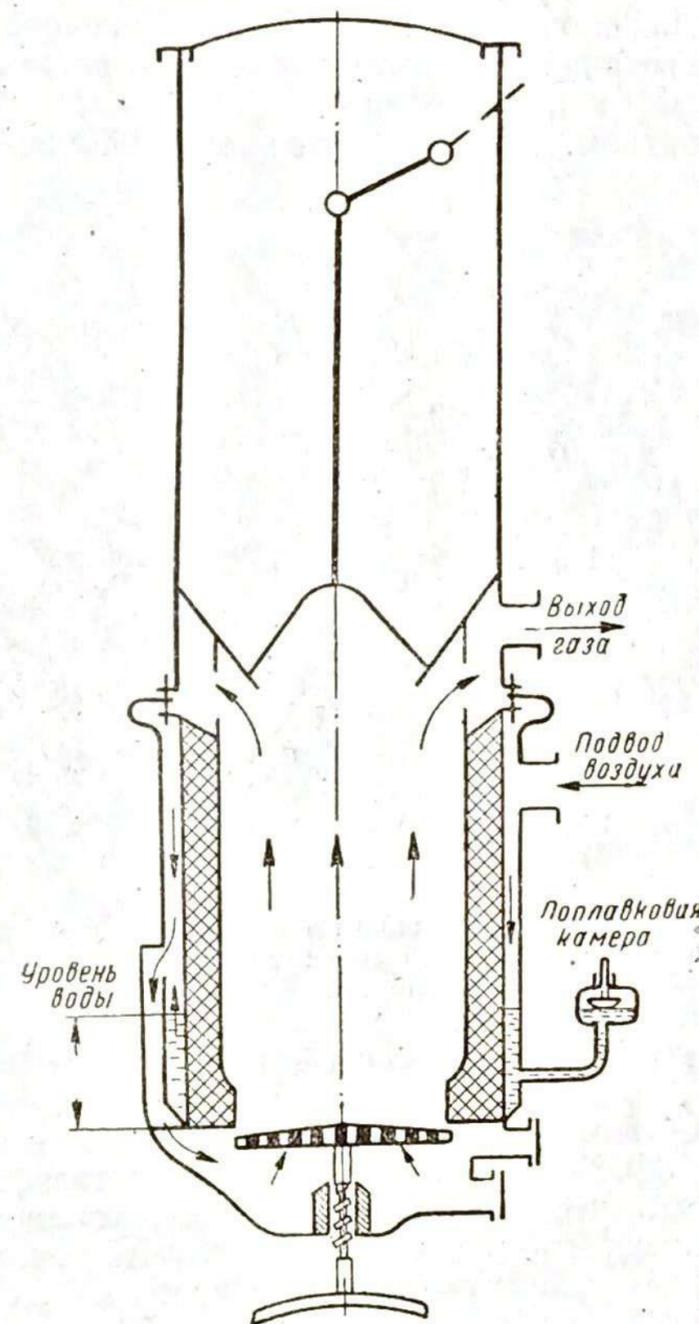


Рис 35. Газогенератор прямого процесса газификации для полукокса.

ство для дозировки подаваемой воды и шуровочное приспособление для удаления шлака. Поэтому этот газогенератор, в основном, пригоден лишь для работы на древесном угле или малозольном торфяном коксе. Высокозольные шлакующие топлива, например, каменноугольный полукокс или антрацит, требуют точной дози-

ровки подачи воды в газогенератор и наличия приспособлений для удаления шлака.

На рис. 35 показана схема газогенератора, у которого паровоздушная смесь образуется в рубашке, окружающей металлический кожух футерованной камеры газификации. Подача воды регулируется поплавком, соединяющим отдельно монтируемый водяной бак с паровоздушной рубашкой газогенератора. Количество образующегося пара зависит от теплового режима газогенератора и уменьшается по мере накопления шлака, что является крупным недостатком. Шлак удаляется через боковой зольниковый

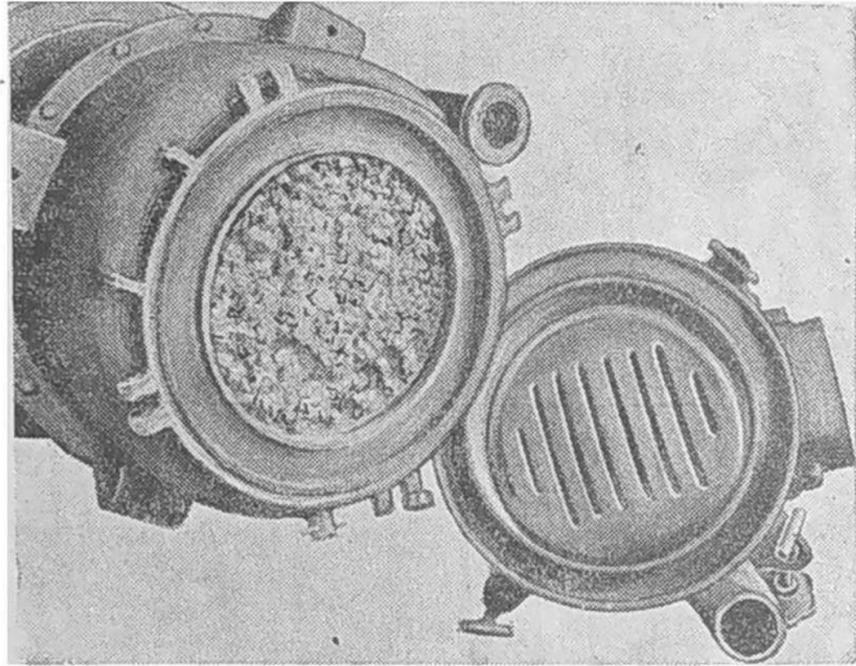


Рис. 36. Накопление шлака в газогенераторе при работе на полукоксе (зольник с колосниковой решеткой откинут на шарнире).

люк путем опускания колосниковой решетки на соответствующую величину. Для полной очистки и перезарядки газогенератора зольник откидывается на (шарнире) вместе с колосниковой решеткой (рис. 36). Бункер отделен от камеры газификации затвором (колоколом), что позволяет догружать топливо в газогенератор во время его работы, т. е. не выключая двигателя.

Более сложная конструкция газогенератора для газификации антрацита и полукокса изображена на рис. 37. Камера газификации этого газогенератора не имеет керамической футеровки и охлаждается водяной рубашкой, что устраняет шлакообразование на стенках. Подача пара регулируется заслонкой 1, установленной в трубе, соединяющей паровое пространство рубашки с патрубком подвода воздуха в газогенератор. Излишек пара конденсируется в ребристой трубке 2 радиатора и стекает в водяной бак 3. Подача воды из бака в водяную рубашку газогенератора регулируется поплавком 4. Решетка 5 газогенератора состоит из системы

отдельных подвижных колосников, приводимых в движение от трансмиссии автомобиля при помощи тяг и червячной передачи 6. Это устройство обеспечивает очистку пространства между колосниками от шлака и, таким образом, поддерживает постоянное сопротивление газогенератора. Для чистки зольника и перезарядки газогенератора имеются два боковых люка 7 и 8.

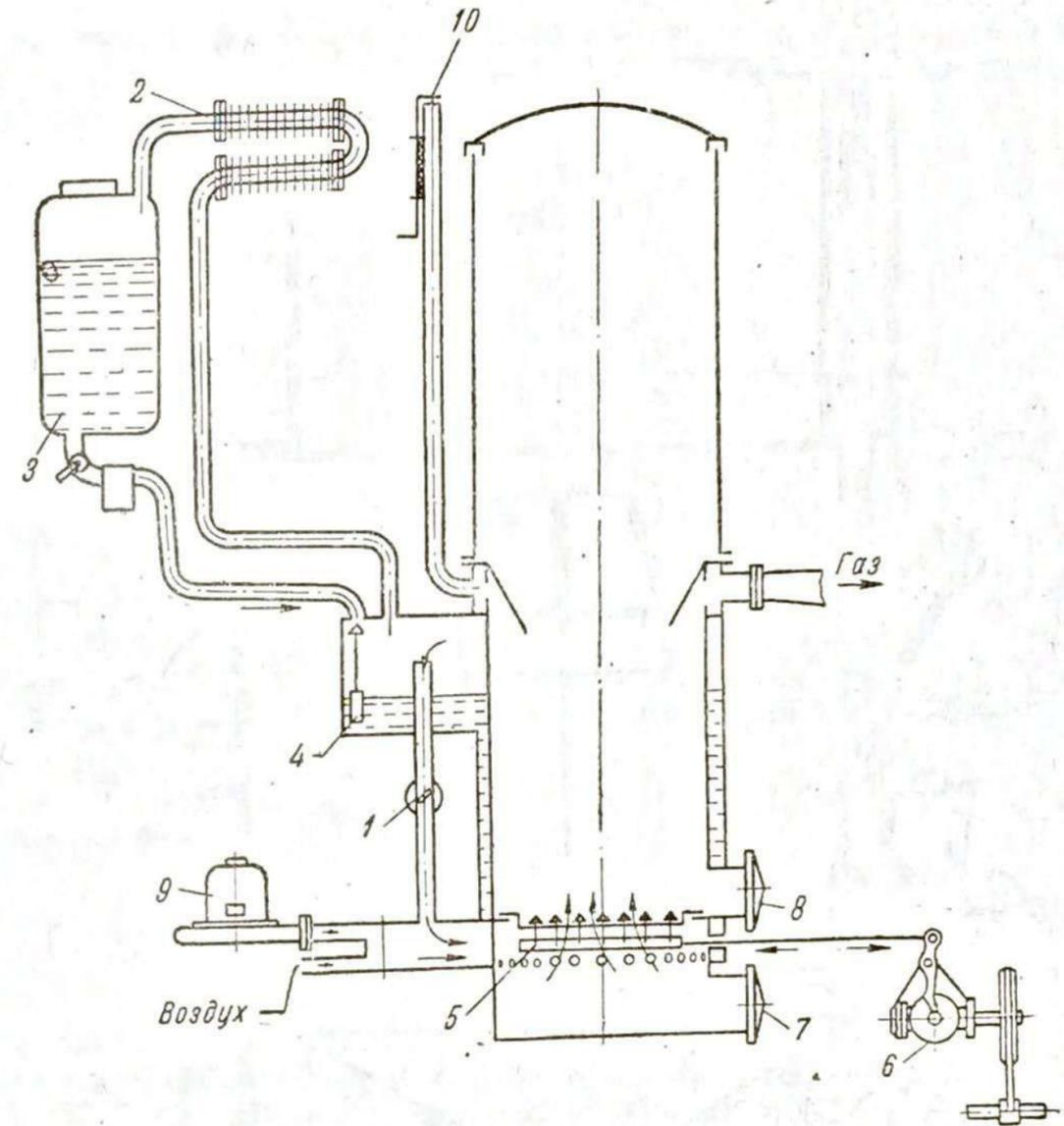


Рис. 37. Газогенератор прямого процесса газификации с паровой рубашкой.

розжиг производится электровентилятором 9, который нагнетает воздух в газогенератор. Выход газов при розжиге осуществляется через специальную трубу 10, закрываемую при нормальной работе газогенератора клапаном.

Значительный отвод тепла от активной зоны газогенератора (в воду) является недостатком данной конструкции, так как это снижает к. п. д. газогенератора и теплотворную способность газа.

На рис. 38 изображен газогенератор прямого процесса газификации ЦНИИАТ АГ-1 для газификации полукокса и антрацита.

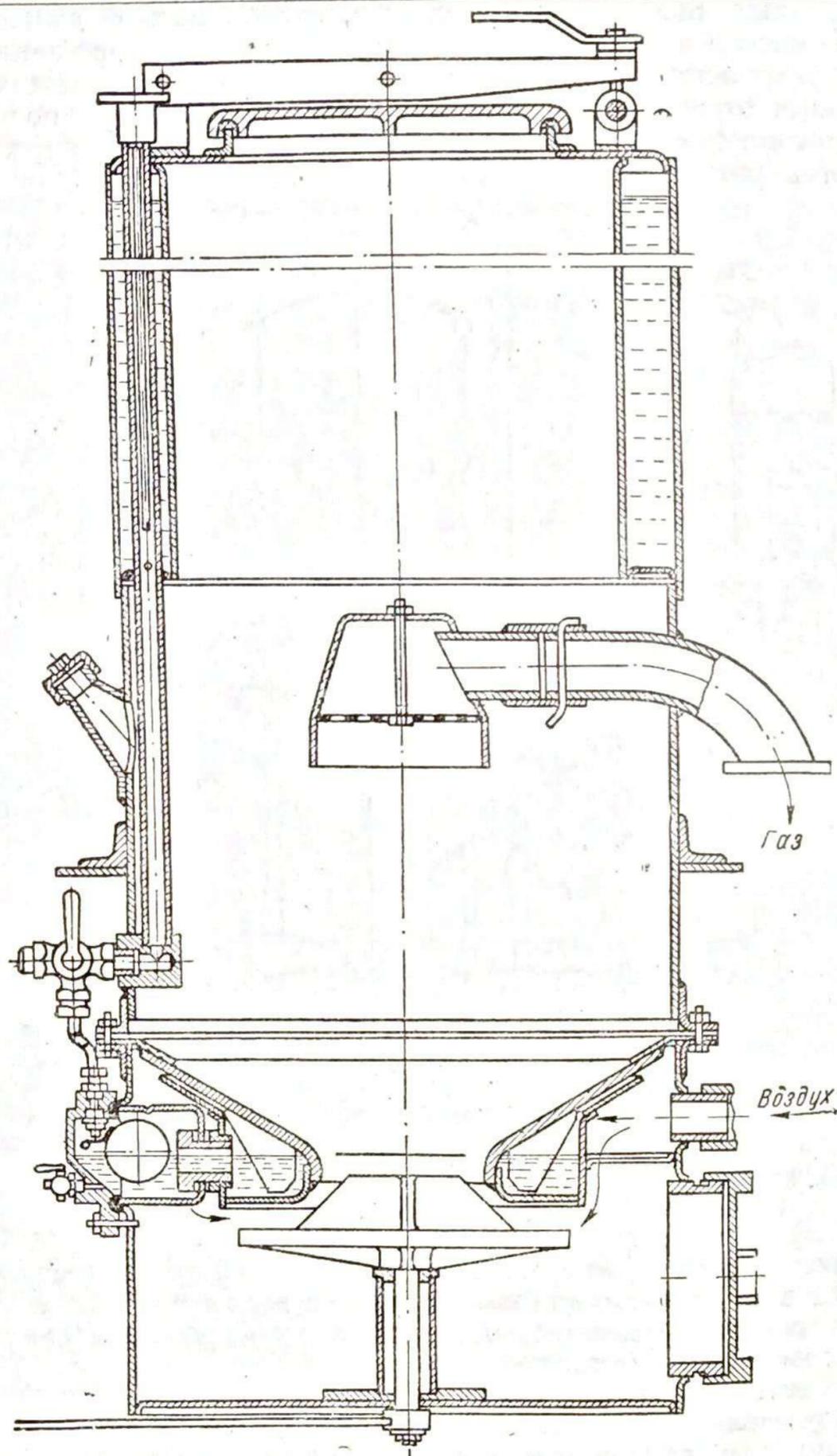


Рис. 38. Газогенератор ЦНИИАТ АГ-1 прямого процесса газификации для полукокса и антрацита.

В конструкции этого газогенератора использован принцип центрального подвода воздуха и центрального отбора газа. Это позволяет избежать футеровки камеры газификации, получить более высокую интенсивность газификации и скорость дутья, а следовательно, и более гибкую работу газогенератора, и в то же время иметь достаточный объем в камере для накопления шлака.

Газогенератор состоит из корпуса, конической камеры газификации и зольника, которые соединяются при помощи одного фланцевого соединения. Верхняя часть корпуса служит бункером

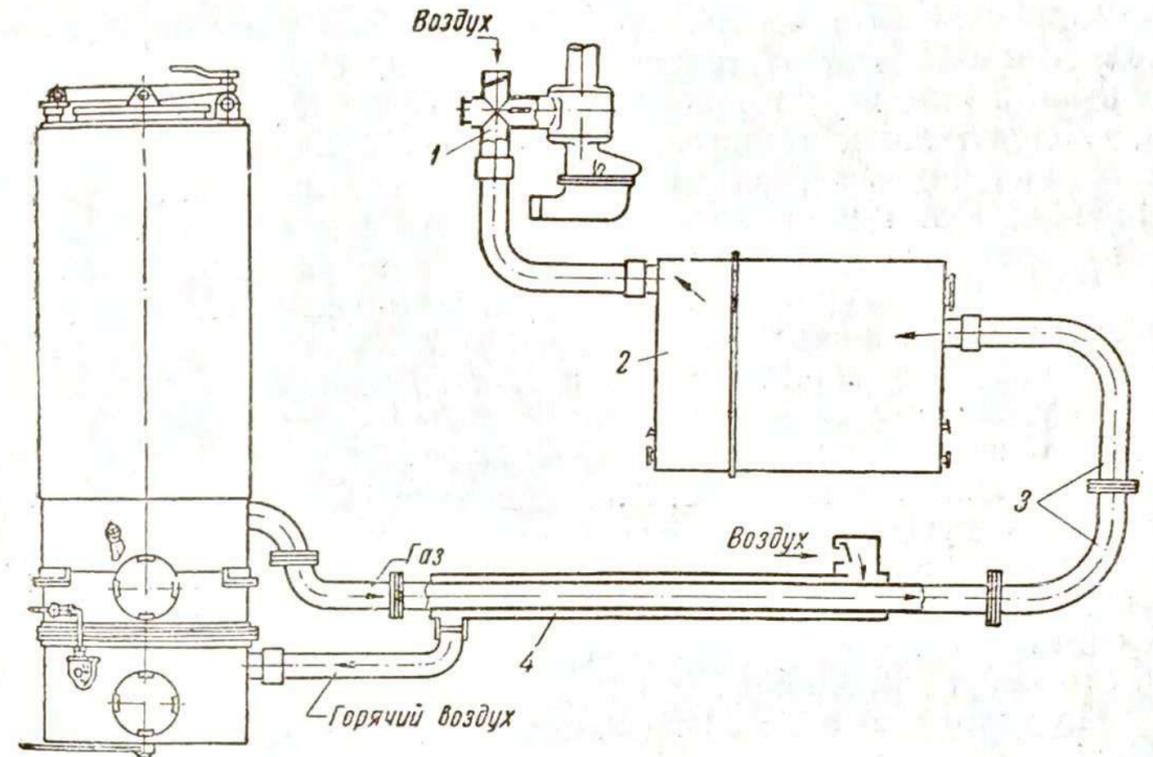


Рис. 39. Схема газогенераторной установки ЦНИИАТ АГ-1 для газификации полукокса и антрацита (разрез очистителя см. рис. 52): 1 — смеситель; 2 — очиститель; 3 — охладитель; 4 — подогреватель воздуха.

для топлива и имеет бак для воды кольцевой формы. Подогрев бака и размещение трубок для подачи воды внутри газогенератора обеспечивают ему надежную работу в зимнее время года.

Собственно камера газификации представляет собой горловину конической формы, которая снизу окружена рубашкой, заполняемой водой с целью охлаждения камеры и образования водяного пара. Поплавковое устройство поддерживает необходимый уровень воды в рубашке, охлаждающей камеру газификации. Количество образующегося пара автоматически изменяется в зависимости от теплового режима газогенератора.

Воздух, засасываемый в газогенератор через подогреватель (рис. 39), смешивается с паром и поступает в камеру газификации через щель, образованную водяной рубашкой камеры и поворотной плитой, которая поддерживает слой топлива в камере

и выполняет роль шуровочного приспособления. При вращении плиты от рукоятки, расположенной под днищем газогенератора, ребра, имеющиеся на плите, срезают шлак и сбрасывают его в зольник (до 60% общего количества образующегося в камере горения шлака).

Для разрыхления большого количества скопившегося шлака при помощи лома служит шуровочное отверстие в стенке корпуса газогенератора. Очистка зольника и камеры газогенератора от остатков топлива и шлака производится через боковые люки, снабженные резьбовыми крышками.

Как показал опыт эксплуатации газогенераторов, их люки являются очень ответственными деталями. Неудачно сконструированный люк может покоробиться, что вызовет подсос воздуха и, следовательно, значительное ухудшение качества газа. Кроме того, при подсосе воздуха через зольниковые люки, вследствие горения газа, температура резко увеличивается, что может вызвать коробление, трещины и прогорание камеры газификации.

Люки газогенератора должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) надежная герметичность в рабочем состоянии;
- 2) удобство пользования;
- 3) простота конструкции.

Надежная герметичность люка должна быть обеспечена достаточной упругостью прокладки и равномерным ее прилеганием по всей длине, а также жесткостью крышки и обичайки люка. Прокладка должна быть изготовлена из графито-асбестового шнура в оплетке, а крышки люков, в случае большого диаметра, должны иметь ребра жесткости.

По условиям работы зольниковый люк наиболее подвержен тепловым деформациям, и прокладка его быстрее разрушается под воздействием высокой температуры, чем у верхнего загрузочного люка. Однако зольниковый люк реже открывается. Загрузочный люк подвергается воздействию высоких температур только в случае полного выжигания топлива в бункере. Диаметр загрузочного люка больше, чем зольникового, и поэтому создать у него надежное уплотнение труднее. Следует иметь в виду, что в газогенераторах прямого и поперечного процессов газификации подсосы воздуха одинаково опасны как через загрузочный, так и через зольниковый люки.

В газогенераторах обращенного процесса неплотность в загрузочном люке может вызвать только повышение уровня зоны горения, в то время как в газогенераторах поперечного и прямого процессов неплотность в загрузочном люке ведет к ухудшению качества газа, а следовательно, и к потере мощности двигателя. Поэтому обычно применяемая в древесно-чурочных газогенераторах конструкция запора загрузочного люка с рессорой и эксцентриком (см. рис. 14) в данном случае непригодна.

Для газогенераторов прямого и поперечного процессов необходим жесткий запор с траверсой, который обеспечивает плотную

посадку крышки люка вне зависимости от износа уплотняющей прокладки (см. рис. 38).

Зольниковые люки прежних конструкций имеют штампованные крышки, которые прижимаются к обичайке люка скобкой, снабженной затяжным болтом (см. рис. 14). В современных конструкциях газогенераторов получили распространение резьбовые люки с литыми чугунными крышками (см. рис. 38).

4. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ И ОЧИСТКА ГАЗА

По выходе из газогенератора газ имеет довольно высокую температуру и загрязнен вредными примесями, к числу которых относятся: зола (или шлак), угольная пыль, сажа, смолистые вещества, сернистые соединения и влага.

Газ, имеющий высокую температуру, не пригоден для питания двигателя, так как обладает низкой объемной теплотворной способностью, что значительно снижает мощность двигателя.

Механические примеси и смолы, содержащиеся в газе, осаждаются во всасывающей системе и в цилиндрах двигателя, нарушают нормальную его работу и, постепенно загрязняя смазку, вызывают преждевременный износ трущихся поверхностей.

Поэтому газ до поступления в двигатель должен быть охлажден и очищен от механических примесей.

а) Охлаждение газа

В древесно-угольных или антрацитовых газогенераторах поперечного и прямого процессов газификации выходящий из генератора газ в условиях стационарной работы имеет температуру порядка 450—600°C. При движении автомобиля, в результате обдува газогенератора встречным потоком воздуха, температура газа на выходе снижается до 250—300°C.

В древесно-чурочных газогенераторах обращенного процесса с полным обогревом бункера и верхним отбором газа охлаждение газа в самом газогенераторе происходит еще более интенсивно, и температура его на выходе обычно не превышает 120—180°C. Однако и эта температура является весьма высокой.

Для того, чтобы максимально повысить плотность заряда газовой смеси, желательно охладить газ до температуры окружающей среды. Однако практически газ удается охладить только до температуры +30, +40°C. Дальнейшее охлаждение газа потребовало бы значительного увеличения охлаждающей поверхности, что в условиях транспортной газогенераторной установки, ограниченной габаритами и весом, практически осуществить не удается.

Обычно газ для охлаждения пропускают по длинному трубопроводу, соединяющему газогенератор с очистителем, или производят охлаждение в специальном охладителе радиаторного типа, который устанавливается впереди водяного радиатора автомобиля. На рис. 40 показан подобный способ охлаждения газа.

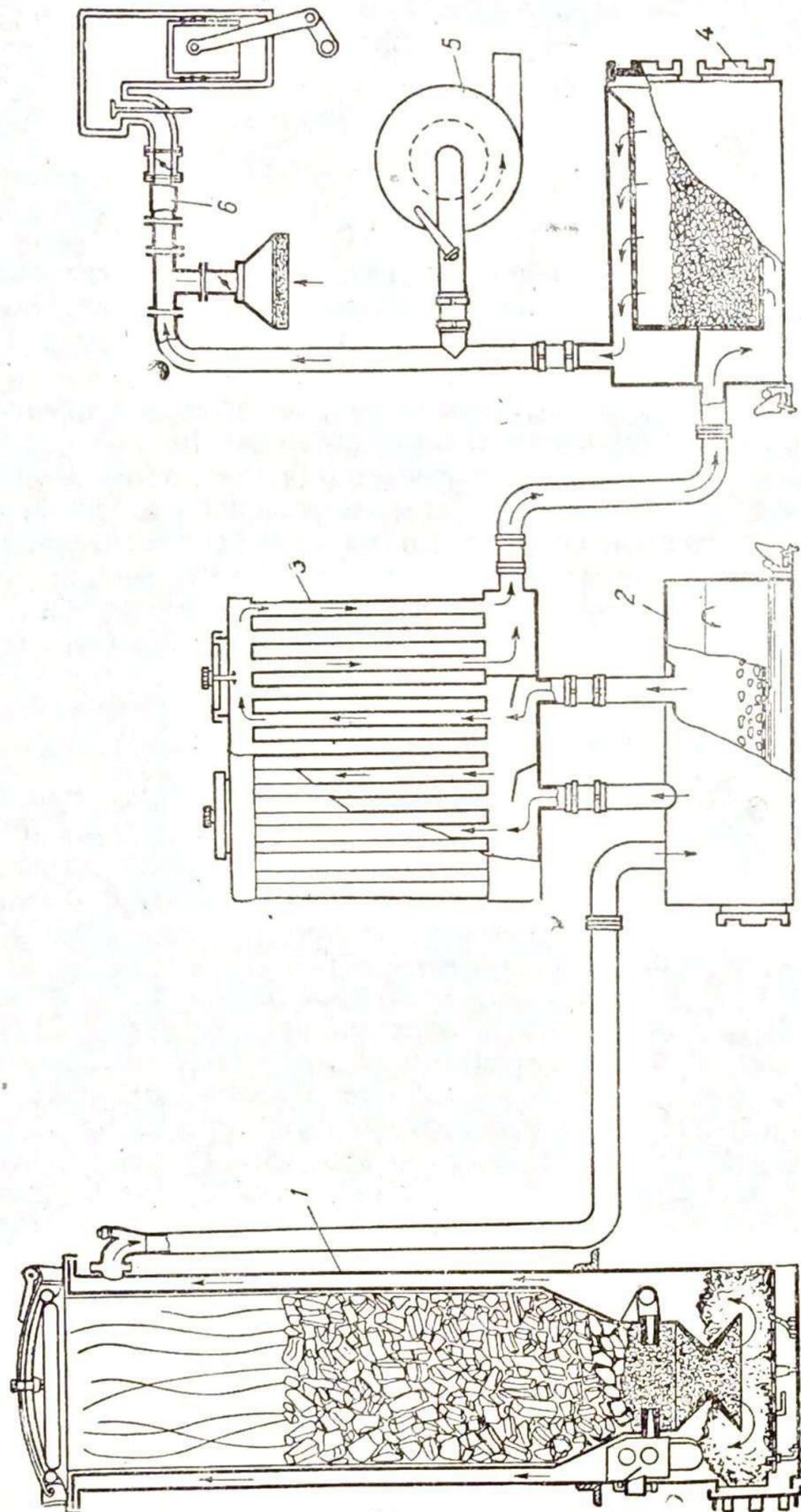


Рис. 40. Схема древесно-чурочной газогенераторной установки с радиаторным охладителем: 1 — газогенератор; 2 — грубый очиститель; 3 — радиатор-охладитель газа; 4 — тонкий фильтр (с пробковой крошкой); 5 — электровентилятор; 6 — смеситель.

Чаще всего охлаждение газа производится одновременно с его очисткой от механических примесей в одних и тех же агрегатах. Естественно, что в каждом очистителе в какой-то мере происходит охлаждение газа, а каждый охладитель, хотя бы в незначительной степени, является очистителем. Следовательно, любой агрегат системы очистки и охлаждения газа в принципе является комбинированным. Однако он получает название очистителя или охладителя по той доминирующей функции, которую он выполняет.

Охлаждение газа в очистителях происходит за счет его расширения и отдачи тепла стенкам. Конденсирующиеся при этом водяные пары в значительной степени способствуют очистке газа от мельчайших частиц золы и угольной пыли.

Одновременно с конденсацией водяных паров частично конденсируются и смолы, которые могут содержаться в газе. Однако очистка газа от смол, в основном, должна производиться в самом газогенераторе путем применения обращенного процесса и правильного подбора параметров и конфигурации камеры газификации. Выходящий из генератора газ должен содержать смол не более 0,5 г на 1 м³ сухого газа.

б) Очистка газа от механических примесей

В современных транспортных газогенераторных установках с каждым кубометром газа из газогенератора уносится, в среднем, от 2 до 3,5 г пыли. В зависимости от нагрузки, пылесодержание газа может изменяться в широких пределах.

На рис. 41 показано изменение пылесодержания газа в различных точках древесно-чурочной газогенераторной установки ГАЗ-42.

В некоторых случаях, например, при работе на чурках мягких пород или на древесном угле со значительным количеством мелочи, содержание пыли может повыситься до 7—8 г/м³ газа.

В стационарных установках предельная загрязненность газа, поступающего в двигатель, обычно не превышает 0,02—0,03 г/м³ газа.

В транспортных газогенераторных установках автомобильного типа, поскольку они в значительной степени стеснены по габаритам, количество пыли, поступающей в двигатель, в ряде случаев достигает 0,15 г/м³ газа. При этом износ двигателя при работе на газе может превысить износ при работе на бензине.

Пыль генераторного газа представляет собой смесь, состоящую из мелких угольков, хлопьев сажи и частиц золы или дисперсного шлака.

По размеру частиц пыль условно подразделяют на грубую и тонкую: грубая пыль с размером частичек более 60 м падает в спокойном воздухе с возрастающей скоростью, тонкая пыль с размером частичек менее 60 м падает в спокойном воздухе с пос-

тоянной скоростью; частички размером менее 20 μ находятся во взвешенном состоянии.

Примерный состав пыли из древесно-чурочного газогенератора приведен в табл. 18.

В силу разных свойств грубой и тонкой пыли, для ее улавливания применяют очистители различного устройства.

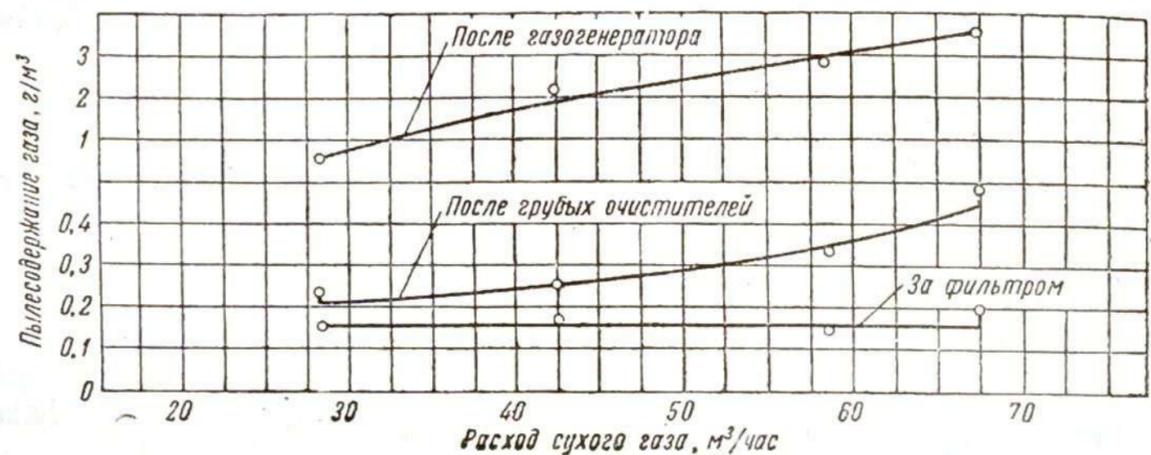


Рис. 41. Зависимость пылесодержания газа (в различных местах газогенераторной установки ГАЗ-42) от производительности газогенератора (по опытам инж. Коренева в НАТИ).

Таблица 18

Класс пыли	Грубая пыль			Тонкая пыль
	Размер частичек, μ	Болез 425	От 425 до 250	
Размер частичек, μ	Болез 425	От 425 до 250	От 250 до 60	Менее 60
Количество, % по весу	16	10	16	58

в) Грубая очистка газа

Поскольку частицы грубой пыли при своем движении обладают свойствами обычного твердого тела, с присущей ему инерцией, для очистки газа от этих частиц применяют так называемые инерционные очистители.

Простейший инерционный очиститель типа „Циклон“ изображен на рис. 42. Газ входит в циклон через патрубок 1, расположенный касательно к корпусу циклона. Вследствие этого газ получает вращательное движение, и наиболее крупные частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенкам корпуса 3. При трении о стенки корпуса частицы пыли теряют скорость и падают в пылесборник 6. Корпус 7 с отражателем 4 препятствует возвращению пыли в газовый поток. Очищенный газ выходит из циклона через газоотборный патрубок 2. Удаление пыли, осевшей в циклоне, производится через люк 5.

При сравнительно небольших размерах циклоны дают очень высокую степень очистки газа (до 85—90%), но с уменьшением скорости, т. е. количества отсасываемого газа, качество его очистки в циклоне ухудшается. Циклоны обычно устанавливаются на горячей линии газа, сразу после газогенератора.

Во многих автомобильных установках применяется комбинированная система инерционной очистки и охлаждения газа в так называемых грубых очистителях-охладителях. Выпадение крупных и средних частиц пыли в этих очистителях достигается путем изменения направления и скорости движения газа (с помощью перфорированных пластин). При этом одновременно происходит охлаждение газа, вследствие передачи тепла через стенки очистителей в окружающую среду.

Очиститель (рис. 43) состоит из металлического кожуха 1, снабженного съемной крышкой 2. Внутрь кожуха вставлен насадок, состоящий из ряда пластин 3 с большим количеством мелких отверстий, расположенных в шахматном порядке. Газ, проходя через отверстия пластин, все время меняет скорость и направление движения. Движущиеся вместе с газом частицы пыли, по выходе из отверстий, сохраняют по инерции прямолинейное движение и, ударяясь о стенку соседней пластины, оседают на ней или падают вниз.

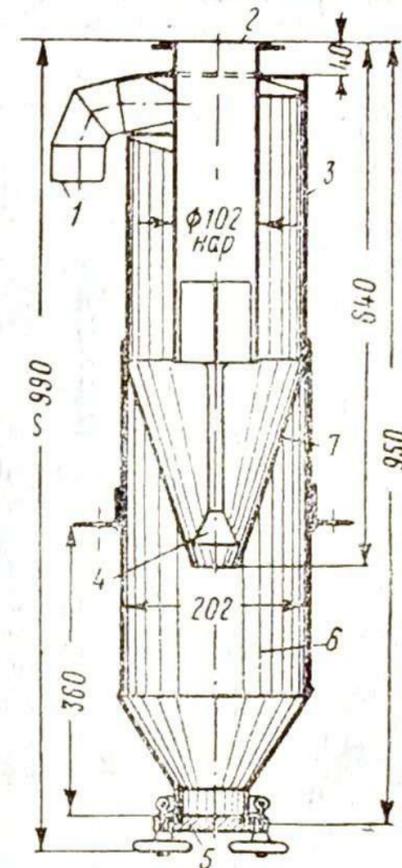


Рис. 42. Очиститель типа „Циклон“ для очистки газа от грубой пыли.

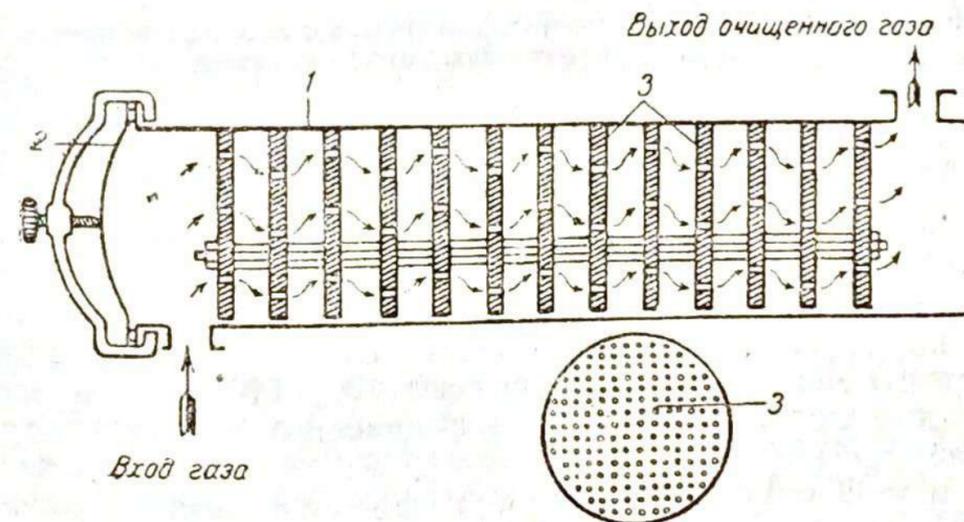


Рис. 43. Схема действия грубого очистителя-охладителя с перфорированными пластинами.

На рис. 44 показана батарея грубых очистителей-охладителей легкового газогенераторного автомобиля, состоящая из трех последовательно включенных секций прямоугольной формы. Каждая последующая секция имеет большее число пластин с большим количеством мелких отверстий, в результате чего достигается лучшая очистка газа.

Аналогичные очистители применены в древесно-чурочных газогенераторных установках ГАЗ-42 и ЗИС-21. Основные данные по этим очистителям приведены в табл. 19.

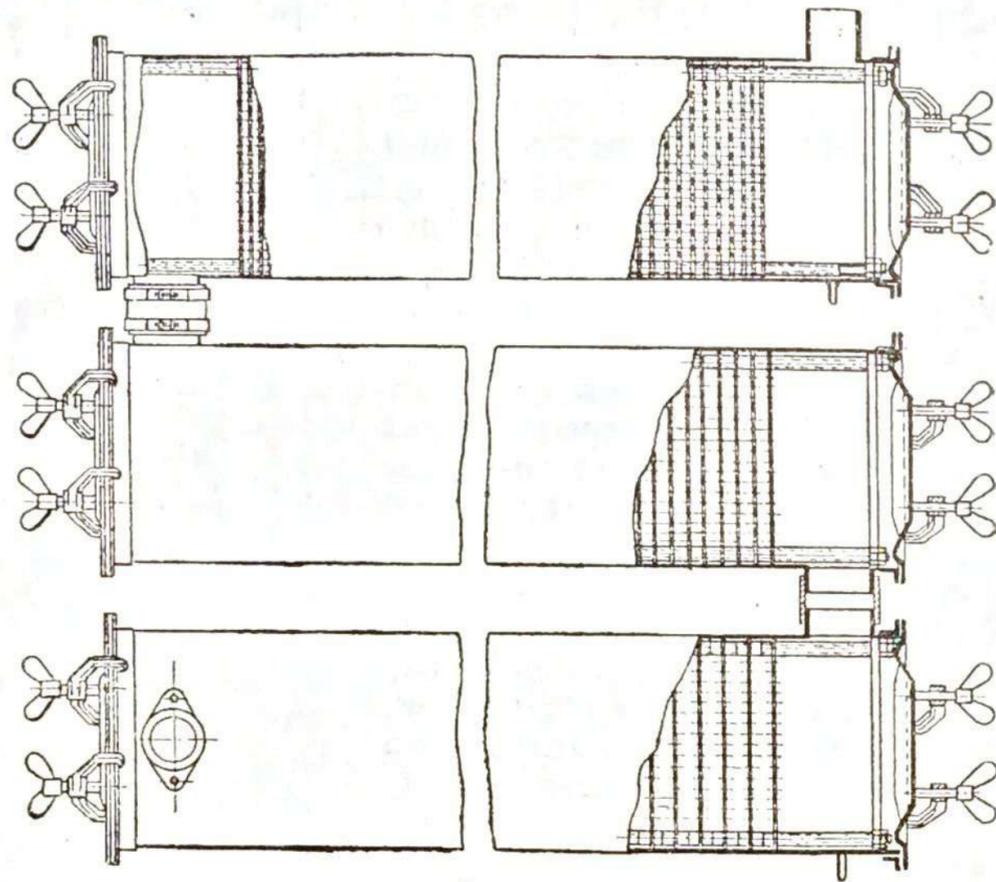


Рис. 44. Батарея грубых очистителей-охладителей газогенераторной установки для легкового автомобиля (вид сверху).

г) Тонкая очистка газа

Под тонкой очисткой газа подразумевают очистку его от мельчайших частиц пыли ($< 60 \mu$), которые не могут быть задержаны грубыми очистителями.

Обычно различают тонкую очистку влажного газа, в котором содержание водяных паров превышает $100-120 \text{ г/м}^3$, и тонкую очистку „сухого“ газа, в котором количество водяного пара не превышает 60 г/м^3 .

Для тонкой очистки влажного газа чаще всего применяют очистители с кольцами.

На рис. 45 показана схема древесно-чурочной газогенераторной установки ГАЗ-42, в которой для грубой очистки газа при-

менены пластинчатые очистители-охладители, а тонкая очистка производится в очистителе с кольцами. Аналогичная система очистки газа применена в газогенераторной установке ЗИС-21, тонкий очиститель которой показан на рис. 46. Очиститель представляет собой цилиндрический резервуар, разделенный внутри на три части двумя горизонтальными сетками, на которые, слоем в $350-400 \text{ мм}$, насыпаны кольца. Эти кольца представляют собой небольшого размера короткие трубочки, изготовленные из тонкой листовой стали или, реже, из фарфора.

Таблица 19

Тип газогенераторной установки	Порядковый номер очистителя	Секция пластин	Количество пластин в секции	Расстояние между пластинами, мм	Число отверстий в каждой пластине	Диаметр отверстий, мм
ЗИС-21	I	1	26	30	53	15
		2	41	18	120	10
	II	1	41	18	120	10
		2	41	18	120	10
	III	1	71	10	201	8
		2	71	10	201	8
ГАЗ-42	I	—	50	23	62	15
	II	—	109	10	140	10,5

Примечание. Поперечные размеры очистителей:
ЗИС-21 круглого сечения— 204 мм ;
ГАЗ-42 прямоугольного сечения— $140 \times 260 \text{ мм}$.

Основные конструктивные данные по кольцам разного размера приведены в табл. 20.

Таблица 20

Размер колец $d \times h$, мм	Толщина материала, мм	Количество колец в 1 л объема	Вес 100 колец, г	Свободный объем, не заполненный кольцами, %	Поверхность колец в 1 л объема, м^2
10×10	0,25	1000	52	86	0,628
15×15	0,55	230	260	89	0,350
25×25	0,60	50	757	92	0,200

Для загрузки, выгрузки и промывки колец и чистки очистителя на боковой его поверхности имеются три люка.

Газ входит в очиститель через нижнюю трубу и, пройдя два слоя колец, отсасывается через верхнюю газоотборную трубу, соединенную со смесителем двигателя.

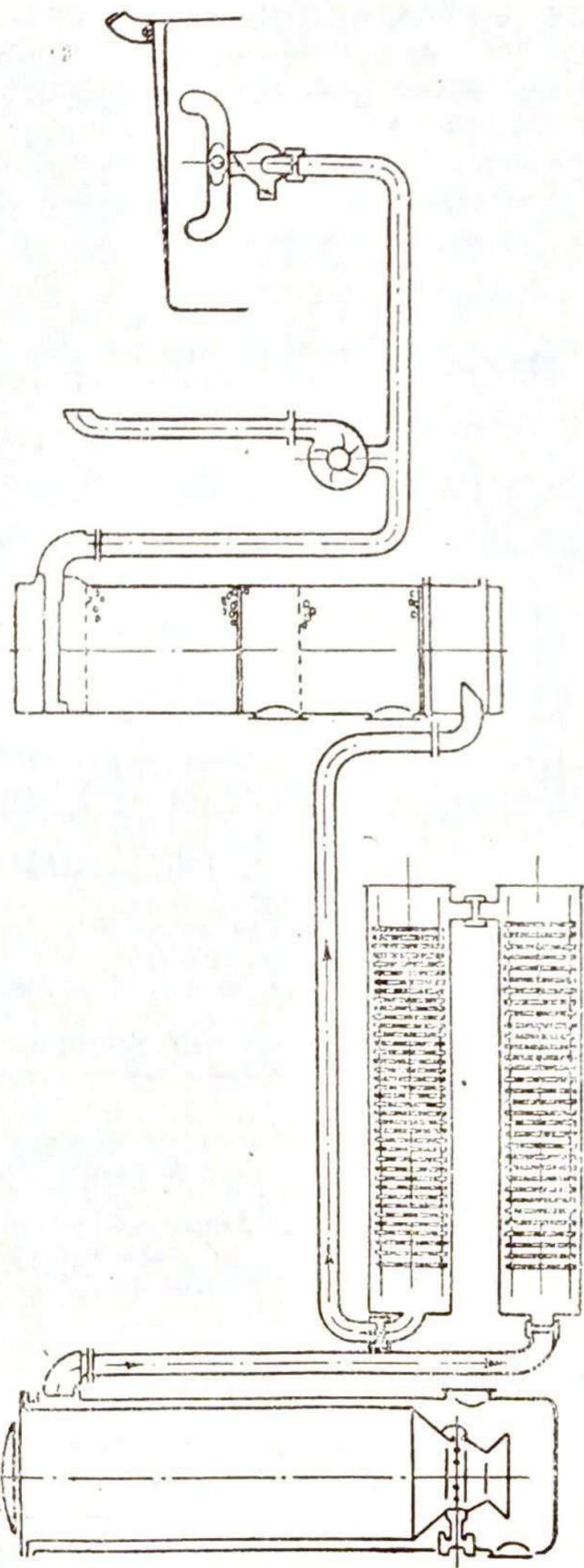


Рис. 45. Схема древно-чурочной газогенераторной установки ГАЗ-42.

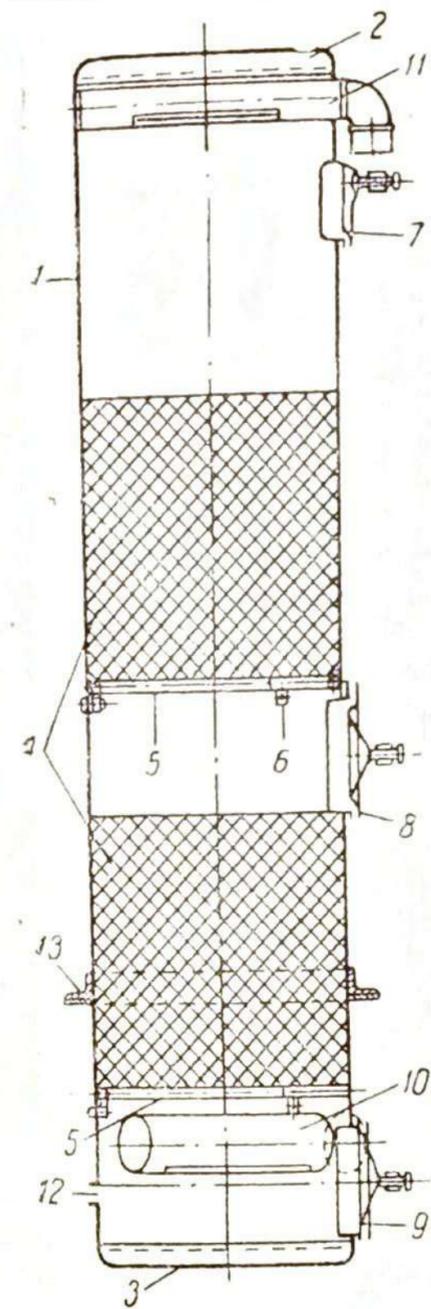


Рис. 46. Тонкий очиститель древно-чурочной газогенераторной установки ЗИС-21:

1 — корпус очистителя; 2 и 3 — днища; 4 — слой колец; 5 — сетка, поддерживающая кольца; 6 — ушко крепления сетки; 7, 8 и 9 — люки; 10 — газоподводящая труба; 11 — газоотводящая труба; 12 — отверстие для слива конденсата.

Очистка газа достигается за счет многократного соприкосновения его с влажной поверхностью колец, на которой осаждаются частицы тонкой пыли. Конденсация водяных паров, содержащихся в газе, обуславливает поддержание поверхности колец во влажном состоянии и их самоочистку стекающим вниз конденсатом. Конденсирующиеся водяные пары смачивают и собирают находящуюся в газе во взвешенном состоянии тончайшую пыль, обеспечивая этим лучшее прилипание ее к поверхности колец.

Чем ниже будет температура, до которой охлаждается газ в очистителе, тем больше сконденсируется водяных паров, содержащихся в газе, и тем выше будет степень очистки газа. На рис. 47 приведена диаграмма, показывающая влияние количества сконденсировавшегося водяного пара и высоты слоя колец на коэффициент очистки газа. (Коэффициент очистки $\eta_{оч}$ представляет

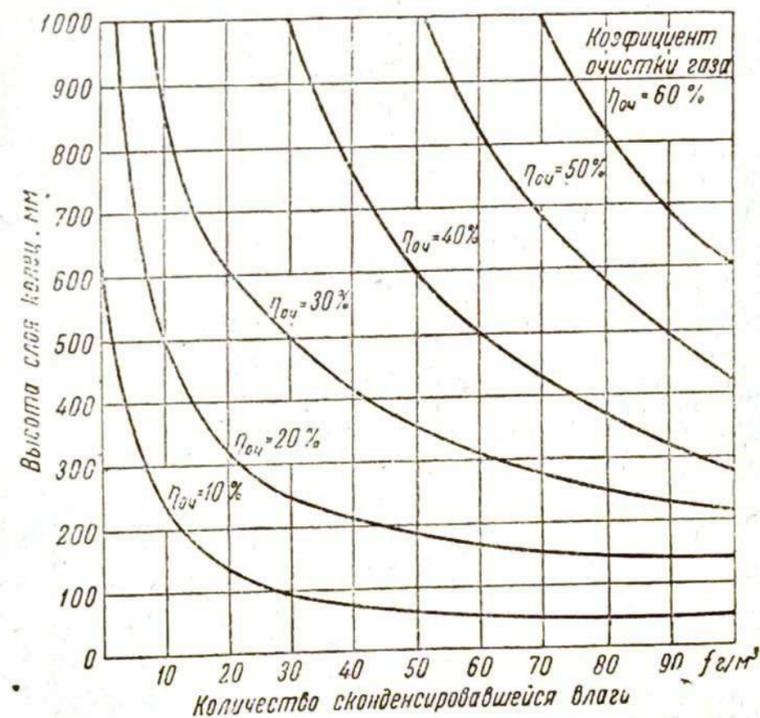


Рис. 47. Влияние количества сконденсировавшейся влаги f г/м³ газа в очистителе с кольцами на качество очистки газа (по опытам НАТИ).

собой отношение начального содержания пыли в газе перед очистителем к конечному содержанию пыли в газе по выходе его из очистителя). Так, при влажности газа 120 г/м³ и охлаждении его

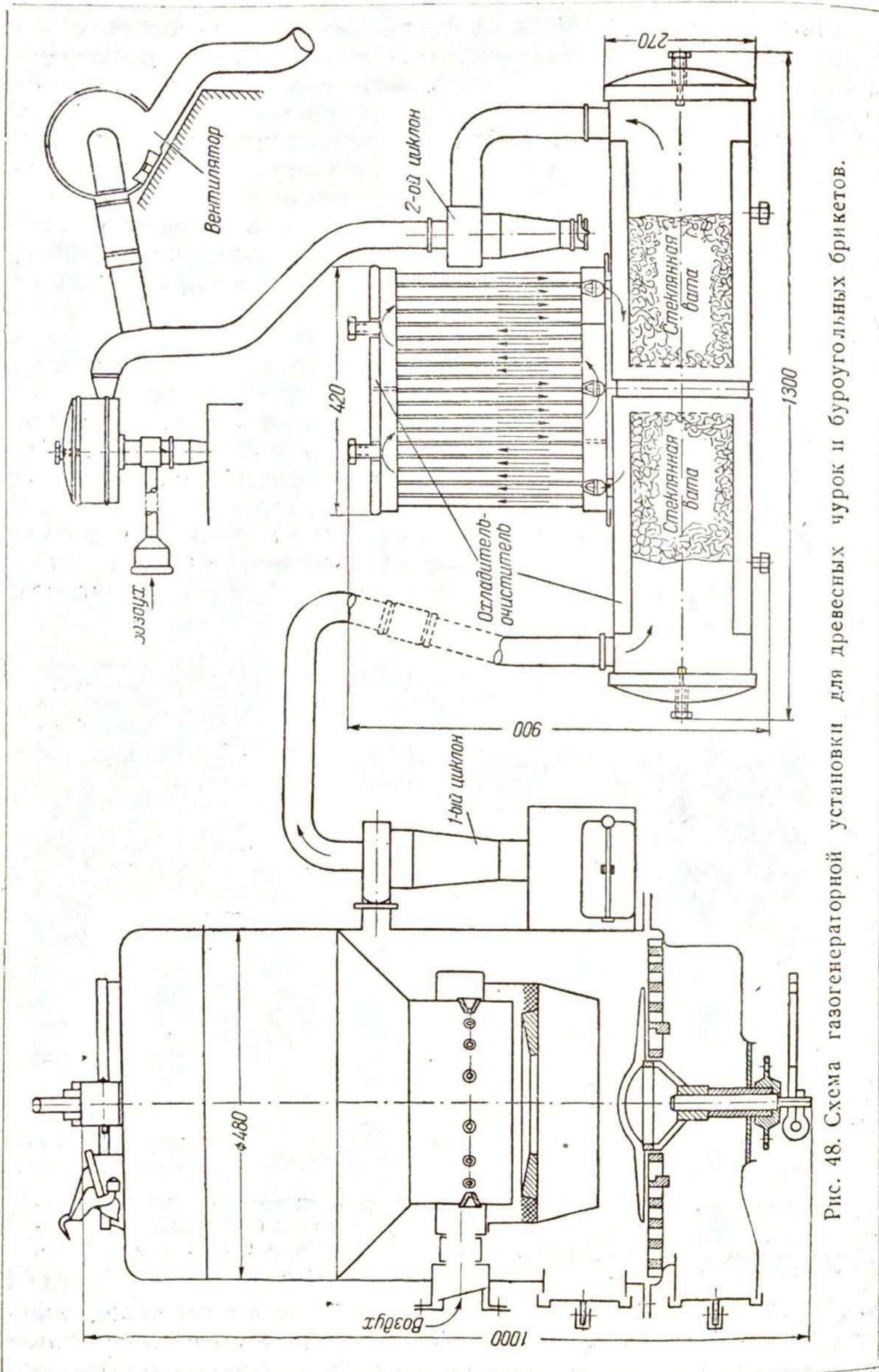


Рис. 48. Схема газогенераторной установки для древесных чурок и буроугольных брикетов.

до температуры 50°C , из 1 м^3 газа выделится и сконденсируется 10 г водяного пара. При слое колец в 600 мм это дает коэффициент очистки, равный $0,22$. При охлаждении газа до 20°C из 1 м^3 газа сконденсируется 100 г влаги, и коэффициент очистки повысится до $0,60$. Поскольку в газе из древесных чурок начальное влагосодержание достигает $180\text{--}200 \text{ г/м}^3$ и газ охлаждается до температуры $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$, коэффициент очистки в кольцах (при высоте слоя в 800 мм) достигает значения $0,7\text{--}0,8$.

Часто в тонких очистителях вместо колец употребляют пробковую крошку или какой-либо фильтрующий материал, например: стеклянную вату, древесную шерсть (мочало) или сезаль (растительное волокно).

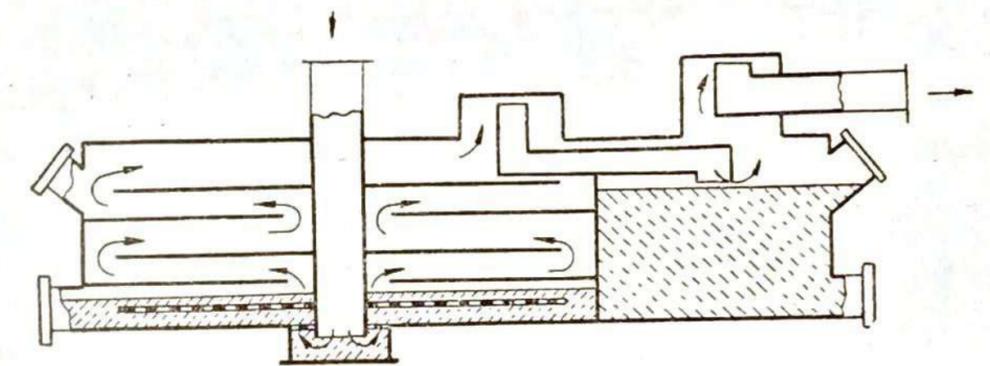


Рис. 49. Водяной очиститель антрацитовой газогенераторной установки.

Так, в газогенераторной установке, схема которой была приведена на рис. 40, тонкий очиститель заполнен пробковой крошкой. В очистителе газогенераторной установки, изображенной на рис. 48, применена стеклянная вата.

Обычно фильтрующий материал плохо поддается регенерации, и после нескольких промывок очиститель заполняют свежей набивкой.

В качестве фильтрующего материала могут быть также использованы вода или масло. Жидкостные очистители пригодны для очистки как влажного, так и „сухого“ газа. Кроме того, по мере работы, они не повышают сопротивления прохождению газа. Водяные очистители хороши также в том отношении, что не требуют затрат при смене фильтрующего агента (т. е. воды).

Вода в качестве фильтрующей жидкости для очистки газа нашла широкое применение в транспортных газогенераторных установках. Принцип работы водяных или барботажных очистителей заключается в том, что газ проходит через слой воды. Чем выше будет степень дробления струи газа на мелкие пузырьки и чем длиннее путь их через воду, тем больше будет поверхность и время соприкосновения газа с водой, а следовательно, тем эффективнее будет работа очистителя. Происходящее при этом увлажнение „сухого“ газа создает благоприятные условия для дополнительной его очистки кольцами.

На рис. 49 показан водяной очиститель антрацитовой газогенераторной установки.

В этом очистителе газ поступает в центрально расположенную вертикальную трубу, на конце которой с небольшим промежутком смонтированы два перфорированных диска (малый и большой), погруженных в воду. Газ, по выходе из трубы, проходит через воду и отверстия дисков, которые дробят струю газа на мелкие пузырьки. По выходе на поверхность, газ проходит между отбойными пластинами по зигзагообразному пути.

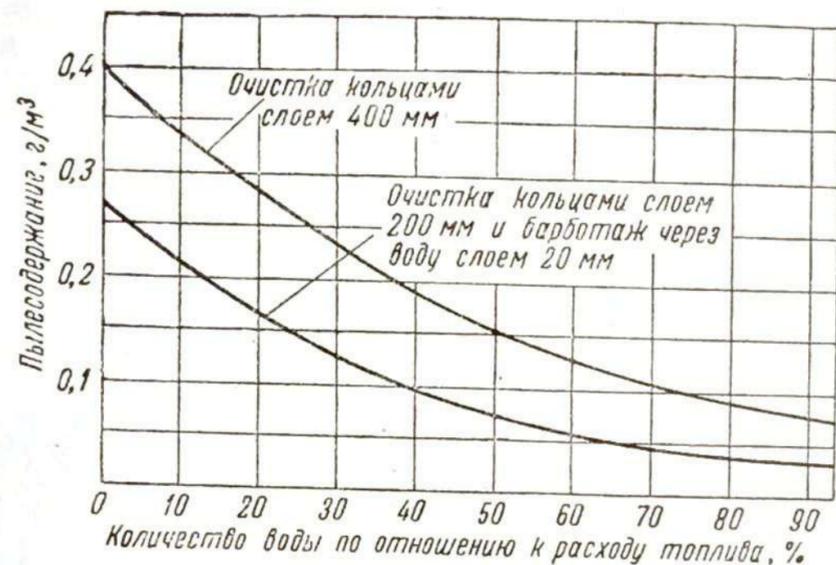


Рис. 50. Влияние барботажа на качество очистки газа в газогенераторе поперечного процесса с тонким очистителем типа ГАЗ-42 с кольцами: топливо — антрацит АС (по опытам автора в НАТИ).

При этом оставшаяся в газе мелкая пыль и влага оседают на поверхности пластин. Окончательная очистка достигается ударом струи газа о поверхность воды во втором (малом) отсеке очистителя.

Насколько эффективна работа барботажного очистителя, по сравнению с обычной очисткой „сухого“ газа кольцами, можно судить на основании данных рис. 50. Здесь приведены результаты испытания обычного очистителя ГАЗ-42 без барботажа и с барботажем, который был осуществлен по типу очистителя, показанного на рис. 51.

На диаграмме рис. 50 представлена зависимость пылесодержания газа от количества воды, подаваемой в газогенератор вместе с воздухом через фурму. Поскольку с увеличением подачи воды в газогенератор увеличивается влагосодержание газа, постольку улучшается качество его очистки, так как увеличивается конденсация водяного пара в очистителе.

При воздушно-сухом дутье, когда подачи воды нет, содержание пыли в газе на выходе из очистителя ГАЗ-42 без барботажа равно $0,40 \text{ г/м}^3$, а при работе с барботажем — $0,26 \text{ г/м}^3$ (даже при меньшей высоте слоя колец). Следовательно, качество

очистки газа при барботаже улучшается, по меньшей мере, в полтора раза. Для того, чтобы получить такое же качество очистки газа без барботажа, в газогенератор необходимо подавать воду в количестве 23% от расхода топлива.

Эффективность очистки газа барботажным очистителем может быть повышена за счет увеличения пути прохождения газа через воду, т. е. увеличения времени контакта газа с водой.

Обычно высота барботажного слоя является величиной постоянной и берется в пределах 20—40 мм. Увеличивать эту высоту более 40 мм нежелательно, так как при этом значительно ухудшается запуск двигателя и его работа на холостом ходу. Барботажное устройство, по существу, представляет собой водяной затвор, который оказывает большое сопротивление при малых расходах газа; газ при этом поступает прерывисто, и устойчивость работы двигателя нарушается.

На рис. 52 показан барботажный очиститель древесно-угольной газогенераторной установки ЦНИИАТ УГ-1, в котором высота барботажного слоя, по мере увеличения отбора газа, изменяется от нуля до максимума (100—120 мм). Это обеспечивает устойчивую работу двигателя на холостом ходу и высокую степень очистки газа при больших нагрузках.

Газ, предварительно охлажденный до температуры 50—70°C, поступает в первую (левую) секцию центрально расположенной газораздаточной коробки, в боковых стенках которой имеется по два ряда отверстий $\varnothing 3 \text{ мм}$, идущих наклонно от уровня воды до нижнего края стенки коробки, погруженной на глубину в 70 мм. Четыре отверстия, расположенные выше уровня воды (по два в каждой стенке), служат для обеспечения нормальной подачи газа на холостом ходу. Эти отверстия перекрываются водой при большом числе оборотов двигателя.

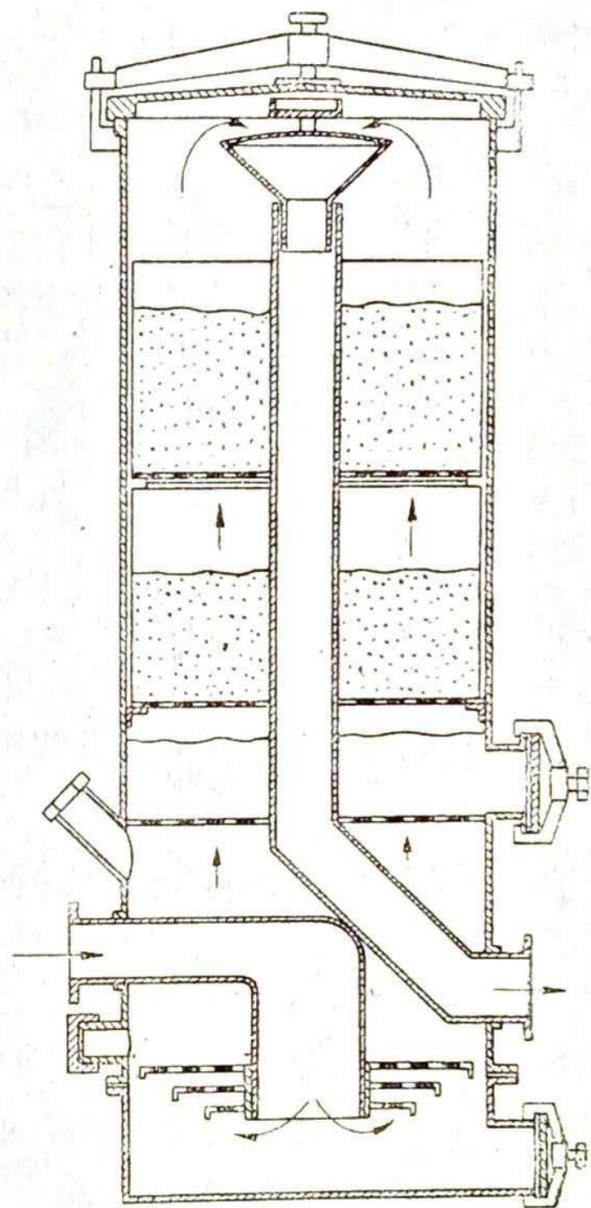


Рис. 51. Тонкий очиститель с набивкой из древесного волокна и с барботажем.

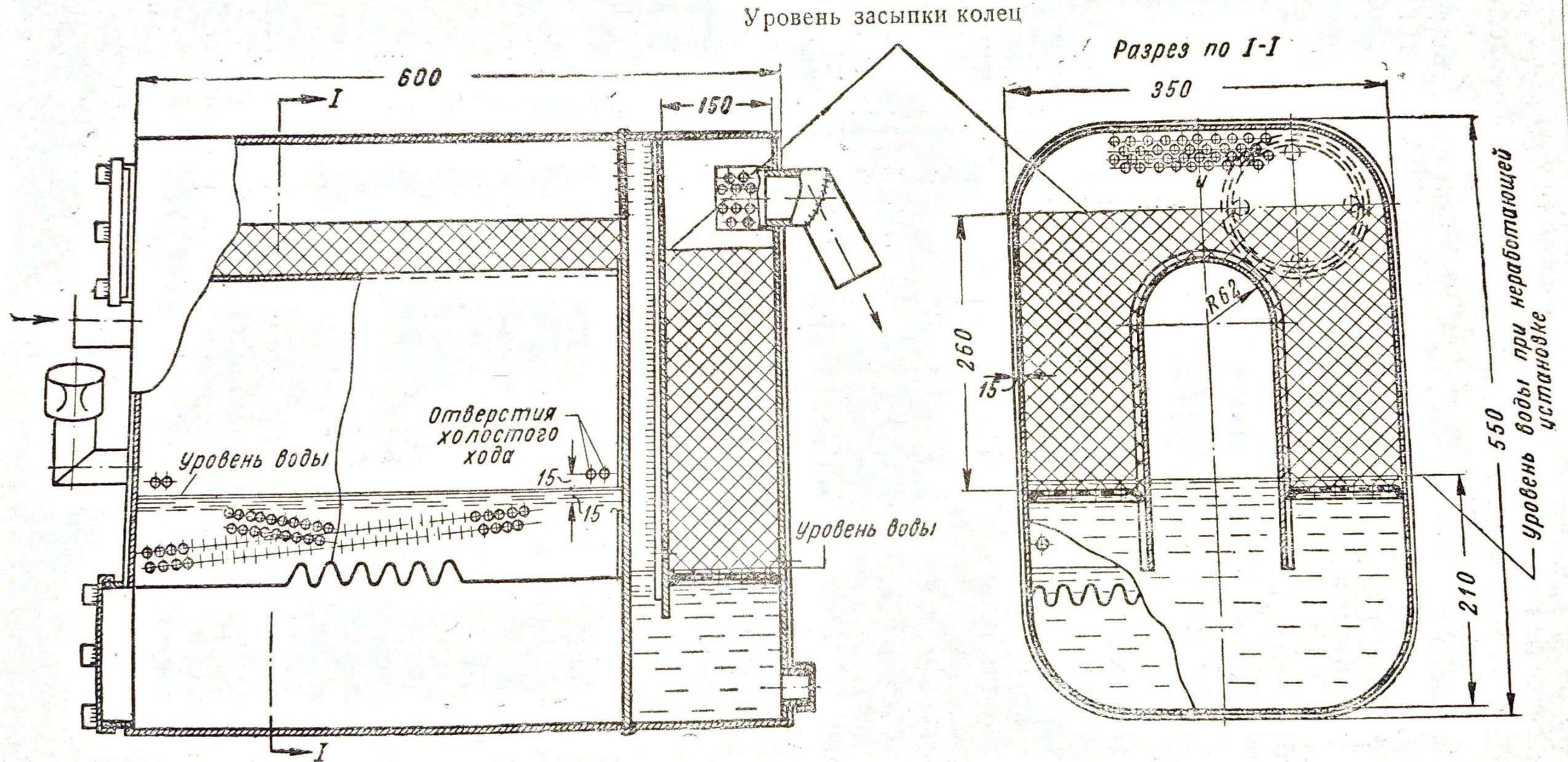


Рис. 52. Очиститель газогенераторной установки ЦНИИАТ УГ-1 (или АГ-1) с переменной величиной барботажа и с дополнительной очисткой газа кольцами.

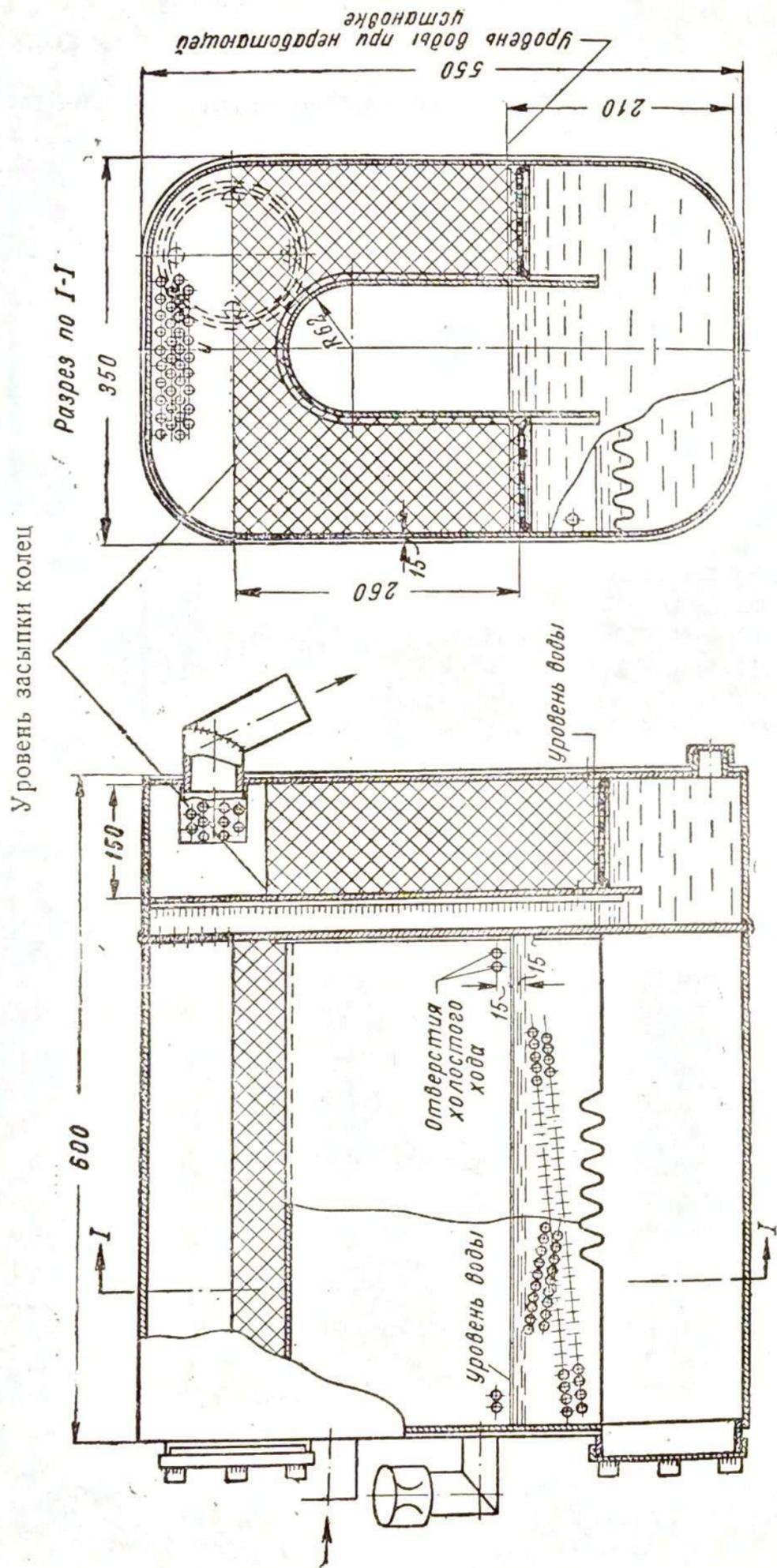


Рис. 52. Очиститель газогенераторной установки ЦНИИАТ УГ-1 (или АГ-1) с переменной величиной барботажной сетки и с дополнительной очисткой газа кольцами.

При отсосе газа двигателем, в пространстве над распределительной коробкой создается разрежение, в результате чего уровень воды снаружи коробки поднимается, а внутри ее, соответственно, понижается. При этом газ проходит через отверстия, расположенные над внутренним уровнем воды, и „пробулькивает“ через наружный водяной столб. Затем, пройдя через кольца, насыпанные на сетках по обе стороны газораспределительной коробки, газ поступает во вторую (правую) секцию очистителя, где, вторично барботируя через гребенку, погруженную в воду, окончательно очищается в слое колец. Температура газа на выходе составляет 30—35°C.

Во многих древесно-угольных газогенераторных установках для очистки „сухого“ газа от тонкой пыли применяют матерчатые фильтры, состоящие из двухслойных матерчатых мешков (байка и сатин), натянутых на жесткие каркасы.

Давая весьма высокую степень очистки газа, матерчатые фильтры в то же время обладают рядом существенных недостатков.

При употреблении угля с влажностью 12—15% в очистителях с матерчатыми фильтрами необходимо поддерживать температуру газа в пределах 60—80°C. При более низкой температуре или при большей влажности угля в очистителе происходит выпадение конденсата и намокание материи, что приводит к резкому увеличению сопротивления фильтров. При более высокой температуре газа ткань материи быстро разрушается. При повышенном содержании в топливе летучих происходит засмоление матерчатых фильтров.

Для предохранения материи фильтров от намокания и засмоления в некоторых конструкциях фильтров газогенераторных установок применяется фильтрующая (пробковая) пыль. На рис. 53 показан продольный разрез очистителя, в нижней части которого смонтирован конус, обеспечивающий перемешивание газа с фильтрующей пылью. Фильтрующая и угольная пыль, перемешиваясь, осаждаются на матерчатых мешках, образуя пористую

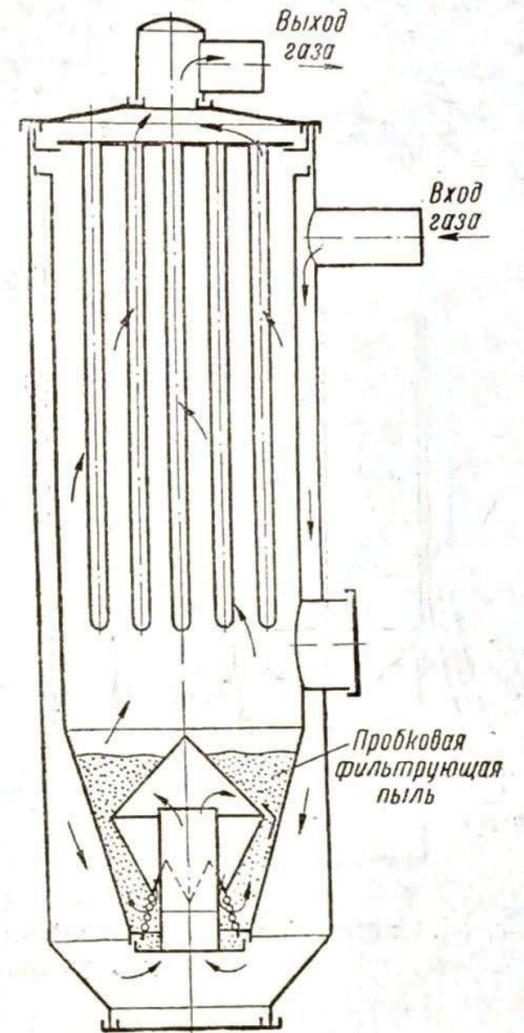


Рис. 53. Матерчатый фильтр для тонкой очистки древесно-угольного газа.

корку, которая препятствует проникновению мелкой пыли в поры материи и частично предохраняет ее от замокания и засмоления.

В других газогенераторных установках матерчатые фильтры работают без защитного слоя фильтрующей пыли. В нижнюю часть очистителей засыпается каменноугольный кокс, между кусками и в порах которого задерживаются крупные частицы угольной пыли. Надежная работа матерчатых фильтров в этих установках обеспечена применением газогенератора обращенного процесса газификации, в котором влага и летучие топ-

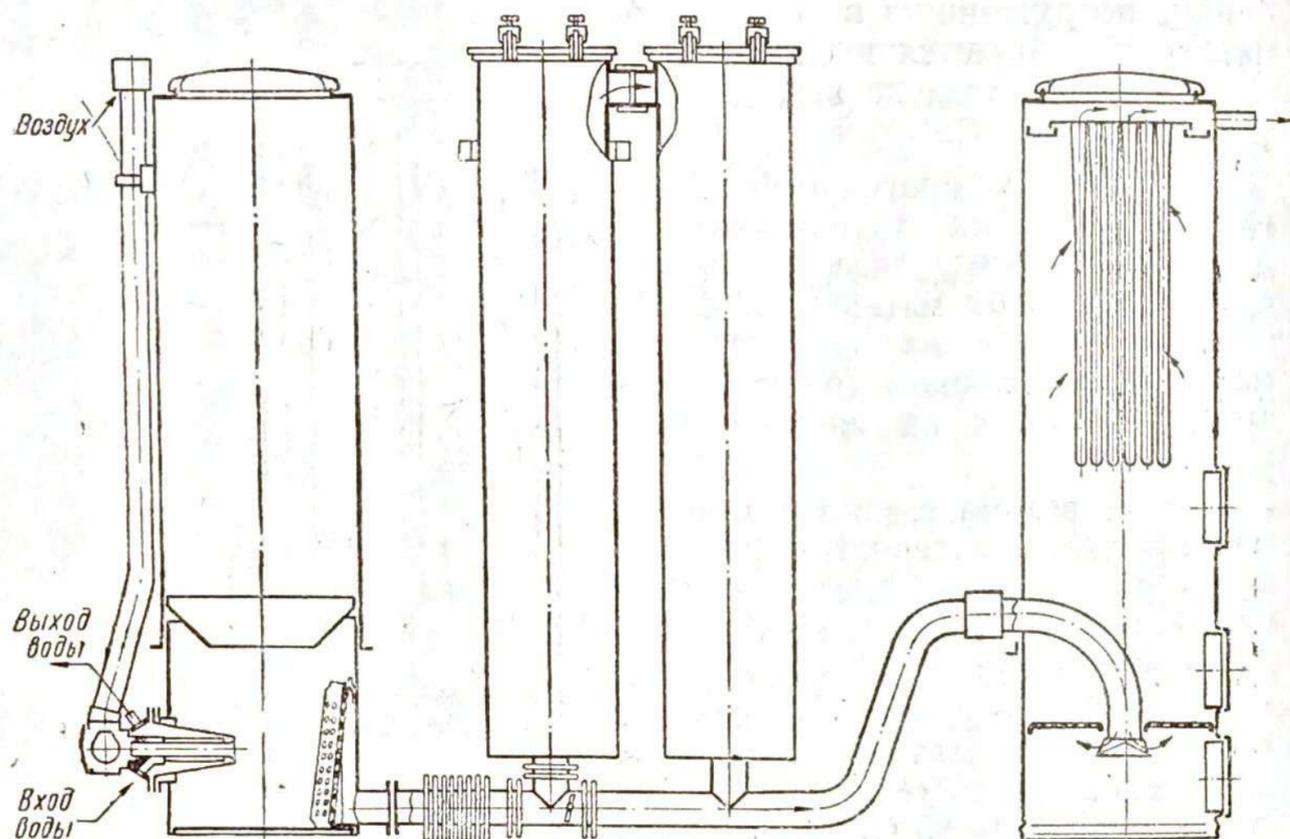


Рис. 54. Схема древесно-угольной газогенераторной установки НАТИ Г-21-А2 для автомобиля ГАЗ-АА.

лива проходят через активную зону и участвуют в процессе газообразования. Поэтому генераторный газ имеет невысокую влажность и не содержит смол.

В древесно-угольных газогенераторных установках НАТИ (Г-21-А2 и Г-23-А2) очистка газа матерчатыми фильтрами и коксом применена в сочетании с газогенератором горизонтального процесса газификации (рис. 54). Надежная работа матерчатого фильтра в этом случае обеспечивается регулированием температуры поступающего в очиститель газа с помощью заслонки и перепускной трубы. Это устройство позволяет, в случае необходимости, осуществить подачу в фильтр более горячего газа, минуя грубые очистители, которые имеют развитую поверхность охлаждения.

5. ВЕНТИЛЯТОРЫ ДЛЯ РОЗЖИГА ТОПЛИВА В ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ

Розжиг газогенератора в современных автомобильных газогенераторных установках обычно осуществляется центробежным вентилятором с электрическим или, реже, ручным приводом.

По схеме включения вентилятор может быть отсасывающим или нагнетающим. Отсасывающие вентиляторы чаще всего включаются в газопровод перед смесителем двигателя для того, чтобы после розжига газогенератора горячий газ был подведен возможно ближе к двигателю (см. рис. 40 и 45). Газогенераторная установка работает при этом, как обычно, под разрежением.

Нагнетающий вентилятор подает воздух в газогенератор, а газ выходит через открытый зольниковый (см. рис. 22) или загрузочный люк (см. рис. 34) или проталкивается через всю газогене-

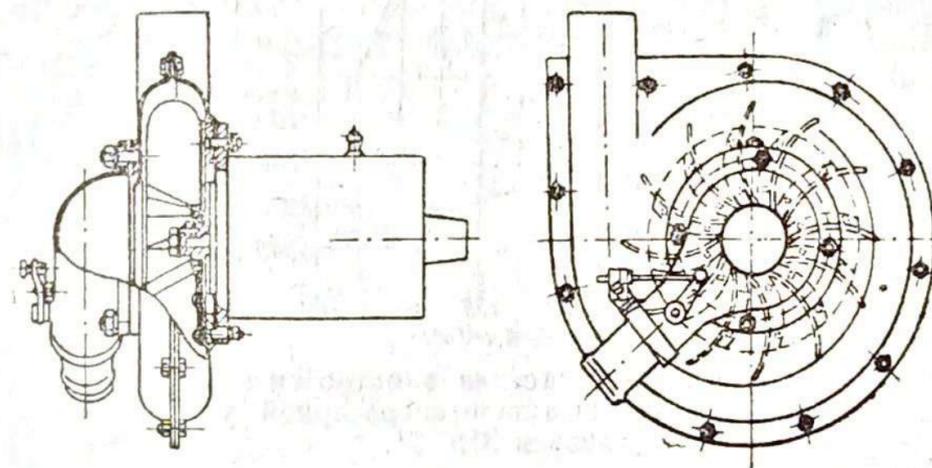


Рис. 55. Электровентилятор для розжига газогенераторной установки ЗИС-21.

раторную установку и выходит через воздушный патрубок смесителя. При нагнетании воздуха, источник тепла (факел) вводится в газогенератор перед включением вентилятора.

Для максимального сокращения времени розжига вентилятор должен иметь возможно более высокую производительность, которая, однако, ограничивается большой затратой энергии. Обычно мощность электровентиляторов составляет 100—200 вт. При этом их рабочая производительность колеблется в пределах от 40 до 120 м³/час.

На рис. 55 показан электровентилятор газогенераторной установки ЗИС-21, а на рис. 56 дана характеристика этого вентилятора.

Как видно из диаграммы, наибольший создаваемый вентилятором перепад давлений составляет ≈ 180 мм вод. ст., а наибольшая производительность ≈ 200 м³/час. Одновременно с увеличением производительности растет число оборотов вентилятора и сила тока. Наибольший к. п. д. электровентилятора соответствует расходу воздуха в 140 м³/час.

Рис. 57 дает наглядное представление о фактической производительности вентилятора в зависимости от того, в каком месте газогенераторной установки он включен.

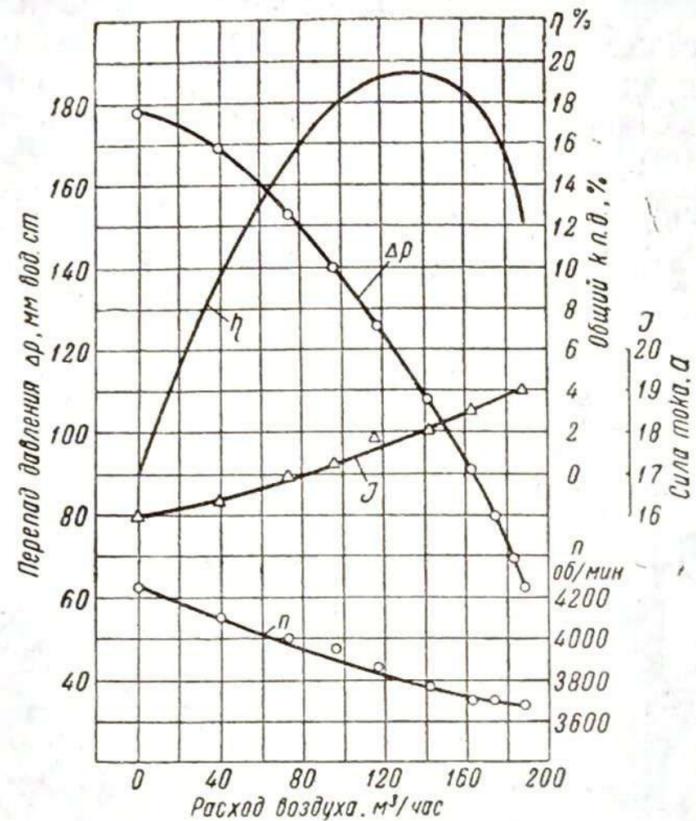


Рис. 56. Характеристика электроventилятора для розжига газогенераторной установки ЗИС-21.

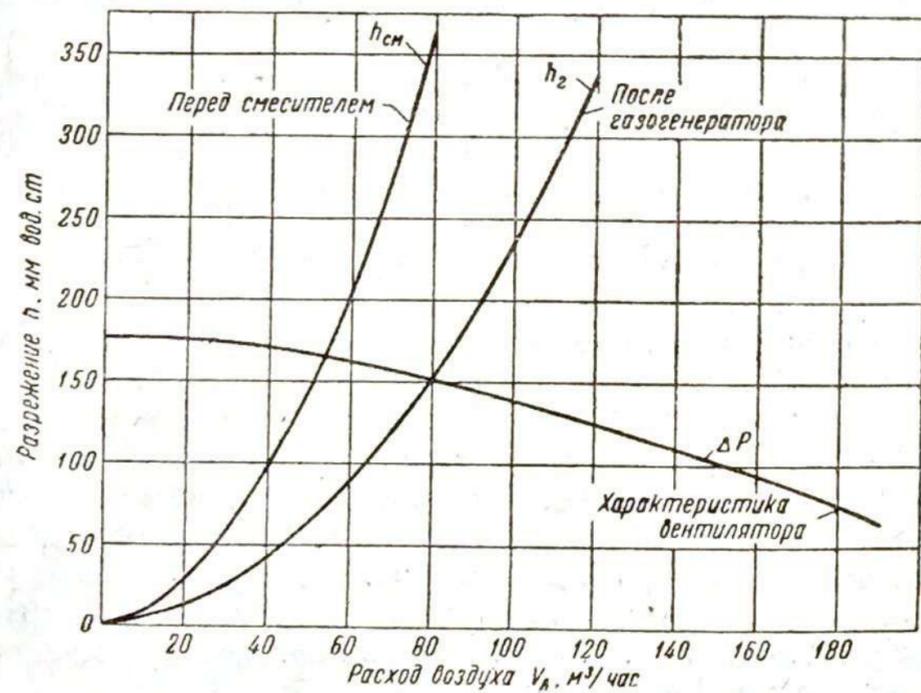


Рис. 57. Производительность ventилятора ЗИС-21 в зависимости от места его включения в систему газогенераторной установки.

Если электроventилятор будет отсасывать газ непосредственно из газогенератора (и тут же выкидывать газ в атмосферу), его производительность будет наибольшей (80 м³/час при $\Delta p = 150$ мм вод. ст.), а время розжига наименьшим. Однако в этом случае очистительная система не будет заполнена газом, и запуск двигателя на газе будет затруднен.

При включении ventилятора перед смесителем, его производительность составит только 53 м³/час ($\Delta p = 165$ мм вод. ст.), и продолжительность розжига, соответственно, увеличится. Однако вся система будет заполнена газом, и запуск двигателя будет облегчен.

Для сокращения времени розжига электроventилятор может быть включен перед газогенератором, причем образующийся газ выталкивается наружу через открытый клапан специальной трубы, находящейся за газогенератором. После того, как получится горючий газ, клапан трубы закрывается, и вся установка заполняется газом, нагнетаемым электроventилятором.

II. ГАЗОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Двигатели внутреннего сгорания, для которых топливом служит горючий газ, называются газовыми.

По принципу работы газовые двигатели аналогичны двигателям карбюраторным.

Любой карбюраторный двигатель может быть приспособлен для работы на газе путем замены карбюратора смесителем, в котором происходит приготовление газозвушной смеси. На рис. 58 показаны три типа обычно применяемых смесителей. На схеме *в* изображен простейший двухструйный смеситель-тройник с пересекающимися потоками газа и воздуха. Количество засасываемой в двигатель смеси регулируется дроссельной заслонкой 1, а качество смеси — воздушной заслонкой 2, которая изменяет количество поступающего в смеситель воздуха. Обычно эта заслонка связана с рычагом, установленным на рулевой колонке, и регулируется шофером „от руки“. В этом отношении смеситель является менее совершенным прибором, чем карбюратор, в котором качество смеси поддерживается автоматически.

На схемах *а* и *б* показаны эжекционные смесители. В первом из них *а* газ подводится внутрь корпуса смесителя 3 через сопло 4, а воздух засасывается через кольцевой зазор 5 вокруг сопла. Во втором смесителе *б* из центра подается воздух, а по периферии — газ.

Сопротивление смесителей типа *а* и *б* несколько меньше, чем смесителя *в*, так как в них используется эжектирующий эффект.

Газозвушная смесь выгодно отличается от бензовоздушной смеси своими высокими антидетонационными качествами, а также тем, что в цилиндрах двигателя не происходит конденсации топлива и разжижения смазки, что обычно увеличивает износ двигателя.

С другой стороны, наличие в генераторном газе пыли, а иногда и сернистых соединений увеличивает абразивный и коррозионный износ трущихся поверхностей двигателя, так что иногда, при недостаточно совершенной очистке генераторного газа, износ двигателя может быть больше, чем при работе на бензине.

Основным недостатком генераторного газа является его низкая теплотворная способность (1150—1350 кал/м³), а также низкая теплотворная способность газозвушной смеси (550—610 кал/м³ вместо 830—850 кал/м³ для бензовоздушной смеси). В результате

этого и ряда других, указанных ниже, причин литровая мощность двигателей газогенераторных автомобилей обычно не превышает 7—13 л. с/л, в то время как для бензиновых двигателей она равна 13—30 л. с/л.

Бензиновые двигатели, переведенные на генераторный газ без каких-либо переделок (за исключением замены карбюратора смесителем), теряют от 40 до 50% своей мощности.

Как известно, мощность четырехтактного двигателя может быть выражена следующей формулой:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{900} \text{ л. с.}, \quad (1)$$

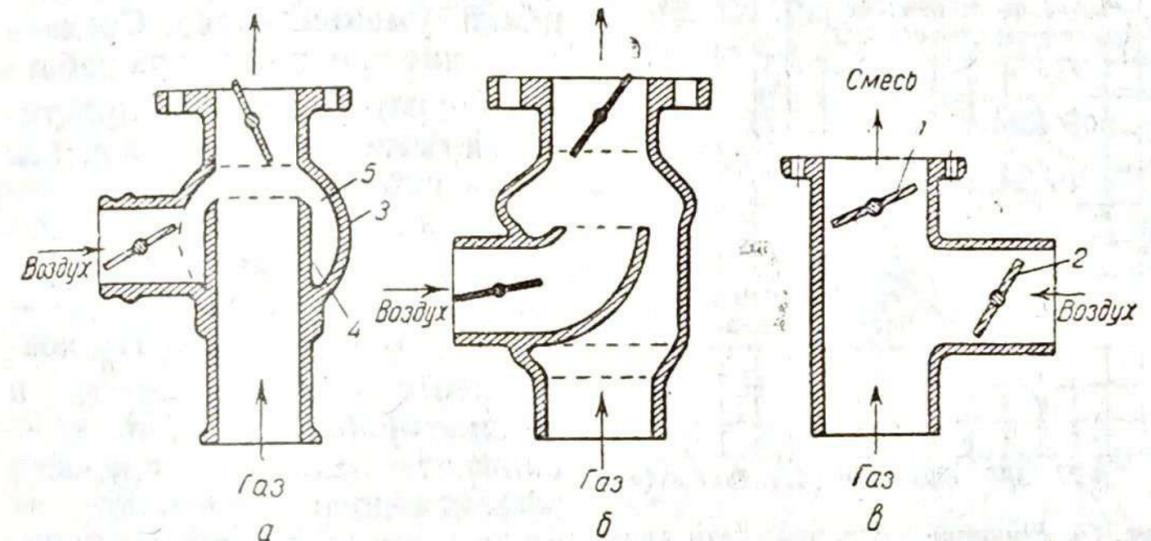


Рис. 58. Схемы смесителей газа и воздуха.

где: P_e — среднее эффективное давление в кг/см²;
 V_h — литраж двигателя в л;
 n — число оборотов в минуту.

Среднее эффективное давление P_e , в свою очередь, может быть представлено в виде:

$$P_e = 0,0427 H_g \cdot \gamma_{см} \cdot \eta_v \cdot \eta_i - P_T \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

где: H_g — теплотворная способность смеси в кал/кг;
 $\gamma_{см}$ — удельный вес смеси в кг/м³ при условиях окружающей среды, а при наличии нагнетателя — за нагнетателем;
 η_v — коэффициент наполнения двигателя;
 η_i — индикаторный к. п. д.;
 P_T — среднее давление трения в кг/см².

Из формулы (2) видно, что понижение теплотворной способности газозвушной смеси H_g уменьшает величину среднего эффективного давления. Кроме того, величины коэффициента наполнения двигателя η_v и индикаторного к. п. д. η_i , при работе

двигателя на генераторном газе, также изменяются в худшую сторону.

Коэффициент наполнения η_v уменьшается как за счет более высокой температуры газовой смеси, так и за счет дополнительного сопротивления газогенераторной установки, которая (в ряде случаев) создает большее сопротивление на линии всасывания, чем карбюратор.

Индикаторный к. п. д. уменьшается потому, что газозвушная смесь имеет меньшую скорость сгорания, а продукты горения газозвушной смеси имеют меньший объем по сравнению со свежей смесью (коэффициент молекулярного изменения уменьшается). Среднее давление трения P_T при работе на генераторном газе практически остается таким же, как и при работе на бензине.

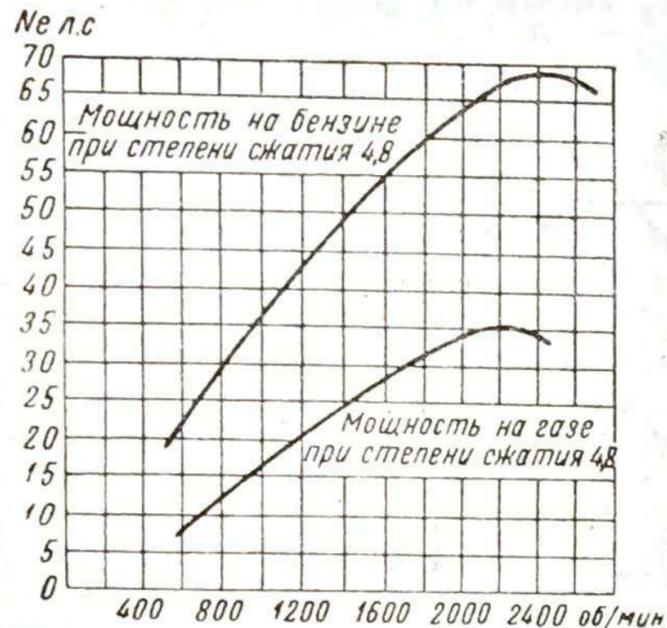


Рис. 59. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5 при работе на бензине и генераторном газе (с одинаковой степенью сжатия $\epsilon = 4,8$).

на кривой внешней характеристики в сторону меньшего числа оборотов (см. рис. 59).

Для повышения теплотворной способности газозвушной смеси применяется метод присадки к ней некоторого количества жидкого топлива в момент полного открытия дроссельной заслонки смесителя (экономайзерная присадка).

В этом случае смеситель соединяется с карбюратором (рис. 60), дроссельная заслонка которого начинает открываться после того, как основной дроссель откроется примерно на $5/6$ полного угла. За оставшуюся $1/6$ часть угла до полного открытия главного дросселя рычаг последнего, воздействуя на дроссельную заслонку карбюратора, открывает ее полностью. В случае присадки 60% жидкого топлива (считая за 100% обычный расход бензинового двигателя) мощность газового двигателя составляет $\sim 80\%$ мощности бензинового двигателя (рис. 61).

Эксплуатационный расход жидкого топлива, при экономайзерной присадке, обычно составляет 20—30% нормального, так как двигатель в нормальных условиях эксплуатации редко работает

на режиме максимальных нагрузок, когда дается присадка жидкого топлива.

Поскольку этот метод все же требует расхода значительного количества бензина, что противоречит основной идее применения газогенераторных автомобилей, работающих на местных видах твердого топлива, он не получил значительного распространения. Возможными и применяемыми в настоящее время методами повышения мощности двигателей газогенераторных автомобилей являются: увеличение η_i , η_v и повышение плотности смеси $\gamma_{см}$ перед ее поступлением в двигатель путем наддува.

Таким образом, уменьшение трех важнейших параметров — теплотворной способности рабочей смеси H_g , коэффициента наполнения η_v и индикаторного к. п. д. η_i — снижает величину среднего эффективного давления на всем диапазоне чисел оборотов, что приводит к соответствующему падению мощности и смещению ее максимума

на режиме максимальных нагрузок, когда дается присадка жидкого топлива.

Поскольку этот метод все же требует расхода значительного количества бензина, что противоречит основной идее применения газогенераторных автомобилей, работающих на местных видах твердого топлива, он не получил значительного распространения.

Возможными и применяемыми в настоящее время методами повышения мощности двигателей газогенераторных автомобилей являются: увеличение η_i , η_v и повышение плотности смеси $\gamma_{см}$ перед ее поступлением в двигатель путем наддува.

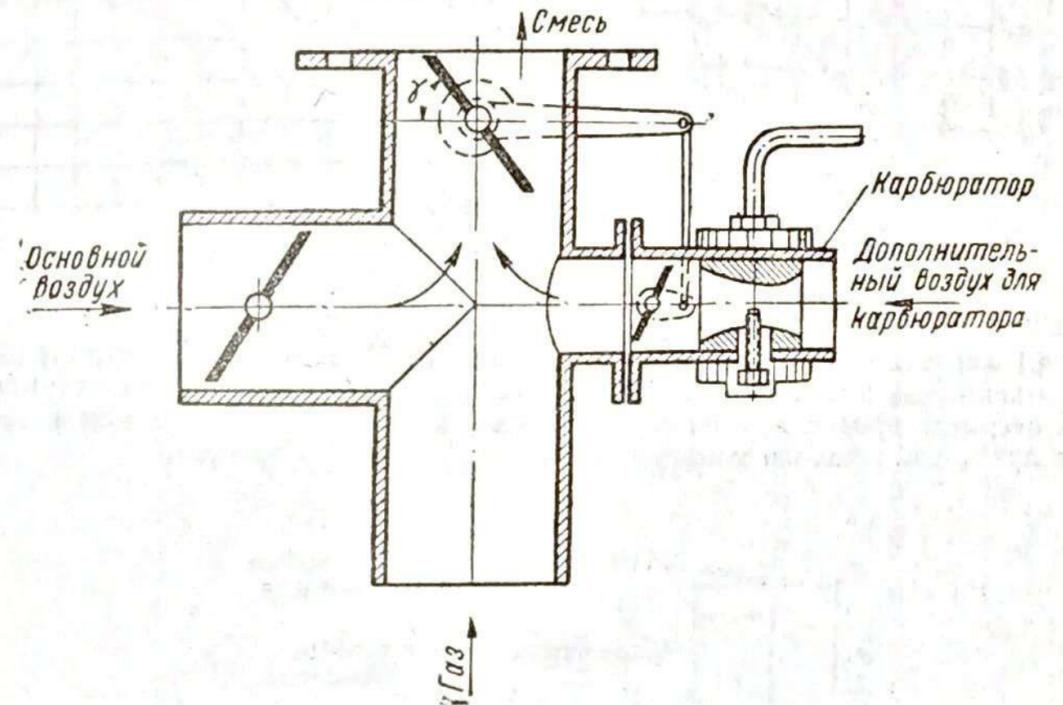


Рис. 60. Схема смесителя с карбюратором для экономайзерной присадки к газозвушной смеси жидкого топлива.

Известно, что величина индикаторного к. п. д. зависит от степени сжатия и формы камеры сгорания (рис. 62):

$$\eta_i = \mu \left(1 - \frac{1}{\epsilon^m - 1} \right), \quad (3)$$

где: μ — коэффициент, характеризующий камеру горения;

ϵ — степень сжатия;

m — показатель, который можно принять равным $\sim 1,23$.

Так как газозвушная смесь обладает высокими антидетонационными качествами, степень сжатия в газовых двигателях обычно повышают до 6,5—8,5.

Дальнейшее повышение степени сжатия затрудняет проверку двигателя при запуске, требует установки на двигателе более мощного и сложного электрооборудования и увеличивает напряжение и износ в деталях шатунно-кривошипного механизма.

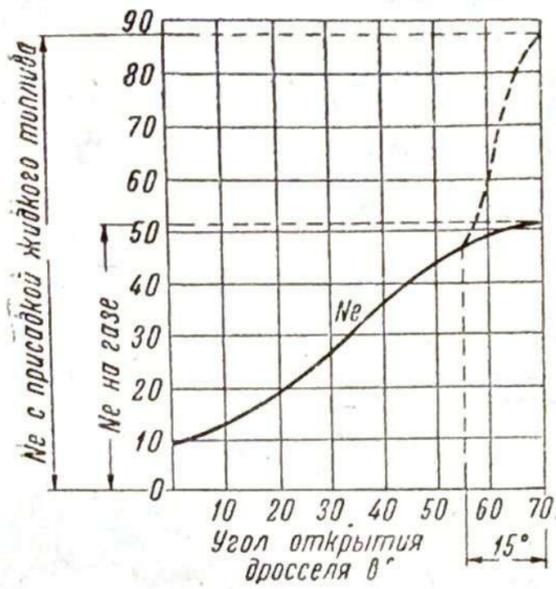


Рис. 61. Характер изменения мощности двигателя в зависимости от угла открытия дросселя смесителя с присадкой жидкого топлива.

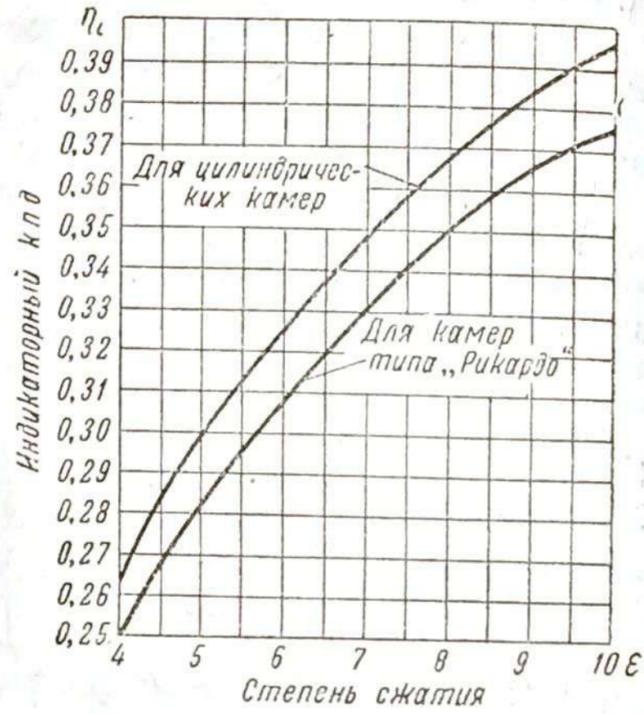


Рис. 62. Изменение индикаторного к. п. д. в зависимости от степени сжатия для двух типов камер сгорания.

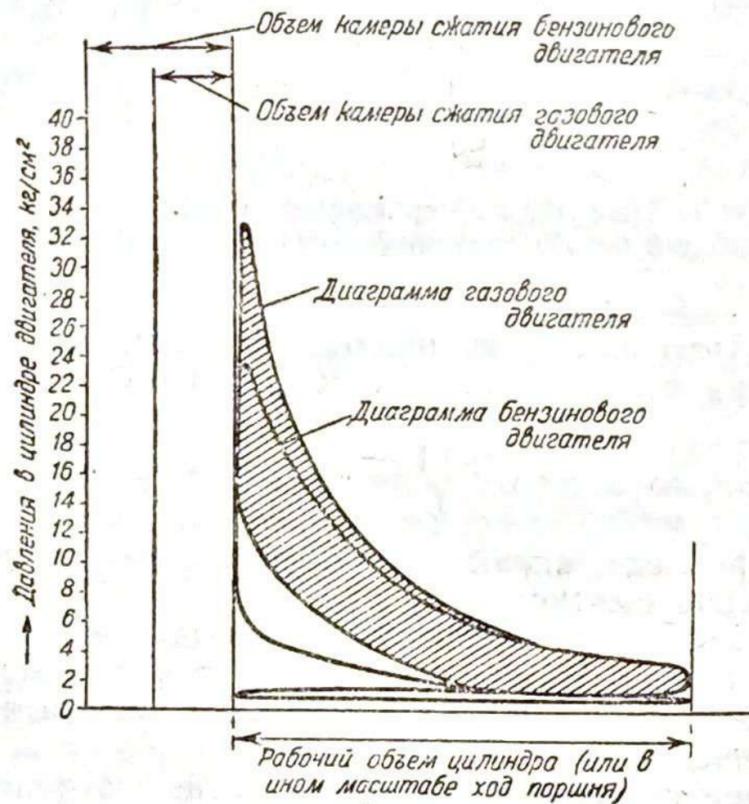


Рис. 63. Индикаторные диаграммы двигателя при работе на бензине (с нормальной степенью сжатия) и генераторном газе (с повышенной степенью сжатия).

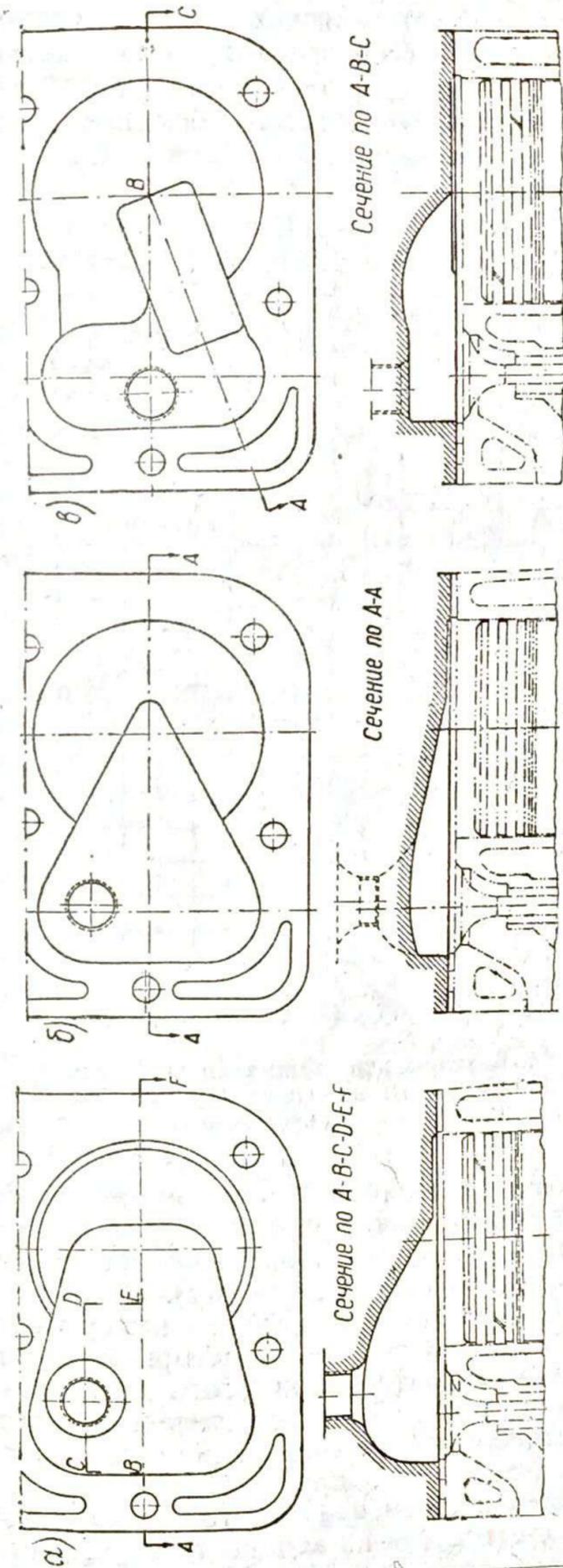


Рис. 64. Формы камеры сгорания двигателя ГАЗ-А при различных степенях сжатия: а — обычная камера бензинового двигателя при $\epsilon = 4,2$; б — камера газового двигателя при $\epsilon = 6,4$; в — то же при $\epsilon = 7,4$.

На рис. 63 приведены теоретические индикаторные диаграммы двигателя при его работе на бензине с малой степенью сжатия и на генераторном газе с большой степенью сжатия. Несмотря на меньшее среднее индикаторное давление, рабочее давление газов в цилиндрах газового двигателя больше, чем у бензинового, за счет высокой степени сжатия.

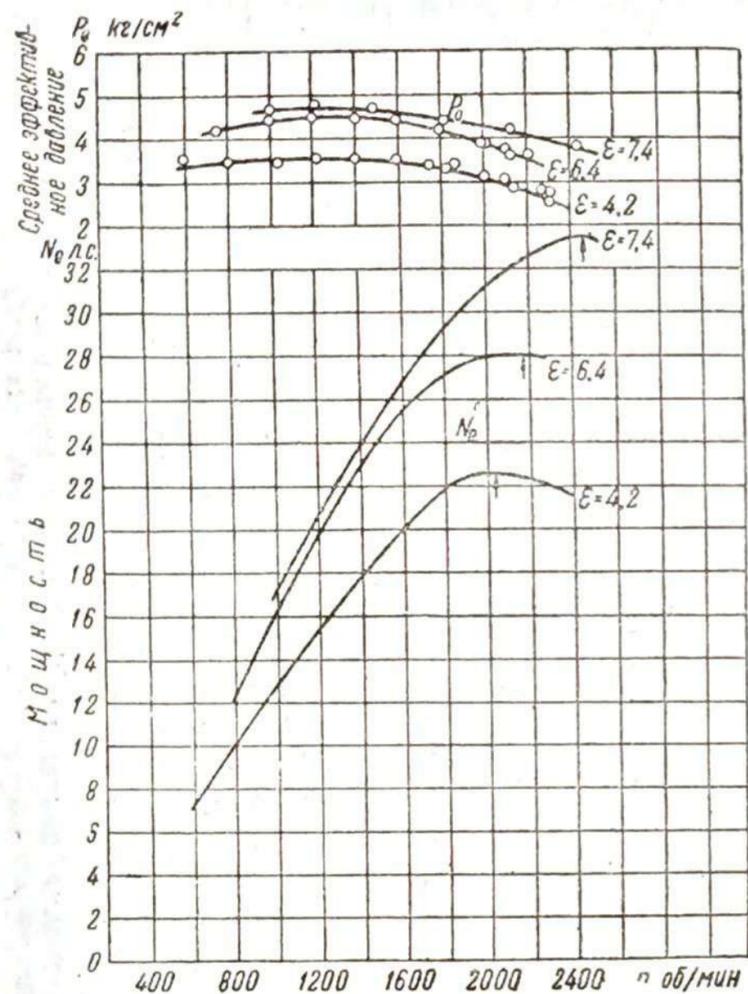


Рис. 65. Внешние характеристики двигателя ГАЗ-А при работе на генераторном газе с различными степенями сжатия.

Вследствие большей величины давления конца сжатия, в газовых двигателях приходится, при существующем электрооборудовании, уменьшать зазор между электродами свечей до 0,20—0,25 мм (для получения надежной искры).

На рис. 64 показано изменение формы камеры горения двигателя ГАЗ-А при переводе его на генераторный газ, а на рис. 65 приведены внешние характеристики этого двигателя при работе на генераторном газе с различными степенями сжатия.

В результате применения головки блока со степенью сжатия $\epsilon = 7,4$ мощность двигателя, при работе на газе, получается только на 21% меньше, чем при работе на бензине, в то время как при степени сжатия $\epsilon = 4,2$ мощность падает на 44%.

Следует отметить, что при нижнем расположении клапанов увеличение степени сжатия выше 6—7 сопровождается заметным снижением коэффициента наполнения, так как при этом значительно уменьшаются проходные сечения в камере сгорания.

На рис. 66 показан внешний вид двигателя ГАЗ-А со стороны всасывающего коллектора, конвертированного для работы на генераторном газе с минимальными изменениями, т. е. только путем смены головки и установки смесителя. Последний смонтирован между всасывающей трубой и стандартным карбюратором, который применяется для запуска двигателя на бензине и при маневрировании автомобиля в гараже с холодным газогенератором. Конвертированный таким образом двигатель развивает 28 л. с. вместо 40 л. с. на бензине. Следовательно, падение мощности составляет 30%.

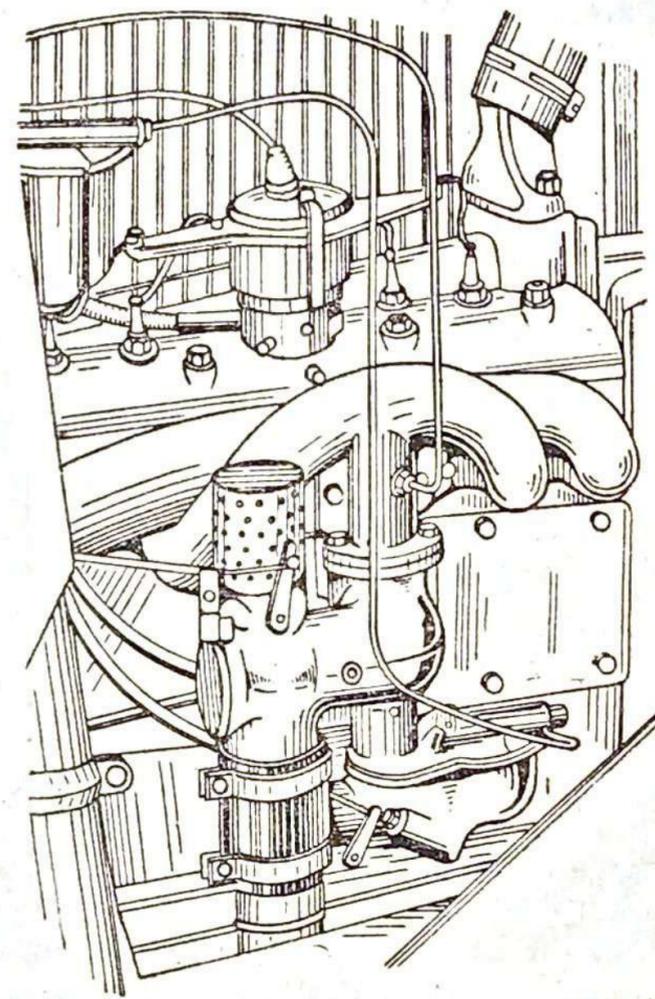


Рис. 66. Внешний вид двигателя ГАЗ-А, переоборудованного для работы на генераторном газе, без устранения подогрева и с использованием нормального карбюратора.

Повышение мощности газовых двигателей путем увеличения коэффициента наполнения достигается как за счет устранения подогрева газовой смеси, так и за счет уменьшения сопротивлений во всасывающей системе.

Коэффициент наполнения выражается следующим уравнением теплового расчета:

$$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T_o + \Delta T + \gamma T_r}, \quad (4)$$

где: ϵ — степень сжатия;
 P_a — давление всасывания;
 γ — коэффициент остаточных газов;
 P_o и T_o — давление и температура окружающей среды, а при наличии нагнетателя — за нагнетателем;
 T_r — температура остаточных газов;
 ΔT — температура подогрева с учетом охлаждения газа при смешении его с воздухом в смесителе.

Как следует из приведенного уравнения, чем больше будет давление всасывания P_a и меньше температура подогрева ΔT , тем больше будет значение коэффициента наполнения η_v .

Уменьшение коэффициента наполнения, а значит, и мощности двигателя с увеличением подогрева газовой смеси не следует смешивать с падением мощности вследствие поступления газа при высокой температуре, когда, помимо уменьшения плотности заряда, происходит снижение его теплотворной способности за счет присутствия несконденсировавшихся водяных паров (обычно влажность поступающего в двигатель газа соответствует точке росы при данной температуре).

На рис. 67 показано влияние температуры газа на мощность двигателя. Увеличение температуры газа с 20 до 70°C снижает мощность на 25%, в то время как при той же температуре подогрева смеси уменьшение мощности составляет примерно 12%.

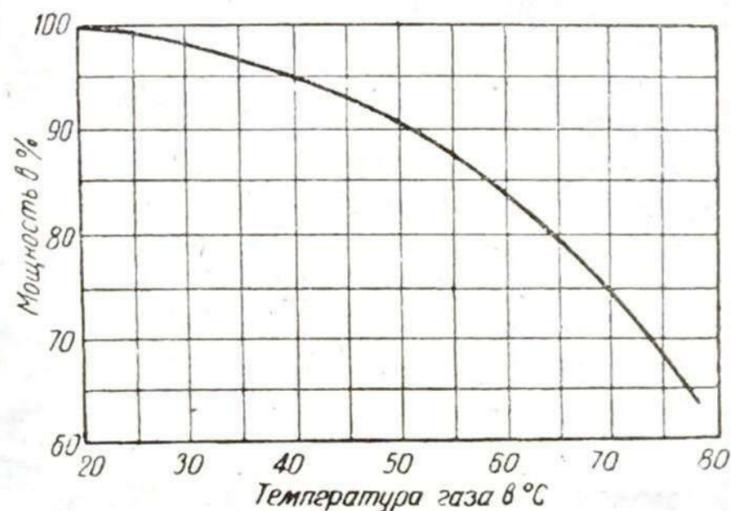


Рис. 67. Влияние температуры генераторного газа на мощность двигателя.

Для устранения подогрева и уменьшения потери давления при всасывании в современных газовых двигателях всасывающий коллектор отделяют от выхлопного и делают его большего сечения. Это дает дополнительное увеличение мощности на 5% (по отношению к мощности, развиваемой двигателем на газе без этих переделок).

Указанное мероприятие, при одновременном повышении степени сжатия двигателя до 6—7, дает возможность иметь мощность при работе на генераторном газе только на 20—30% меньшую, чем на бензине.

Двигатели отечественных газогенераторных автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21 конвертированы из бензиновых двигателей ГАЗ-А и ЗИС-5, с использованием указанных выше переделок.

На рис. 68 показан внешний вид двигателя ГАЗ-42, имеющего головку блока со степенью сжатия $\epsilon = 6,5$ и отдельный всасывающий коллектор увеличенного сечения, к нижнему патрубку которого присоединен смеситель. Пусковой карбюратор смонтирован сбоку всасывающего коллектора.

С этими изменениями двигатель ГАЗ-42 развивает при работе на газе 31—32 л. с., при $n = 2200$ об/мин., вместо 40 л. с., развиваемых двигателем ГАЗ-А при работе на бензине.

Двигатель ЗИС-21, конвертированный для работы на газе аналогичным способом, развивает мощность 45—46 л. с. вместо 72 л. с. на бензине.

Дальнейшее увеличение мощности конвертируемых двигателей можно получить в результате более серьезных изменений головки блока путем перестановки всасывающего клапана наверх (рис. 69) и повышения степени сжатия до 8—9.

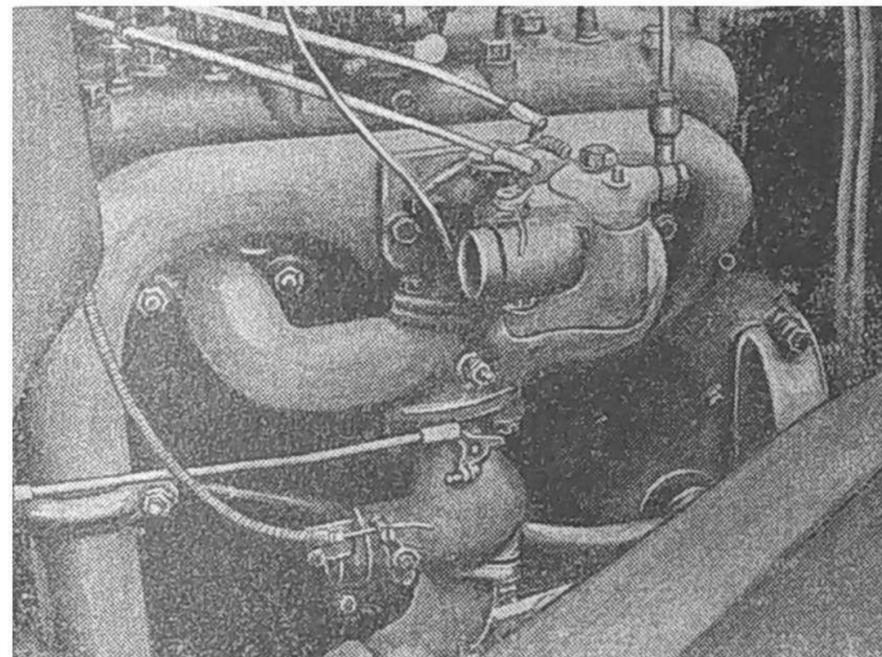


Рис. 68. Внешний вид двигателя ГАЗ-42, переоборудованного для работы на генераторном газе из двигателя ГАЗ-А (с устранением подогрева).

При этом становится возможным увеличить не только сечение всасывающего коллектора, но и проходное сечение всасывающего клапана, что, наряду с его верхним расположением, позволяет значительно повысить величину коэффициента наполнения.

По этому принципу в НАТИ инж. В. А. Колосовым и М. С. Бурковым была осуществлена головка блока для конвертирования двигателя ЗИС-5. На рис. 70 приведен поперечный разрез этого двигателя ЗИС-ВК («Верхний клапан»). Новая головка блока ($\epsilon = 8,5$) имеет компактную камеру сгорания, расположенную над выхлопным клапаном; в верхней части камеры наклонно смонтирована свеча. Подвесной всасывающий клапан с большим проходным сечением расположен непосредственно над поршнем двигателя. Привод всасывающих клапанов осуществляется от стандартного кулачкового вала посредством штанг и коромысел. Коромысла качаются на валике, укрепленном на стойках сверху головки, которая закрыта колпаком. Вследствие увеличения веса,

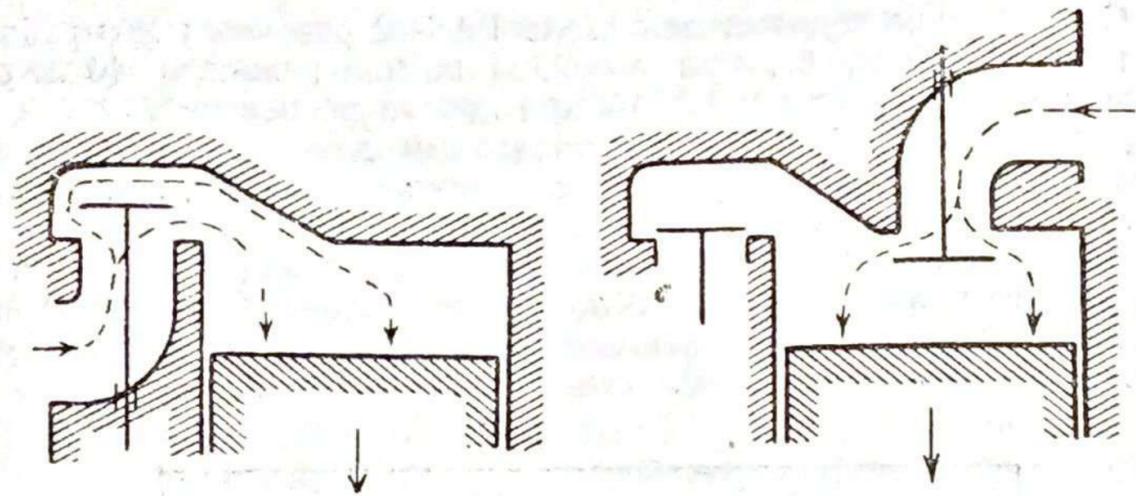


Рис. 69. Схема наполнения цилиндра двигателя свежей смесью при нижнем и верхнем расположении всасывающего клапана.

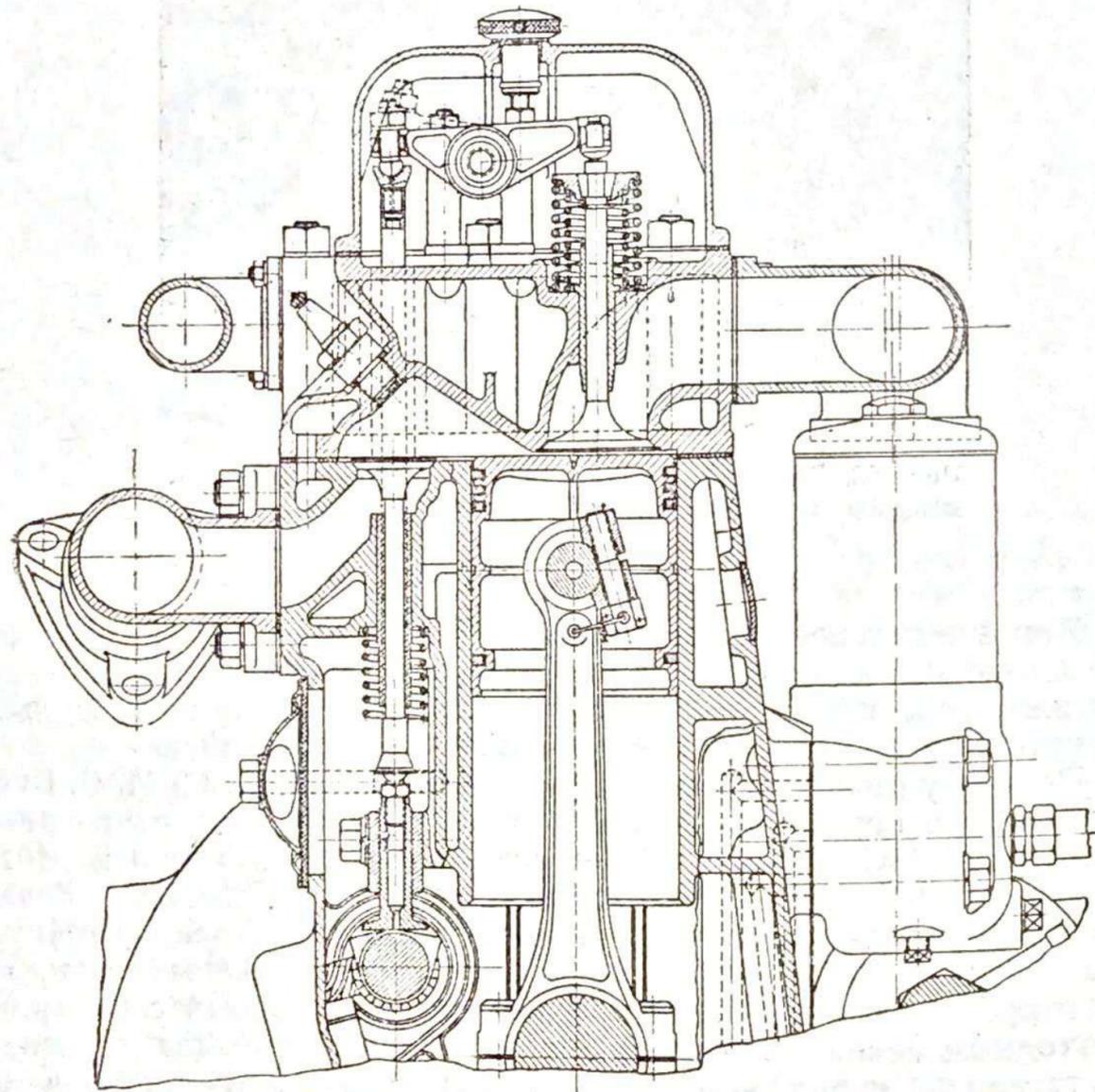


Рис. 70. Поперечный разрез двигателя ЗИС-ВК, переоборудованного для работы на генераторном газе (из двигателя ЗИС-5) путем установки головки блока с верхними всасывающими клапанами.

а следовательно, и силы инерции возвратно движущихся масс деталей привода, на всасывающем клапане установлены две пружины.

Всасывающий коллектор увеличенного сечения смонтирован со стороны, противоположной выхлопному коллектору, что полностью устраняет подогрев газовой смеси. При этом для размещения всасывающего коллектора потребовалось уменьшить высоту масляного фильтра.

Для лучшего отвода воды, охлаждающей головку блока, с левой ее стороны установлена дополнительная водяная труба, соединяющая заднюю часть головки непосредственно с выходным патрубком.

Таким образом, при конвертировании двигателя ЗИС-5 по новому способу требуется замена старой головки на новую, изъятие из боковой клапанной коробки „старых“ всасывающих клапанов (с пружинами), установка новых деталей привода и подвесных клапанов, а также незначительная переделка масляного фильтра. Двигатель с такими переделками при работе на газе с древесно-чурочной газогенераторной установкой ЗИС-21 развивал мощность, равную 68,5 л. с. при $n = 2400$ об/мин.

На рис. 71 приведена внешняя характеристика этого двигателя. Для сравнения даны внешние характеристики бензинового двигателя ЗИС-5 и газогенераторного двигателя ЗИС-21, конвертированного обычным методом. В табл. 21 приведен баланс мощности двигателя ЗИС-5 при конвертировании его с бензина на генераторный газ без всяких изменений и с изменениями, имеющимися в двигателе ЗИС-ВК.

Из таблицы видно, что основными причинами повышения мощности в данном случае являются высокое значение коэффициента наполнения двигателя ($\eta_v = 0,64$), а также высокая степень сжатия ($\epsilon = 8,5$). Кроме того, дополнительное увеличение мощности происходит за счет меньшей продолжительности сгорания заряда смеси в результате удачной формы камеры сгорания.

Вследствие этого мощность двигателя ЗИС-ВК только на 4,8%

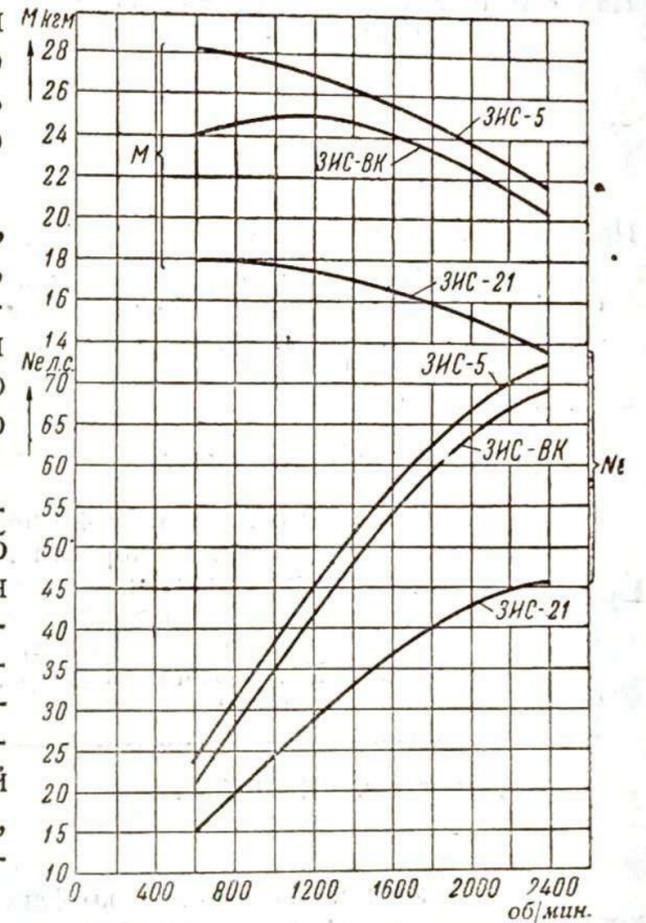


Рис. 71. Внешние характеристики двигателей ЗИС-5 на бензине, ЗИС-21 и ЗИС-ВК—на генераторном газе.

ниже, чем мощность двигателя ЗИС-5 при работе на бензине. Литровая мощность двигателя ЗИС-ВК равна 12,3 л. с/л.

Таблица 21

Наименование параметров, влияющих на мощность двигателя	Коэффициент изменения индикаторной мощности	Мощность, л. с.			
		индикаторная N_i	трения N_T	эффективная N_e	
Двигатель ЗИС-5 на бензине	1,00	95	23	72	
Причина снижения $N_i^{бенз}$ при переводе на газ без изменений	Снижение теплотворной способности смеси	0,71			
	Ухудшение наполнения	0,86			
	Низкая скорость сгорания смеси	0,985			
Двигатель ЗИС-5 на газе	0,60	57	23	34	
Причина увеличения $N_i^{газ}$	1,00				
	Повышение ϵ с 4,6 до 8,5				1,30
	Снижение скорости всасывания на 50%				1,14
	Перенесение всасывающего клапана вверх				1,05
Устранение подогрева смеси	1,045				
Двигатель ЗИС-ВК на газе	1,62	92,3	24*	68,3	

Примечание. Суммарный коэффициент изменения индикаторной мощности получается путем перемножения отдельных коэффициентов.

Современные бензиновые двигатели имеют довольно высокую степень сжатия (порядка 5,6—6,5) и форсированы по оборотам. Поэтому, при конвертировании этих двигателей с бензина на генераторный газ, имеется меньше возможностей для устранения падения мощности, и указанный выше способ перенесения всасывающего клапана вверх является наиболее эффективным. Однако даже в этом случае не удается достигнуть мощности, близкой к развиваемой на бензине, и падение мощности составляет от 30 до 35%.

За последнее время, с целью повышения мощности двигателей газогенераторных автомобилей, получил распространение способ наддува.

При наддуве повышается плотность газовой смеси, вследствие чего увеличивается величина среднего эффективного давления P_e . В результате этого можно получить значительное

* Мощность трения выше на 1 л. с. за счет повышения степени сжатия и усложнения конструкции привода ко всасывающему клапану.

повышение мощности двигателя, не прибегая к повышению степени сжатия или другим, описанным выше, мероприятиям.

Для наддува обычно используются поршневые, коловратные или центробежные нагнетатели, имеющие механический привод или приводимые в действие выхлопными газами двигателя.

По схеме включения нагнетателя наддув может быть осуществлен в двух вариантах:

- наддув газовой смеси в двигатель (рис. 72);
- наддув воздуха в газогенератор и смеситель двигателя (рис. 73).

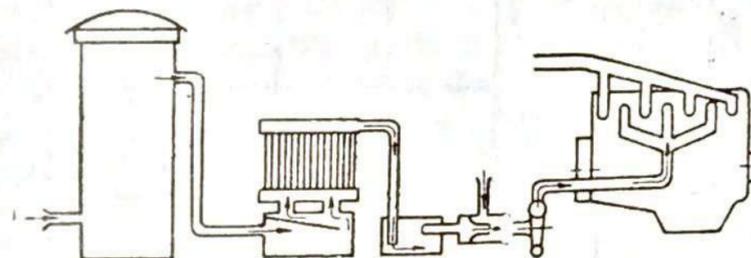


Рис. 72. Схема наддува газовой смеси в двигатель.

В первом случае нагнетатель включается между смесителем и всасывающим коллектором двигателя. Газогенераторная установка, как и обычно, работает под разрежением, причем, вследствие увеличенного расхода газа и большей скорости его прохождения

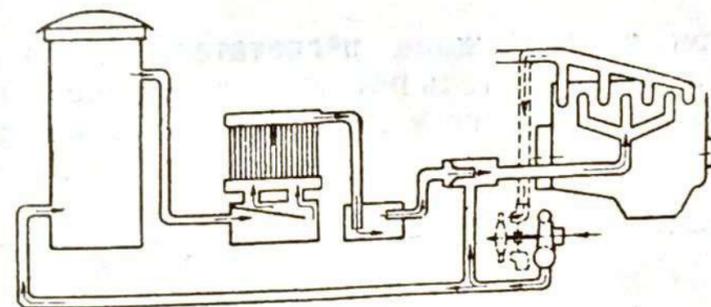


Рис. 73. Схема наддува воздуха в газогенераторную установку и в смеситель двигателя; привод нагнетателя от газовой турбины.

через газогенератор, сопротивление последнего возрастает. В случае применения к двигателям газогенераторных автомобилей этот способ имеет тот недостаток, что нагнетатель засоряется пылью и смолой (которые могут содержаться в газе) и поэтому быстро изнашивается.

По второй схеме нагнетатель засасывает чистый воздух и подает его в газогенератор и смеситель двигателя. В результате этого газогенераторная установка работает под небольшим избыточным давлением.

Использование для вращения нагнетателя энергии выхлопных газов двигателя позволяет значительно сократить затраты мощно-

сти на нагнетатель. Обычно такой нагнетатель, соединенный с газовой турбиной в одном агрегате, устанавливается отдельно от двигателя на пути следования выхлопных газов к глушителю.

В табл. 22 приведены примерные данные по мощности двигателя при его работе без наддува и с наддувом, осуществленным различными нагнетателями (при одинаковом давлении наддува, примерно, 1,6 кг/см²).

Из приведенных в табл. 22 данных видно, что при объемном нагнетателе получается меньший прирост эффективной мощности дви-

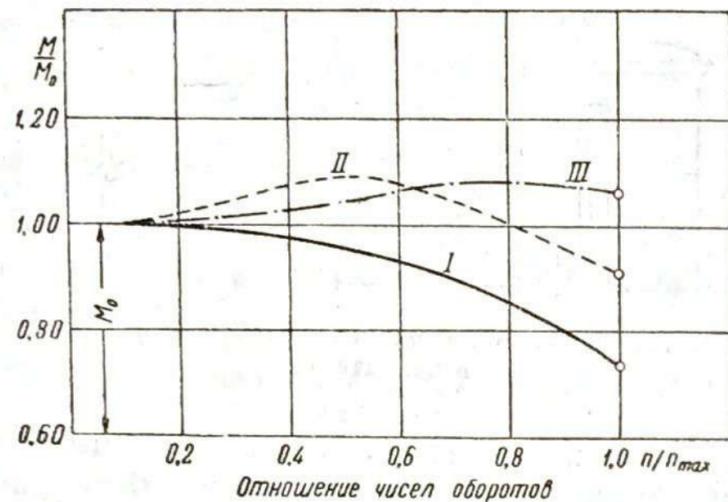


Рис. 74. Кривые крутящего момента двигателя без наддува (I) и при наддуве объемным (II) и центробежным (III) нагнетателями.

(рис. 74). Это, при наличии механического привода, обеспечивает автомобилю лучшую приемистость, чем может дать центробежный нагнетатель, особенно если его привод осуществляется от газовой турбины.

Если сочетать наддув с повышением степени сжатия или другими рассмотренными выше мероприятиями по повышению мощности, то можно при работе на генераторном газе иметь такую же литровую мощность, как и у бензиновых двигателей.

Пределом, ограничивающим форсирование конвертируемых двигателей, в этом случае будет являться прочность шатунно-кривошипного механизма двигателя и тепловая напряженность.

В ряде случаев целесообразно строить специальные газовые двигатели повышенного литража с усиленными деталями силового механизма и специально приспособленным электрооборудованием (с более мощным стартером и более высоким напряжением на электродах свечей).

гателя, чем при центробежном нагнетателе. (Это объясняется тем, что объемный нагнетатель потребляет больше энергии и обуславливает больший подогрев газа на выходе из нагнетателя).

Таблица 22

Наименование параметра	Двигатель без наддува	Двигателя с наддувом		
		нагнетатель объемный	нагнетатель центробежный	нагнетатель центробежный, привод от выхлопных газов
Эффективная мощность, л. с.	75	96	114	132
Прирост мощности, л. с.	—	21	39	57
То же, %	—	28	52	76

Наибольший прирост эффективной мощности получается при центробежном нагнетателе с приводом от газовой турбины. Хотя объемный нагнетатель дает меньшее значение максимальной мощности, но кривая крутящего момента, с уменьшением числа оборотов, поднимается более круто, чем при центробежном нагнетателе

III. РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ

Для определения основных параметров процесса газификации необходимо знать элементарный состав топлива, на котором работает газогенератор, и примерный состав газа, который может быть получен в результате ведения процесса газификации.

В табл. 23 приведены основные данные по элементарному составу топлив, применяемых в транспортных газогенераторах.

Содержание влаги в топливе W^p дано в процентах по весу по отношению к рабочей массе топлива, золы A^c — в процентах по весу по отношению к сухой массе, а остальные компоненты — в процентах по весу по отношению к горючей массе топлива.

Горючая масса топлива состоит из углерода C^r , водорода H^r , кислорода O^r , азота N^r и серы S^r :

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S^r = 100\%$$

Сухая масса топлива состоит из горючей массы и золы. Компоненты сухой массы топлива обозначаются значком „с“:

$$C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + A^c = 100\%$$

Для пересчета состава топлива с горючей массы на сухую пользуются для любого компонента следующей формулой: например, углерод в сухой массе C^c :

$$C^c = \frac{C^r \cdot (100 - A^c)}{100}$$

Рабочая масса топлива состоит из сухой массы и влаги. Компоненты рабочей массы обозначаются значком „р“. Пересчет с сухой массы на рабочую производится для любого компонента по формуле:

$$C^p = \frac{C^c \cdot (100 - W^p)}{100}$$

Пересчет с горючей массы на рабочую производится по формуле:

$$C^p = \frac{C^r \cdot (100 - A^c) \cdot (100 - W^p)}{100 \cdot 100}$$

Таблица 23

Топливо	Содержание влаги на рабочую массу $W^p, \%$	Содержание золы на сухую массу $A^c, \%$	Горючая масса					Теплотворная способность горючей массы $Q^r, \text{ кал/кг}$
			углерод $C^r, \%$	водород $H^r, \%$	кислород $O^r, \%$	азот $N^r, \%$	сера $S^r, \%$	
Дрова	18 — 20	0,4 — 1,0	49,7 — 52,1	6,0 — 6,3	4,25	0,6	—	4700 — 5050
Торф	20 — 24	1,4 — 10	53,6 — 63,7	5,1 — 6,6	33,4	1,6 — 3,7	0,3	5050 — 5990
Древесный уголь	15 — 20	2,0 — 3,0	80,0 — 91,0	2,0 — 4,0	7	16,0	—	6790 — 7940
Подмосковный бурый уголь	28 — 32	10 — 12	62,5 — 72,2	4,4 — 5,6	21,5	10,9 — 2,0	1,5	6290
Карагандинский бурый уголь	25 — 32	9	72 — 75	4,4 — 5,8	17,8	1,4	1,0	6890
Антрацит	4 — 6	3 — 8	91,3 — 96,1	1,4 — 2,8	1,15	1,2	1,0	7970 — 8430
Журицкий полукокс	6 — 8	4 — 8	91,4	2,2	3,5	2,3	0,6	—

Низшая теплотворная способность рабочей массы твердого топлива определяется по формуле Менделеева:

$$Q_n^p = 81 \cdot C^p + 246 \cdot H^p - 26 (O^p - S_n^p) - 6W^p \text{ кал/кг,}$$

где S_n^p — содержание летучей (горючей) серы в рабочем топливе.

В последующих расчетах все компоненты топлива пересчитываются на рабочую массу. При этом для упрощения расчетов содержанием серы в топливе, ввиду незначительности ее количества, можно пренебречь (или отнести к золе топлива).

На основании результатов многократных исследований работы газогенераторов различных систем замечено, что состав генераторного газа, при правильно выбранных напряженности горения и высоте активного слоя, зависит лишь от рода топлива, на котором работает данный газогенератор. Для всех последующих расчетов можно пользоваться составами газа, приведенными в табл. 24. Компоненты газа даны в процентах по объему по отношению к сухому газу.

а) Выход сухого газа из 1 кг рабочего топлива

Учитывая потери углерода топлива в „провале“ (вместе с золой), а также в виде уносов пыли из газогенератора и обозначая их через C_n , получим количество углерода топлива, перешедшее в газ:

$$\frac{C^p - C_n}{100} \text{ кг/кг топлива.}$$

Содержание углерода в газе определяется по следующему уравнению:

$$C_r = \frac{12(CO + CO_2 + CH_4)}{22,4 \times 100} \text{ кг/м}^3 \text{ газа,}$$

где: 12 — молекулярный вес углерода;

22,4 — объем 1 кг. моля газа в куб. метрах при 0° и 760 мм рт. ст.

Разделив количество углерода топлива, перешедшее в газ, на содержание углерода в 1 м³ газа, получим выход сухого газа из 1 кг рабочего топлива:

$$V_g = \frac{22,4(C^p - C_n) \cdot 100}{12(CO + CO_2 + CH_4) \cdot 100} = \frac{1,867(C^p - C_n)}{CO + CO_2 + CH_4} \text{ м}^3/\text{кг.} \quad (1)$$

На основании опытных данных потери углерода C_n в „провале“ и в виде пыли оцениваются в 1,5—2,5%.

Меньшее значение C_n принимается при газификации древесных чурок твердых пород и антрацита. Бóльшее значение C_n берется при газификации мягких пород дерева, неотсеянного древесного угля, бурого угля и т. д.

Таблица 24

Топливо	Состав сухого газа, % по объему						Теплотворная способность низшая, кал/м ³		Расход воздуха для газификации, м ³ /м ³	Выход сухого газа из 1 кг топлива V _г , м ³ /кг
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	газа Q _г	смеси Q _г		
Древесина, торф, бурый уголь	8—12	0,1—0,2	18—21	12—17	2,5—3,5	50,5—55,5	1067—1375	550—615	0,64—0,70	1,97—2,53
Древесный уголь { летучих 8% летучих 24%}	1,7	0,2	31,2	3,5	2,2	61,2	1103	550	0,77	4,04
	2,5	0,2	31,8	6,3	2,2	57,0	1315	626	0,72	3,48
Торфяной кокс (подача воды 0,35 кг/кг)	1,8	0,5	32,5	15,2	—1,7	48,3	1518	670	0,61	4,15
Журинский полукокс (подача воды 0,4 кг/кг)	3,1	0,2	30,2	8,7	2,6	55,2	1364	630	0,70	4,30
Антрацит { „сухой“ про- цес подача воды 0,4 кг/кг}	2,8	0,2	29,4	2,7	0,9	64,0	1039	565	0,81	4,75
	3,9	0,3	30,0	11,0	2,0	52,0	1365	635	0,67	4,38

б) Вес 1 м³ сухого нормального генераторного газа (с.н.г. при 0° и 760 мм рт. ст.)

$$\gamma_r = \frac{1}{100} (1,25\text{CO} + 0,09\text{H}_2 + 0,72\text{CH}_4 + 1,43\text{O}_2 + 1,98\text{CO}_2 + 1,25\text{N}_2) \text{ кг/м}^3. \quad (2)$$

Коэффициенты при компонентах газа означают удельный вес соответствующего газа при 0° и 760 мм рт. ст.

в) Влагосодержание генераторного газа

Количество водяных паров, содержащихся в газе, выходящем из газогенератора, складывается из влаги гигроскопической и влаги, образующейся из водорода топлива, за вычетом водорода, израсходованного на образование метана, и водорода газа. Количество влаги, содержащейся в 1 м³ газа, равно:

$$f_z = \frac{W^p + 9H^p}{100 \cdot V_g} + \frac{G_b}{V_g} - \frac{0,804(\text{H}_2 + 2\text{CH}_4)}{100} \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где: W^p и H^p — процентное содержание влаги и водорода в 1 кг топлива;

H_2 и CH_4 — процентное (по объему) содержание водорода и метана в 1 м³ газа;

G_b — вода, подводимая извне, в кг/кг топлива;

0,804 — условный удельный вес (кг/м³) водяного пара при 0° и 760 мм рт. ст. (подсчитанный из выражения: $\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{22,4} = \frac{18}{22,4} = 0,804$).

Общее количество водяных паров в газе, получившихся в результате газификации 1 кг топлива, будет:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = V_g \cdot f_z \text{ кг/кг топлива.} \quad (4)$$

Выход влажного газа из 1 кг топлива складывается из количества сухого газа V_g и количества водяных паров $G_{\text{H}_2\text{O}}$, выраженного в объемных единицах:

$$V'_g = V_g (1 + 1,245f_z) \text{ м}^3/\text{кг топлива.} \quad (5)$$

г) Расход воздуха, необходимого для газификации 1 кг топлива

Для расчета проходного сечения фурм газогенератора необходимо знать количество воздуха, потребного для газификации 1 кг топлива.

Расход воздуха определяется на основании баланса азота,

который при газификации топлива переходит из воздуха в газ (азотом, содержащимся в топливе, в последующих расчетах пренебрегаем, ввиду незначительности его количества).

Так как 1 м³ воздуха содержит 79% азота по объему, а 1 м³ газа содержит $N_2\%$ азота, то на образование 1 м³ газа расходуется воздуха:

$$\frac{N_2}{79} \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{\text{м}^3 \text{ газа}}$$

Следовательно, на газификацию 1 кг топлива требуется воздуха:

$$L = V_g \cdot \frac{N_2}{79} = 0,0127 \cdot V_g \cdot N_2 \text{ м}^3/\text{кг топлива.} \quad (6)$$

д) Материальный баланс

Согласно закону сохранения материи, количество веществ (в килограммах), израсходованных при газификации 1 кг топлива, должно равняться количеству веществ, получившихся в результате процесса газификации:

$$1,00 + 1,293L + G_b = \gamma_z \cdot V'_g + G_{\text{H}_2\text{O}} + 0,01A^p + 0,01C_n$$

Левая часть этого уравнения материального баланса представляет собой исходные компоненты, а правая часть — продукты процесса газификации. Все компоненты отнесены к 1 кг топлива и означают:

- 1,00 — вес топлива в рабочем состоянии;
- 1,293 — удельный вес воздуха при 0° и 760 мм рт. ст.;
- 1,293L — вес воздуха, расходуемого на газификацию;
- G_b — вес влаги, подведенной извне;
- $\gamma_z \cdot V'_g$ — вес сухого газа, образующегося в результате газификации;
- $G_{\text{H}_2\text{O}}$ — вес водяного пара, получающегося при газификации;
- 0,01A^p — вес золы, выделяющейся при газификации топлива;
- 0,01C_n — потери углерода (кг) в „провале“ и в пыли, уносимой из газогенератора.

Примечание. Содержанием H_2 и O_2 в потерях с углем и в пыли пренебрегаем, вследствие их незначительного количества.

Имея в виду возможные отклонения в составе генераторного газа по отношению к заданному составу топлива, а также округления при вычислениях, можно допустить разницу в материальном балансе в пределах $\pm 2\%$.

е) Коэффициент полезного действия газогенератора

Коэффициент полезного действия газогенератора определяется по следующей формуле:

$$\eta_r = \frac{V_g \cdot Q_u^r}{Q_H^p}, \quad (7)$$

где: η_r — к. п. д. газогенератора;

Q_H^p — теплотворная способность 1 кг рабочего топлива в кал/кг;

V_g — выход газа из 1 кг топлива в м³/кг;

Q_u^r — низшая теплотворная способность 1 м³ газа (при 0°С и 760 мм рт. ст.) в кал/м³.

Низшая теплотворная способность газа подсчитывается по следующему уравнению:

$$Q_u^r = 30,35 \cdot CO + 25,7 \cdot H_2 + 85,7 \cdot CH_4 \text{ кал/м}^3. \quad (8)$$

Примечание. При наличии в газе небольшого количества непредельных углеводородов $C_n H_m$ их, с достаточной для расчетов степенью точности, можно отнести к метану.

Пример 1. По заданному составу топлива и анализу газа определить основные параметры газификации древесных чурок.

Состав рабочего топлива в процентах по весу:

С ^Р	Н ^Р	О ^Р	Н ^Р	W ^Р	А ^Р
41,5	5,0	35,7	0,8	16,0	1,0

Состав генераторного газа в процентах по объему:

CO	H ₂	CH ₄	N ₂	CO ₂	O ₂
20,9	16,1	2,5	49,7	9,2	1,6

1. Определяем выход газа из 1 кг топлива, оценивая потери углерода с уносом C_n в 1,5%. Тогда:

$$V_g = \frac{1,867 (C^p - C_n)}{CO_2 + CO + CH_4} = \frac{1,867 (41,5 - 1,5)}{9,2 + 20,9 + 2,5} = 2,29 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

2. Вес 1 м³ сухого генераторного газа:

$$\gamma_2 = 0,0125 \times 20,9 + 0,0009 \times 16,1 + 0,0072 \times 2,5 + 0,0143 \times 1,6 + 0,0198 \times 9,2 + 0,0125 \times 49,7 = 1,12 \text{ кг/м}^3.$$

3. Влагосодержание газа (подачи воды в генератор извне нет):

$$f_2 = \frac{W^p + 9 H^p}{100 V_g} - \frac{0,804 (H_2 + 2CH_4)}{100} \text{ кг/м}^3 = \frac{16 + 9 \times 5}{100 \times 2,29} - \frac{0,804 (16,1 + 2 \times 2,5)}{100} = 0,097 \text{ кг/м}^3.$$

$$G_{H_2O} = V_g \cdot f_2 = 2,29 \times 0,097 = 0,222 \text{ кг/кг топлива}.$$

4. Определяем расход воздуха, необходимого для газификации 1 кг топлива:

$$L = 0,0127 V_g N_2 = 0,0127 \times 2,29 \times 49,7 = 1,45 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

5. Материальный баланс на 1 кг топлива:

Приход	
а) Вес топлива в рабочем состоянии	1,000 кг
б) Вес сухого воздуха $1,293 \times 1,45$	1,875 кг
Итого	
2,875 кг	
Расход	
а) Вес сухого генераторного газа	
$\gamma_r V_g = 1,12 \times 2,29$	2,565 кг
б) Влагосодержание газа G_{H_2O}	0,222 кг
в) Вес золы $0,01A^p$	0,010 кг
г) Вес уносов $0,01C_n$	0,015 кг
Итого	
2,812 кг	

Неувязка $2,875 - 2,812 = 0,063$ кг или 2,19% может быть отнесена за счет неточности анализов топлива и газа.

6. Низшая теплотворная способность газа:

$$Q_u^r = 30,35 CO + 25,7 H_2 + 85,7 CH_4 = 30,35 \times 20,9 + 25,7 \times 16,1 + 85,7 \times 2,5 = 1263 \text{ кал/м}^3.$$

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

а) Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м³ газа

По заданному в процентах от объема составу газа определяем количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м³ газа, по формуле:

$$L_0 = \frac{1}{21} \cdot [0,5 (CO + H_2) + 2CH_4 - O_2] \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{\text{м}^3 \text{ газа}}. \quad (9)$$

б) Расход газа и газозвушной смеси

Если известны основные параметры двигателя: V_h — рабочий объем цилиндров (литраж), n — число оборотов двигателя в минуту и η_v — коэффициент наполнения двигателя, то количество газозвушной смеси, засасываемой двигателем за 1 час работы, можно определить по следующей формуле:

$$V_{см} = 0,03 V_h \cdot n \cdot \eta_v \text{ м}^3/\text{час.} \quad (10)$$

С другой стороны, $V_{см}$ можно определить через расход газа V_z по уравнению:

$$V_{см} = V_z(1 + \alpha L_0) \cdot \frac{1}{K} \text{ м}^3/\text{час,} \quad (11)$$

где: V_z — расход газа в $\text{м}^3/\text{час}$;

L_0 — теоретический расход воздуха в $\text{м}^3/\text{м}^3$ газа;

α — коэффициент избытка воздуха, который для газовых двигателей берется в пределах от 1,0 до 1,1.

Так как обычно коэффициент наполнения двигателя относится к внешним условиям ($+15^\circ\text{C}$ и $B_0 = 735,5$ мм рт. ст.), а все расчеты генераторного процесса произведены для нормальных условий (0°C и 760 мм рт. ст.), необходимо при определении $V_{см}$ учесть поправочный коэффициент (на давление и температуру):

$$K = \frac{273}{273 + 15} \cdot \frac{735,5}{760} \approx 0,92. \quad (12)$$

Пользуясь уравнениями (10) и (11), можно определить расход газа при помощи основных параметров двигателя:

$$V_z = \frac{0,03K}{1 + \alpha L_0} \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \text{ м}^3/\text{час.} \quad (13)$$

в) Среднее индикаторное давление

Среднее индикаторное давление определяется по следующей формуле:

$$P_i = 0,0427 Q_g \cdot \eta_i \cdot \eta_v \text{ кг/см}^2, \quad (14)$$

где: $Q_g = \frac{0,92 Q_u^r}{1 + \alpha L_0}$ кал/ м^3 — теплотворная способность 1 м^3 газозвушной смеси при 15°C и давлении $735,5$ мм рт. ст.;

η_i — индикаторный к. п. д. двигателя. Величина этого коэффициента в зависимости от степени сжатия подсчитывается по формуле:

$$\eta_i = \mu \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{0,23}} \right),$$

где: ϵ — степень сжатия;

$\mu = 0,98$ — для цилиндрической камеры сгорания и $0,93$ — для камеры сгорания типа Рикардо;

η_v — коэффициент наполнения двигателя. Для конвертируемых двигателей коэффициент наполнения при работе на газе, примерно, на $8-12\%$ ниже, чем при работе на бензине. В случае перехода с нижних клапанов на верхние (подвесные) η_v при работе на газе будет иметь такое же значение, как и при работе на бензине, и даже на $3-5\%$ выше, если при этом производится увеличение сечения газозвсасывающих каналов и диаметра всасывающего клапана. Для автомобильных двигателей, конвертируемых без изменения сечения и расположения клапанов, $\eta_v = 0,55 - 0,60$.

г) Мощность двигателя

Для определения мощности двигателя необходимо знать величину среднего эффективного давления P_e при работе на газе:

$$P_e = P_i - P_T \text{ кг/см}^2, \quad (15)$$

где: P_i — среднее индикаторное давление в кг/см^2 ,

P_T — среднее давление работы трения в кг/см^2 .

Среднее давление работы трения определяется по следующей эмпирической формуле, в зависимости от числа оборотов двигателя в минуту n :

$$P_T = 0,35 + 0,0005n \text{ кг/см}^2. \quad (16)$$

Зная среднее эффективное давление, определяем мощность двигателя по формуле:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{900} \text{ л. с.} \quad (17)$$

д) Расход топлива

Часовой расход топлива можно определить по производительности газогенератора V_z , зная выход газа из 1 кг топлива:

$$G_T = \frac{V_z}{V_g} \text{ кг/час.} \quad (18)$$

Удельный расход топлива будет:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} \text{ кг/л. с. ч.} \quad (19)$$

Пример 2. Определить параметры двигателя ГАЗ-А, работающего на генераторном газе, при степени сжатия $\epsilon = 6,5$, пользуясь данными примера 1.

1. Определяем теоретически необходимое для снижения 1 м³ газа количество воздуха:

$$L_0 = \frac{1}{21} [0,5(CO + H_2) + 2CH_4 - O_2] =$$

$$= \frac{1}{21} [0,5(20,9 + 16,1) + 2 \times 2,5 - 1,6] = 1,042 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

2. Определяем расход газа (при нормальных условиях: 0°C и 760 мм рт. ст.):

$$V_z = \frac{0,03K \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v}{1 + \alpha L_0} \text{ м}^3/\text{час.}$$

Принимаем $\eta_v = 0,68$, $\alpha = 1$, $V_h = 3,28$ л и $n = 2200$ об/мин.

Тогда:

$$V_z = \frac{0,03 \times 0,92}{2,042} \times 3,28 \times 2200 \times 0,68 = 66,3 \text{ м}^3/\text{час.}$$

3. Часовой расход топлива:

$$G_T = \frac{V_z}{V_g} = \frac{66,3}{2,29} = 28,9 \text{ кг/час.}$$

4. Определяем теплотворную способность газозвушной смеси при 15° С и 735,5 мм рт. ст.:

$$Q_g = \frac{0,92 \cdot Q_u^2}{1 + \alpha L_0} = 0,92 \frac{1263}{2,042} = 568 \text{ кал/м}^3.$$

5. Определяем индикаторный к. п. д. по формуле:

$$\eta_i = 0,93 \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{0,23}}\right) = 0,93 \left(1 - \frac{1}{6,50,23}\right) = 0,32.$$

6. Среднее индикаторное давление будет:

$$P_i = 0,0427 Q_g \cdot \eta_i \cdot \eta_v = 0,0427 \times 568 \times 0,32 \times 0,68 = 5,28 \text{ кг/см}^2.$$

7. Определяем среднее давление трения и среднее эффективное давление:

$$P_T = 0,35 + 0,0005n = 0,35 + 0,0005 \times 2200 = 1,45 \text{ кг/см}^2.$$

$$P_e = P_i - P_T = 5,28 - 1,45 = 3,83 \text{ кг/см}^2.$$

8. Эффективная мощность двигателя будет:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{900} = \frac{3,83 \times 3,28 \times 2200}{900} = 30,7 \text{ л. с.}$$

9. Определяем удельный расход топлива:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = \frac{28,9}{30,7} = 0,94 \text{ кг/л. с. ч.}$$

10. Расход газа на 1 л. с.:

$$v_z = \frac{G_T \cdot V_g}{N_e} = \frac{28,9 \times 2,29}{30,7} = 2,15 \text{ м}^3/\text{л. с. час.}$$

3. РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

а) Определение размеров камеры газификации

При неизменных качествах топлива производительность и качество получаемого газа зависят от размеров камеры газификации газогенератора: диаметра D_k (см. рис. 14) и высоты камеры H_3 (или высоты активной зоны).

В зависимости от сорта применяемого топлива—его реакционной способности, зольности и т. д., для заданной производительности газогенератора выбираются размеры камеры газификации и тип процесса.

Из изложенного выше известно, что для топлив, не выделяющих смолы: древесного угля, антрацита, каменноугольного и торфяного кокса, применимы прямой и поперечный процессы газификации.

Для топлив, выделяющих смолы, применяется только обращенный процесс газификации.

Диаметр камеры газогенераторов прямого и обращенного процессов газификации подсчитывается по формуле:

$$D_k = 1130 \sqrt{\frac{G_T}{q}} \text{ мм,} \quad (20)$$

где: G_T — расход топлива в кг/час;

q — напряженность горения в кг/м²час.

В табл. 25 приведены основные данные по напряженности горения и высоте активного слоя топлива для различных видов применяемых топлив.

В камерах газификации с горловиной типа изображенной на рис. 75 или УТВ (упрощенный топливник инж. Высоцкого), предназначенных для газификации смольных топлив, диаметр горловины выбирается в зависимости от напряженности горения и от количества фурм. Чем ниже напряженность горения и чем меньше количество фурм, тем больше неразложившихся смол пройдет в зону восстановления, а следовательно, тем меньше

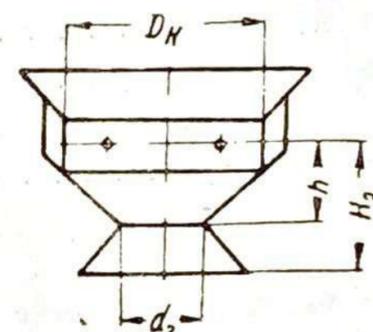


Рис. 75. Схема камеры газификации древесно-угольного газогенератора.

должен быть диаметр горловины для создания условий образования бессмольного газа.

В большинстве существующих газогенераторов отношение $\frac{D_k}{d_2} = 1,6-2,3$ (при указанных в табл. 25 значениях напряженности горения).

Таблица 25

Топливо	Зольность $A^p, \%$	Напряженность горения $q, \text{кг/м}^2 \text{ час}$	Высота активного слоя топлива $H_3, \text{мм}$	Удельный объем камеры газификации V_k л/л. с.
Антрацит многозольный	8—10	200—250	} 400—600	0,6—1,4
Антрацит малозольный	3—6	300—350		
Древесный уголь	1,5—3	400—470	180—300	0,4—0,6
Бурый уголь	10—12	} 400—600	300—350	0,4—0,6
Многозольный торф	7—10			
Малозольный торф	3—4	} 500—900	200—300	0,16—0,4
Древесная чурка	0,8—1,2			

Меньшее значение отношения $\frac{D_k}{d_2}$ принимается для камер с высокой напряженностью горения, большее значение — для камер с низкой напряженностью горения (порядка $500 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$).

При достаточном количестве фурм (от 8 до 12) произведение напряженности горения q на отношение $\frac{D_k}{d_2}$ можно считать величиной постоянной, равной 1450:

$$q \cdot \frac{D_k}{d_2} = 1450. \quad (21)$$

Отсюда, задавшись напряженностью горения и определив диаметр камеры по формуле (20), подсчитываем диаметр горловины.

Например: $q = 870 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$; $D_k = 200 \text{ мм}$.

$$d_2 = \frac{D_k \cdot q}{1450} = \frac{200 \times 870}{1450} = 120 \text{ мм.}$$

Расстояние от фурменого пояса до горловины берется в пределах от 90 до 140 мм, в зависимости от производительности генератора. Полная (активная) высота камеры H_3 принимается, в зависимости от производительности газогенератора, сорта и раз-

мера кусков топлива, в пределах, указанных в табл. 25. Для газогенераторов большой производительности или при работе на крупных кусках топлива следует брать большее значение H_3 .

Высота H_3 для любого газогенератора может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$H_3 = \frac{127 \cdot V_k \cdot N_e}{D_k^2} \text{ мм}, \quad (22)$$

где: V_k — удельный объем камеры в л/л. с.;
 N_e — мощность двигателя в л. с.;
 D_k — диаметр камеры в мм.

Значение удельного объема камеры надо брать большее для газогенераторов большей производительности. Для антрацитовых генераторов, вне зависимости от производительности, рекомендуется принимать для расчета меньшее значение удельного объема, в связи с уменьшением реакционной способности антрацита при длительном нахождении в зоне высоких температур.

Для газогенераторов горизонтального процесса, у которых камерой газификации служит нижняя часть корпуса (рис. 76), диаметр камеры (корпуса) D_k и высота камеры H_k определяются, в зависимости от длины активного слоя топлива l_3 (расстояние от устья фурмы до газоотборной решетки), по следующим эмпирическим формулам:

$$D_k = (1,75 - 2,0) l_3; \quad (23)$$

$$H_k = (0,8 - 1,0) D_k. \quad (24)$$

Большее значение коэффициента перед l_3 соответствует более напряженному режиму работы газогенератора и худшим условиям охлаждения.

Длина активного слоя топлива l_3 определяется, в зависимости от производительности газогенератора, по следующей формуле:

$$l_3 = 5,3 \sqrt{G_T} \text{ см.} \quad (25)$$

Размеры газоотборной решетки определяют из следующих соотношений:

$$F_p = \frac{G_T}{q_p} \text{ м}^2; \quad (26)$$

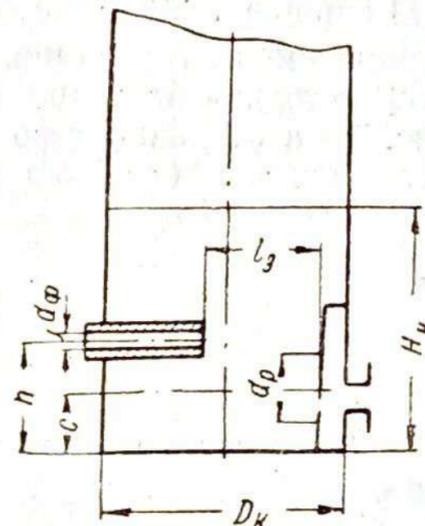


Рис. 76. Схема газогенератора поперечного процесса газификации.

$$F_{отв} = \frac{V_2}{0,36v_p} \text{ см}^2, \quad (27)$$

где F_p и $F_{отв}$ — соответственно, площадь решетки (в м²) и проходное сечение решетки (в см²);

q_p — напряженность работы решетки, принимаемая в пределах 300—900 кг/м² час (в зависимости от содержания летучих в топливе);

v_p — скорость прохождения холодного газа через решетку, принимаемая в пределах от 1 до 3 м/сек.

Большие значения q_p и v_p принимаются для топлив, содержащих смолы (например, плохо выжженный древесный уголь).

Расстояния от днища газогенератора до оси фурмы h (см. рис. 76) и от днища газогенератора до центра решетки c определяются по следующим формулам, составленным на основе опытных данных:

$$h = (0,4 - 0,5) H_k; \quad (28)$$

$$c = 0,5h_p + (20 \div 60) \text{ мм}, \quad (29)$$

где h_p — высота газоотборной решетки в мм. Для круглой решетки $h_p = d_p$.

б) Определение проходного сечения фурм

Для получения газа высокой теплотворной способности на всех режимах работы газогенератора (включая и холостой ход) и для обеспечения его гибкой работы скорость дутья берется в пределах 20—30 м/сек. для газогенераторов обращенного процесса газификации и 30—50 м/сек. — для газогенераторов поперечного процесса.

Число фурм в газогенераторах обращенного процесса при периферийном дутье принимается от 3 до 12, в зависимости от диаметра камеры и диаметра горловины.

Для предохранения газа от загрязнения смолой не следует уменьшать число фурм ниже 5—7 шт.

В газогенераторах с поперечным процессом, предназначенных для работы на бессмольных топливах, обычно ставится одна фурма.

Исходя из заданной скорости дутья v (в м/сек.) и выбранного количества фурм m , диаметр их определяют по следующей формуле:

$$d_{\phi} = 18,8 \sqrt{\frac{V_{\phi}}{m \cdot v}} \text{ мм}, \quad (30)$$

где $V_{\phi} = L \cdot G_T$ расход воздуха в м³/час.

в) Размеры зольника газогенератора

Диаметр зольника газогенератора в большинстве конструкций равен диаметру корпуса (рис. 77), который выбирается, исходя из конструктивных соображений. Следовательно, при заданном диаметре корпуса, высота зольникового пространства (т. е. расстояние от нижнего края камеры газификации до днища газогенератора, а в газогенераторах с колосниковыми решетками — расстояние от колосниковой решетки до днища газогенератора) будет определять продолжительность работы газогенератора до чистки:

$$H_{зол} = \frac{G_T \cdot t_r \cdot A_3}{F_3 \cdot \gamma} \text{ мм}, \quad (31)$$

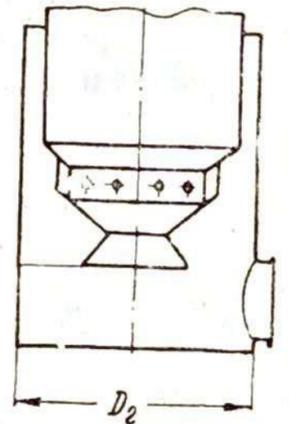


Рис. 77. Схема нижней части древесно-чурочного газогенератора.

где: $H_{зол}$ — высота зольника в мм;

G_T — расход топлива в кг/час;

t_r — продолжительность работы между чистками в час.;

F_3 — поперечное сечение зольника в дм²;

γ — насыпной вес провала, равный 0,15—0,3 кг/л;

A_3 — потери топлива в зольнике по отношению к весу израсходованного топлива, равные:

- а) для древесных чурок и древесного угля — 1,0—2,0%;
- б) для бурого угля и многозольного торфа — 3,0—4,0%.

г) Размеры бункера газогенератора

Диаметр обогреваемых газом бункеров в газогенераторах обращенного процесса берется на 40—60 мм меньше диаметра корпуса. В газогенераторах прямого и поперечного процессов диаметр бункера обычно равен диаметру корпуса.

Высота бункера, которая принимается, исходя из габаритных условий монтажа газогенератора на автомобиле, при заданном диаметре определяет запас хода или продолжительность работы газогенератора в часах без догрузки топлива. Периодичность догрузки определяется по следующей формуле:

$$t_6 = 0,9 \frac{V_6 \cdot \gamma_T}{G_T} \text{ час}, \quad (32)$$

где: t_6 — периодичность загрузки бункера в час.;

0,9 — коэффициент допустимого использования топлива в бункере;

V_6 — объем бункера в л;

G_T — расход топлива в кг/час;

γ_T — насыпной вес топлива, равный:

для древесных чурок и торфа — 0,3—0,35 кг/л
 „ древесного угля — 0,2—0,22 „
 „ бурого угля — 0,35—0,45 „
 „ антрацита — 1,0—1,05 „

Пример 3. Определить размеры камеры газификации и диаметр фурм древесно-чурочного газогенератора для двигателя ГАЗ-А, пользуясь данными примеров 1 и 2.

1. Принимая напряженность горения в 800 кг/м²час, определяем диаметр камеры газификации по формуле:

$$D_k = 1130 \sqrt{\frac{G_T}{q}} = 1130 \sqrt{\frac{28,9}{800}} = 215 \text{ мм.}$$

2. По формуле (21) определяем диаметр горловины:

$$d_z = \frac{q \cdot D_k}{1450} = \frac{215 \times 800}{1450} = 119 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений принимаем $d_z = 120$ мм.

3. Принимая число фурм $m = 10$ и скорость $v = 30$ м/сек, определяем диаметр фурмы по формуле:

$$d_\phi = 18,8 \sqrt{\frac{V_g}{m \cdot v}} = 18,8 \sqrt{\frac{L \cdot G_T}{m \cdot v}} = \\ = 18,8 \sqrt{\frac{1,45 \times 28,9}{10 \times 30}} = 7 \text{ мм.}$$

4. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ГАЗА

а) Грубые очистители-охладители

Определение необходимой поверхности охлаждения на основе законов теплопередачи не дает точных результатов, ввиду наличия многих переменных факторов, трудно поддающихся учету.

Поэтому для расчетов системы грубой очистки и охлаждения газа лучше воспользоваться опытными коэффициентами.

Удельные объемы грубых очистителей-охладителей газа для большинства газогенераторных установок изменяются в пределах 3 ÷ 4 л/л. с. (в установках облегченного, упрощенного типа удельные объемы уменьшены до 2 ÷ 3 л/л. с.). При этом удельная поверхность охлаждения грубых очистителей составляет около 0,07—0,08 м²/л. с.

Для радиаторных охладителей автомобильного типа, работающих в условиях надежного обдува и при повышенных скоростях прохода газа (до 10 ÷ 15 м/сек), эта величина может быть снижена до 0,03—0,04 м²/л. с.

б) Очистители с кольцами

Тонкая очистка влажного газа в газогенераторных установках достигается в очистителях с кольцами.

Порядок расчета таких очистителей следующий.

1. Определяют количество водяных паров f_z г/м³ в газе, выходящем из газогенератора, по формуле (3).

2. Зная температуру газа, выходящего из очистителя (или задаваясь этой величиной на основе опытных данных), определяют по табл. 26 содержание насыщенного водяного пара в газе (f_t г/м³) при данной температуре.

Таблица 26

Температура, °С	Парциальное давление водяного пара, мм рт. ст.	Количество пара в газе (при 0°С и 760 мм рт. ст.). г/м ³	
		влажного газа	сухого газа
20	17,5	18,5	19,0
22	19,8	21,0	21,5
24	22,4	23,7	24,4
26	25,2	26,7	27,6
28	28,3	30,0	31,1
30	31,8	33,6	35,1
32	35,7	37,7	39,6
34	39,9	42,2	44,5
36	44,6	47,1	50,1
38	49,7	52,5	56,2
40	55,3	58,5	63,1
42	61,5	65,0	70,8
44	68,3	72,2	79,3
46	75,7	80,0	88,8
48	83,7	88,5	99,5
50	92,5	97,8	111,0
52	102,1	108,0	125,0
54	112,5	119,0	140,0
56	123,8	131,0	156,0
58	136,1	144,0	175,0
60	149,4	158,0	197,0

3. Вычитая из f_z содержание насыщенного водяного пара в газе f_t , определяют количество выпавшего конденсата:

$$f = f_z - f_t \text{ г/м}^3. \quad (33)$$

4. По диаграмме (см. рис. 47), задаваясь желаемым коэффициентом очистки газа, определяют необходимую высоту колец при данной величине конденсации водяных паров f .

5. По условной скорости прохождения газа в очистителе в пределах $v_{oc} = 0,15—0,5$ м/сек. определяют диаметр очистителя D_{oc} по формуле:

$$D_{оч} = 18,8 \sqrt{\frac{V_2}{v_{оч}}} \text{ мм}, \quad (34)$$

где: V_2 — производительность газогенератора в м³/час (сухого нормального газа);

$v_{оч}$ — скорость прохождения газа в очистителе в м/сек.

Как показывают опытные данные, повышение скорости газа в очистителях с кольцами от 0,15 до 0,5 м/сек. почти не влияет на качество очистки газа. Поэтому в расчетах следует придерживаться верхнего предела скорости. Нижний предел относится к существующим конструкциям старого образца (ГАЗ-42; ЗИС-21 и т. п.).

В табл. 27 и 28 приведены основные данные по температурам и пылесодержанию в различных точках существующих газогенераторных установок.

Таблица 27

Место замера	Род топлива	Температура, °С		Разряжение перед смесителем, мм вод. ст.
		в условиях интенсивного обдува (на автомобиле)	в условиях полустационарной работы (на тракторе)	
За газогенератором	Древесные чурки	150—180	240—280	200—300
	Древесный уголь	280—300	450—550	200—300
После охладителя и грубых очистителей	Древесные чурки	60—70	80—100	400—600
	Древесный уголь	70—90	100—140	300—500
Перед смесителем	Древесные чурки	25—35	35—45	500—800
	Древесный уголь	35—40	40—50	600—1000*

Таблица 28

Род топлива	Тип газогенератора	Тип фильтра	Пылесодержание, г/м ³			Смолосодержание г/м ³
			за газогенератором	после грубого очистителя	перед смесителем	
Древесные чурки	Обращенного процесса	С кольцами	2,5—3,5	0,3—0,4	0,10—0,15	0,5
Древесный уголь	Поперечного процесса	Матерчатый	3,0—3,5	0,4—0,7	0,02—0,03	0,2
То же	Прямого процесса	Барботажный очиститель	2,0—2,5	—	0,03—0,04	0,2
Антрацит	То же	То же	1,5—2,0	—	0,04—0,06	0,0

* Для установок с матерчатым фильтром.

в) Матерчатые фильтры

Потребная поверхность очистки матерчатых фильтров подсчитывается по следующей эмпирической формуле:

$$F = 0,05 N_e \text{ м}^2, \quad (35)$$

где: коэффициент 0,05 — удельная площадь матерчатых фильтров в м²/л. с.;

N_e — эффективная мощность двигателя в л. с.

В случае необходимости, можно принимать меньшее значение удельной площади матерчатых фильтров (0,040—0,045); однако при этом заметно снизится мощность двигателя, а периодичность чистки фильтров сократится. Для топлив с большим содержанием золы значение удельной поверхности надо принимать большим, чем 0,05 м²/л. с.

Пример 4. Определить размеры очистителя с кольцами для газогенераторной установки к двигателю ГАЗ-А, пользуясь данными примеров 1 и 2.

1. Согласно примеру 1, количество водяных паров в газе за газогенератором равно: $f_2 = 97 \text{ г/м}^3$.

2. Принимая температуру газа в фильтре равной 32°С, определяем содержание насыщенного водяного пара в газе, пользуясь данными табл. 26.

$$f_t = 39,6 \text{ г/м}^3.$$

3. Количество выпавшего конденсата будет равно:

$$f = f_2 - f_t = 97 - 39,6 = 57,4 \text{ г/м}^3.$$

4. По диаграмме (см. рис. 47), принимая коэффициент очистки равным 50%, определяем высоту слоя колец в 870 мм. При высоте газового пространства под слоем и над ним по 100 мм, общая высота фильтра будет равна 1070 мм.

5. Принимая скорость газа в очистителе $v_{оч} = 0,5 \text{ м/сек.}$ определим диаметр очистителя по формуле (34):

$$D_{оч} = 18,8 \sqrt{\frac{V_2}{v_{оч}}} = 18,8 \sqrt{\frac{66,3}{0,5}} = 217 \text{ мм.}$$

6. При пылесодержании газа за грубыми очистителями, равном 0,3 г/м³, и коэффициенте очистки $\eta_{оч} = 0,5$ количество пыли в газе будет:

$$0,3 \left(\frac{100 - 50}{100} \right) = 0,3 \times 0,50 = 0,15 \text{ г/м}^3.$$

IV. ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ АВТОМОБИЛИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТИПЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Газогенераторные автомобили—грузовые, легковые и автобусы—отличаются от обычных бензиновых автомобилей наличием специальной газогенераторной установки, смонтированной непосредственно на шасси автомобиля или на специальном прицепе, а также конструкцией двигателя и некоторыми изменениями в шасси.

Газогенераторные установки, монтируемые на автомобилях, должны, по возможности, иметь небольшие габариты и минимальный вес. В зависимости от вида топлива, на котором работают газогенераторные установки, их удельный вес, в среднем, составляет от 2 до 3,5 кг/м³ газа, а в некоторых конструкциях старого образца доходит до 7 кг/м³ газа.

Газогенераторные автомобили можно подразделить на следующие три группы:

- 1) автомобили, временно переведенные для работы на генераторном газе (военного времени);
- 2) автомобили, переоборудованные для постоянной работы на генераторном газе;
- 3) автомобили, специально изготовленные для работы на генераторном газе.

К газогенераторным автомобилям, временно переоборудованным для работы на генераторном газе, относятся, главным образом, легковые и небольшие грузовые автомобили, обладающие (при работе на бензине) большим запасом мощности. Эти автомобили были распространены во время второй мировой войны в ряде стран, не имеющих собственного жидкого топлива и лишенных подвоза его извне. Необходимость в наикратчайшие сроки осуществить массовый перевод автотранспорта на твердые виды местного топлива обусловила распространение газогенераторных автомобилей указанного типа.

Переоборудование автомобилей производилось без устранения потери мощности двигателей и без каких-либо изменений шасси. Имея большой запас мощности при работе на бензине, легковые автомобили, будучи переведены на генераторный газ, в состоянии развивать скорость до 60—70 км/час и преодолевать (работая на передачах) обычные дорожные препятствия.

Для улучшения динамики ряд грузовых газогенераторных автомобилей этого типа имел экономайзерную присадку жидкого топлива (см. стр. 88).

Газогенераторные установки в этих автомобилях композиционно не связаны с конструкцией кузова, ничем не замаскированы и обычно смонтированы спереди и сзади у легковых автомобилей и на специальном прицепе—у автобусов. На рис. 78 показан легковой автомобиль с древесно-чурочной газогенераторной установкой. Газогенератор и грубый очиститель-циклон смонтированы в задней части автомобиля, на месте бензобака, на двух швеллерах, соединенных болтами с лонжеронами рамы. Очистительно-охлаждающая система, состоящая из радиаторного охладителя и двух бачков (с набивкой из стеклянной ваты) для тонкой очистки газа, смонтирована впереди автомобиля на двух кронштейнах, прикрепленных к передней части рамы. Смеситель, небольшой бензиновый бачок (для пускового карбюратора) и электровентилятор размещены под капотом двигателя. При работе на генераторном газе автомобиль развивает скорость до 77 км/час, что на 22% ниже максимальной скорости при работе на бензине. На рис. 79 показана газогенераторная установка, смонтированная на прицепе и используемая для работы с автобусами. Питание двигателя генераторным газом осуществляется через гибкий шланг, соединенный с газопроводом, проложенным под кузовом автомобиля.

Положительным качеством монтажа газогенераторной установки на прицепе является возможность быстрого переоборудования автомобиля для работы на газе, с сохранением полезной площади кузова или грузовой платформы. При наличии в автохозяйствах достаточного количества газогенераторных прицепов, имеется возможность производить обслуживание и ремонт газогенераторных установок без простоя автомобиля. Детали газогенераторной установки, смонтированной на прицепе, хорошо доступны для осмотра и чистки.

К недостаткам монтажа газогенераторной установки на прицепе надо отнести ее большой вес (учитывая вес самого прицепа), потребность в дополнительных баллонах для колес и затрудненность маневрирования автомобилем (невозможность движения задним ходом).

В газогенераторных автомобилях второй группы, переоборудованных из бензиновых для постоянной работы на генераторном газе, газогенераторные установки монтируются так, чтобы, по возможности, не занимать полезной площади кузова и не портить внешнего вида автомобиля. На этих автомобилях, как правило, применяются газогенераторные установки рассредоточенного типа, которые легче разместить и замаскировать в различных местах шасси автомобиля.

Газогенераторные установки блочного типа, которые в ряде случаев применялись с целью быстрого переоборудования автомобилей, не нашли широкого распространения, так как эти

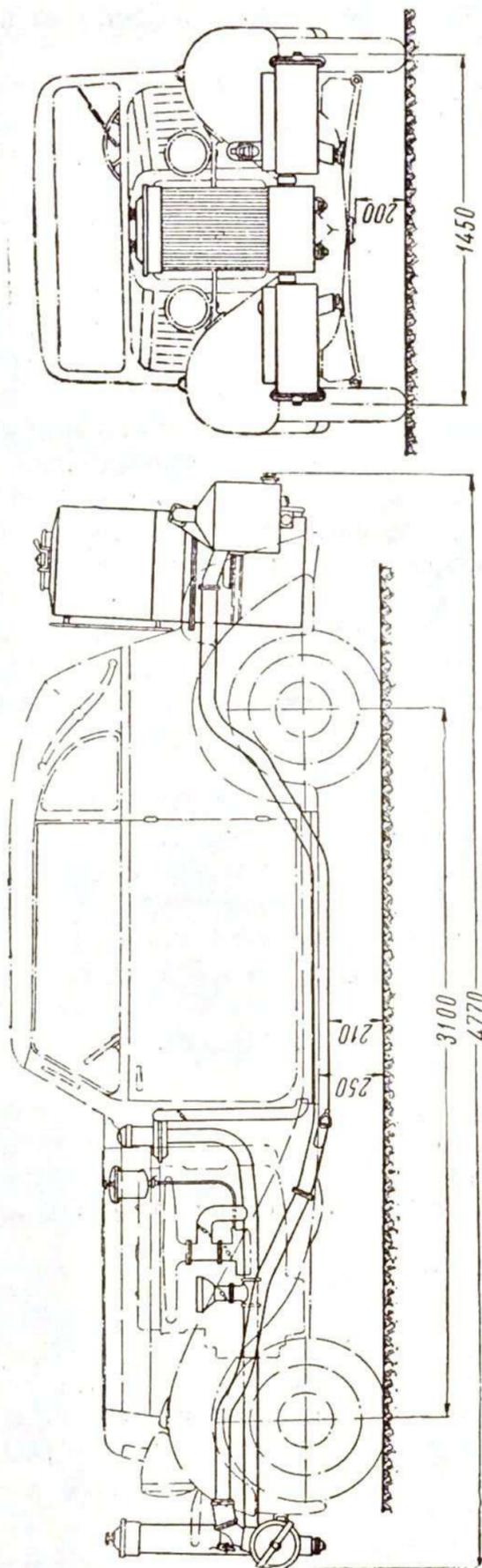


Рис. 78. Легковой автомобиль с древесно-чурочной газогенераторной установкой.

установки мало доступны для обслуживания и устранения возможных неполадок.

В двигателях переоборудованных автомобилей производится ряд изменений (установка головок с повышенной степенью сжатия, устранение подогрева и увеличение сечения всасывающих коллекторов), в результате чего падение мощности не превышает 20—35%. При этом для улучшения динамических качеств переоборудуемых на газ автомобилей увеличивается передаточное отношение заднего моста путем замены шестерен редуктора или главной передачи.

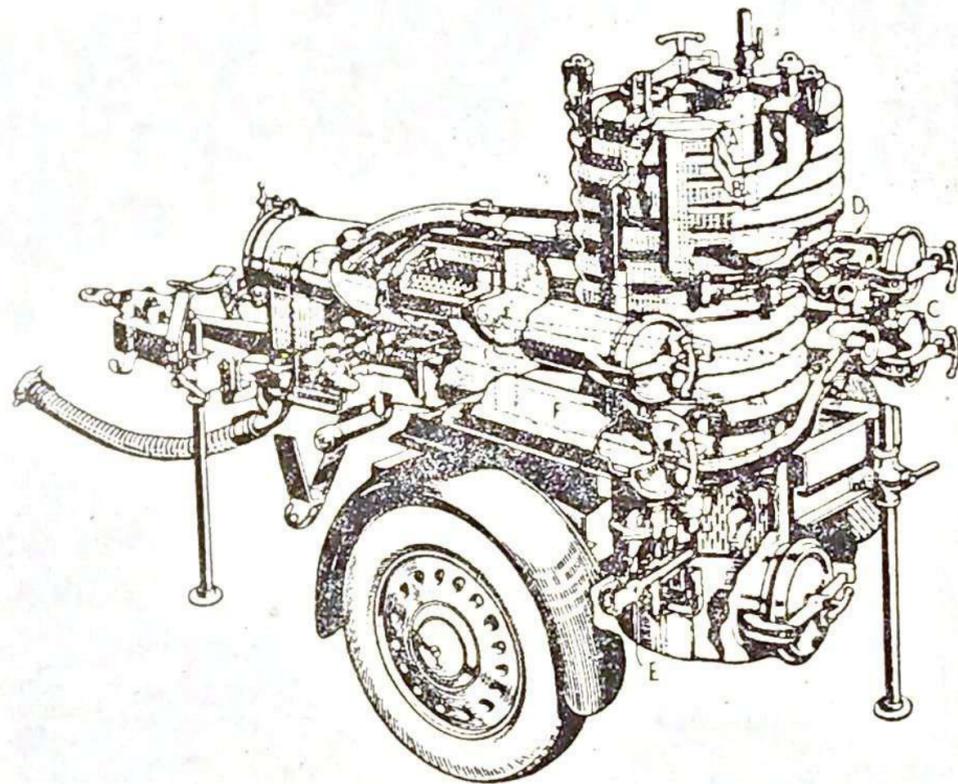


Рис. 79. Газогенераторная установка, смонтированная на одноосном прицепе.

На рис. 80 показан внешний вид легкового автомобиля, переоборудованного для постоянной работы на генераторном газе. Древесно-чурочный газогенератор смонтирован в задней части автомобиля (вместо багажника) и заключен в „чемодан“ обтекаемой формы. Очистители-охладители расположены под кузовом поперек продольной оси автомобиля. На левой подножке около переднего крыла вмонтирован небольшой ящик для дополнительного запаса топлива.

На грузовых автомобилях газогенераторная установка обычно монтируется сзади кабины шофера. При этом грузовая платформа или укорачивается на соответствующую длину (0,4—0,5 м), или отодвигается назад. И в том, и в другом случае увеличивается нагрузка на заднюю ось груженого автомобиля, что нежелательно.

На рис. 81 показан малотоннажный грузовой автомобиль с древесно-угольной газогенераторной установкой, переоборудованный для постоянной работы на газе.

Газогенератор и тонкий очиститель смонтированы, соответственно, с левой и правой стороны сзади кабины шофера. Длина

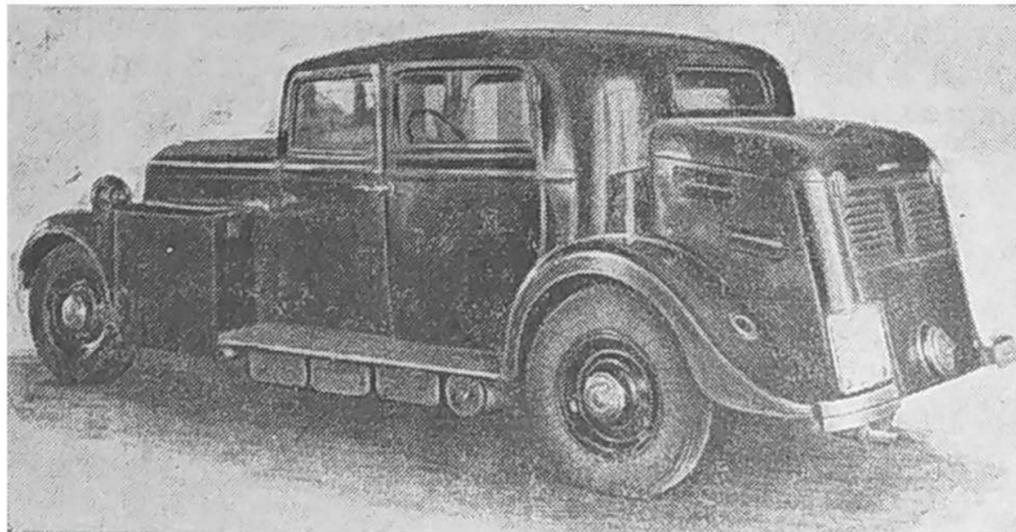


Рис. 80. Легковой газогенераторный автомобиль, работающий на древесных чурках.

грузовой платформы укорочена. Грубый очиститель цилиндрической формы расположен в задней части автомобиля под грузовой платформой и соединен с газогенератором и очистителем газо-

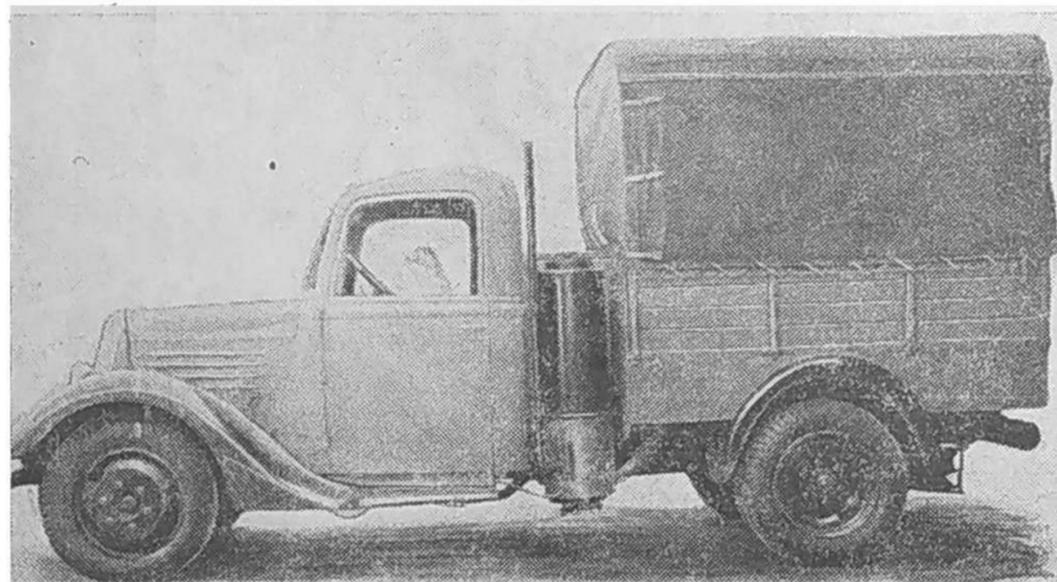


Рис. 81. Автомобиль с древесно-угольной газогенераторной установкой.

проводами, которые проложены снаружи вдоль лонжеронов рамы.

За кабиной, в пространстве между газогенератором и очистителем, смонтирован ящик для топлива.

Размещение газогенератора и тонкого очистителя на автомобиле ГАЗ-42, работающем на древесной чурке, показано на рис. 82. При помощи лап газогенератор и очиститель установлены на двух поперечных швеллерах, которые крепятся к раме автомобиля посредством стремянок.

Грубые очистители-охладители прямоугольной формы расположены в пространстве между рамой и полом грузовой платформы, параллельно продольной оси автомобиля. Чистка грубых очистителей-охладителей производится через люки сзади автомобиля.

Вентилятор розжига смонтирован на правой подножке около крыла переднего колеса. Двигатель автомобиля ГАЗ-42, конвер-

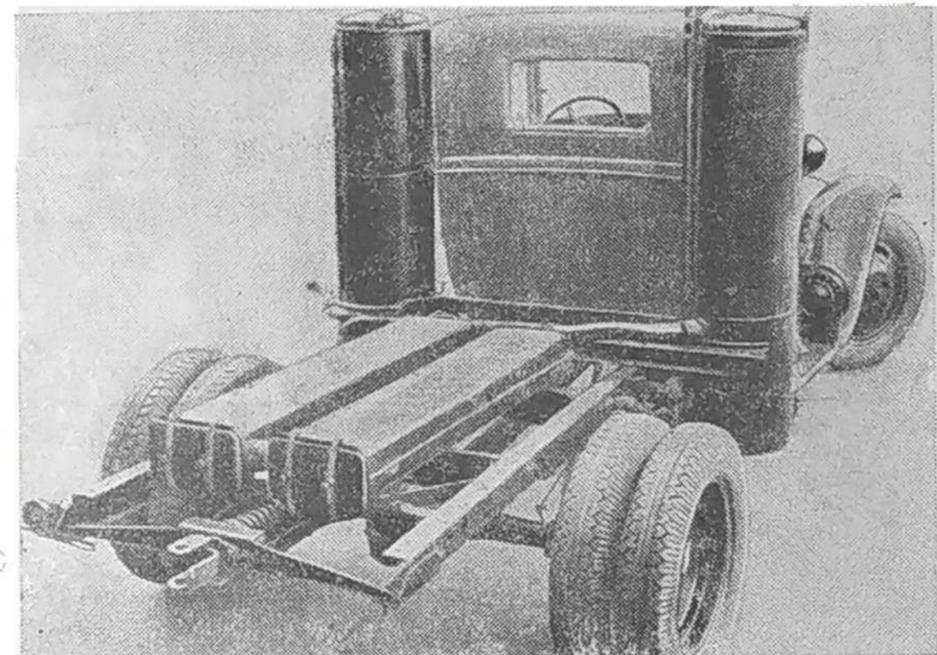


Рис. 82. Древесно-чурочный газогенераторный автомобиль ГАЗ-42 (грузовая платформа снята).

тированный для работы на генераторном газе, развивает 31—32 л. с. Для улучшения динамических качеств автомобиля передаточное число заднего моста увеличено с 6,67 до 7,5.

Для сохранения возможно большей полезной площади грузовой платформы и более равномерного распределения полезной нагрузки на заднюю и переднюю оси автомобиля часто, при переоборудовании бензиновых автомобилей для постоянной работы на генераторном газе, грузовую платформу не укорачивают. В этом случае в полу грузовой платформы делается вырез для монтажа газогенератора, который огораживается (изнутри кузова) металлическим листом, а агрегаты охлаждения и очистки газа размещаются между полом кузова и рамой или сбоку, под кузовом автомобиля.

На рис. 83 показан внешний вид автомобиля с древесно-чурочной газогенераторной установкой. Газогенератор расположен

в левом переднем углу кузова, а агрегаты очистки и охлаждения газа (шесть секций) размещены под полом кузова поперек оси автомобиля.

На рис. 84 и 85 показан монтаж газогенератора и очистителя древесно-угольной газогенераторной установки ЦНИИАТ УГ-1 на шасси автомобиля ГАЗ-АА.

Газогенератор размещен в левом переднем углу кузова и крепится к кронштейнам, которые приболчены непосредственно к деревянным поперечным брускам кузова. Этим достигается значительная экономия металла.

Барботажный очиститель (устройство очистителя см. на рис. 52) подвешен на ленточных хомутах с правой стороны под кузовом.

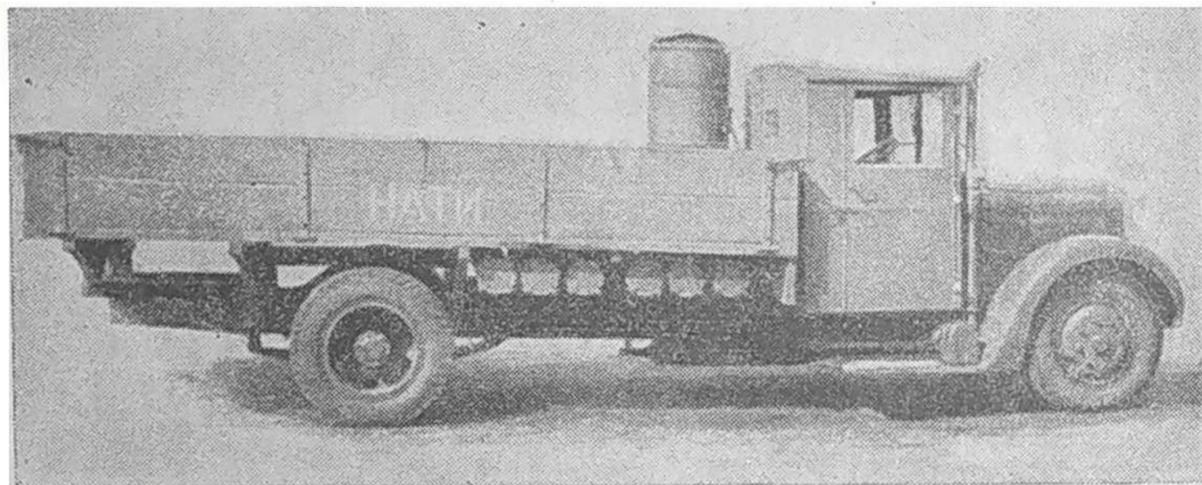


Рис. 83. Газогенераторный автомобиль с древесно-чурочной газогенераторной установкой.

Охлаждение газа производится в газопроводе, который соединяет газогенератор с очистителем и огибает раму автомобиля.

Потеря полезной площади кузова при таком монтаже газогенераторной установки не превышает 5%.

В газогенераторных автомобилях третьей группы, специально изготовленных для работы на генераторном газе, газогенераторная установка композиционно увязывается с конструкцией шасси автомобиля, т. е. монтируется в специально предусмотренных для этого местах и часто маскируется фальш-облицовкой.

По мощности двигателя и динамическим показателям эти автомобили не отличаются от бензиновых автомобилей той же грузоподъемности. Они имеют специальные газовые двигатели повышенного литража или двигателя, конвертированные из бензиновых, в которых, в результате ряда мероприятий, мощность на газе доведена до требуемой величины.

На рис. 86 показано шасси газогенераторного автомобиля ЗИС-5 с древесно-угольной газогенераторной установкой НАТИ Г-23-А2. Газогенератор, диаметром 450 мм, расположен с правой

стороны в специальном вырезе кабины и крепится лапами к кронштейнам, которые приклепаны к раме автомобиля.

Два грубых очистителя и перепускная труба (для регулирования температуры газа, поступающего в фильтр) смонтированы поперек рамы под кузовом. Тонкий очиститель (с матерчатым фильтром) укреплен на кронштейнах с левой стороны, вровень с задней стенкой кабины шофера.

Вентилятор розжига вынесен на правую подножку и крепится к раме автомобиля при помощи кронштейна.

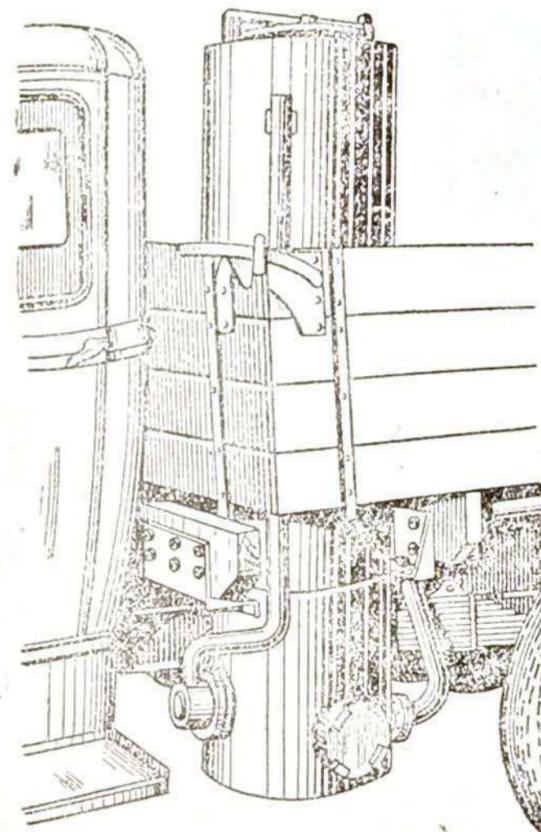


Рис. 84. Монтаж древесно-угольного газогенератора ЦНИИАТ УГ-1 поперечного процесса газификации на шасси автомобиля ГАЗ-АА.

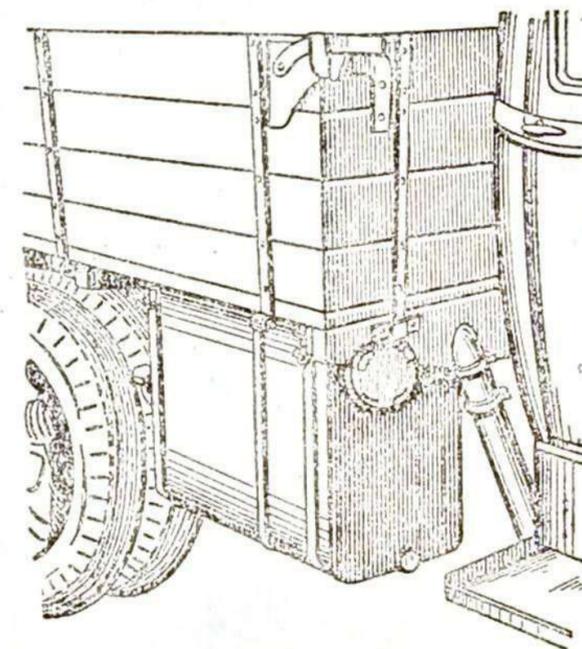


Рис. 85. Монтаж очистителя древесно-угольной газогенераторной установки ЦНИИАТ УГ-1 на шасси автомобиля ГАЗ-АА.

Двигатель развивает при работе на газе 46—47 л. с., что на 35% меньше мощности двигателя ЗИС-5 при работе на бензине. Для улучшения динамики задний мост имеет повышенное передаточное число.

Аналогичное размещение на шасси автомобиля имеют агрегаты газогенераторной установки ЗИС-21, состоящей из древесно-чурочного газогенератора, трех грубых очистителей-охладителей и тонкого очистителя с кольцами.

Автомобиль ЗИС-21 является специальным газогенераторным автомобилем. Только по мощности двигателя его можно отнести ко второй группе. Однако при замене двигателя ЗИС-21 двигателем ЗИС-ВК (см. рис. 70) с верхними всасывающими клапанами,

мощность которого при работе на газе равна 68,5 л. с., автомобиль ЗИС-21 может быть во всех отношениях признан автомобилем, специально построенным для работы на генераторном газе.

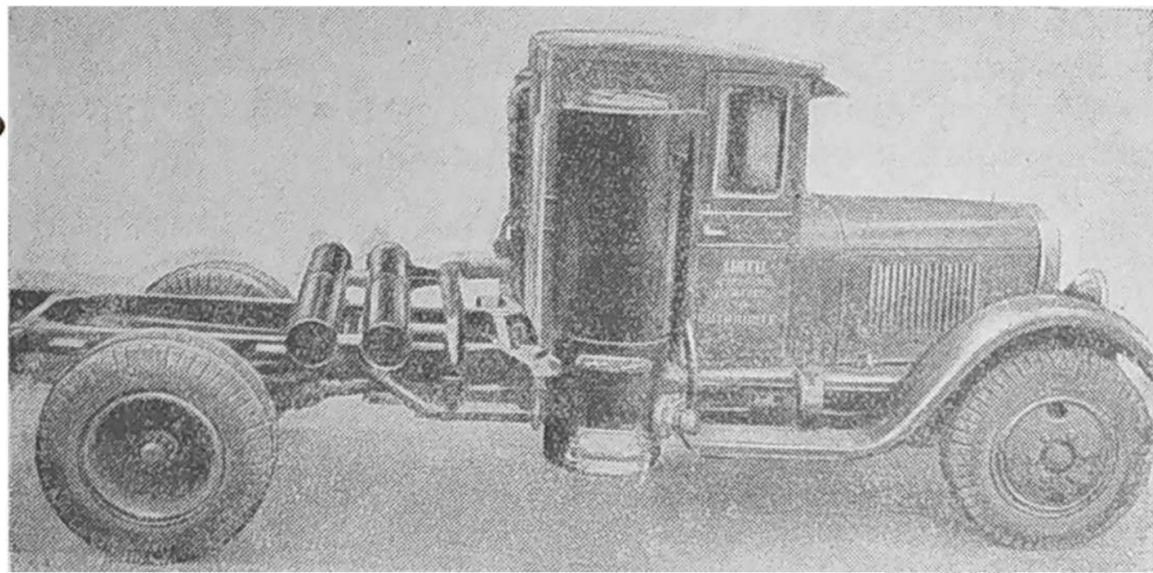


Рис. 86. Шасси автомобиля ЗИС-21 с древесно-угольной газогенераторной установкой НАТИ Г-23-А2.

Другим еще более ярким примером газогенераторного автомобиля специализированного типа является автомобиль с древесно-чурочной газогенераторной установкой, схема которой была приведена на рис. 40.

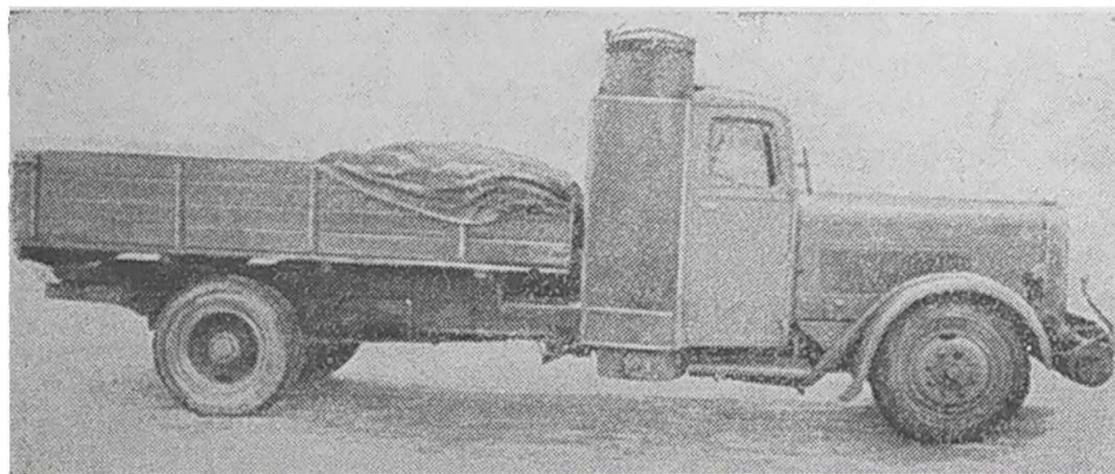


Рис. 87. Газогенераторный автомобиль с древесно-чурочной установкой (вид сбоку).

На этом автомобиле кабина имеет специальное помещение для газогенератора, закрытое снаружи перфорированным железным листом (рис. 87).

Охлаждитель газа помещен перед водяным радиатором двигателя под одной и той же облицовкой (рис. 88).

Грубый очиститель установлен под охладителем газа, позади бампера, и соединен с другими агрегатами газогенераторной установки гибкими металлическими шлангами.

Тонкий фильтр смонтирован с левой стороны под грузовой платформой. По внешнему виду этот автомобиль мало отличается от бензинового.

Перенесение газогенераторной установки в переднюю часть автомобиля позволяет получить более правильное распределение веса на его переднюю и заднюю оси в нагруженном состоянии (на заднюю ось должно приходиться не более 70% веса груженого автомобиля). В этом отношении наиболее благоприятные

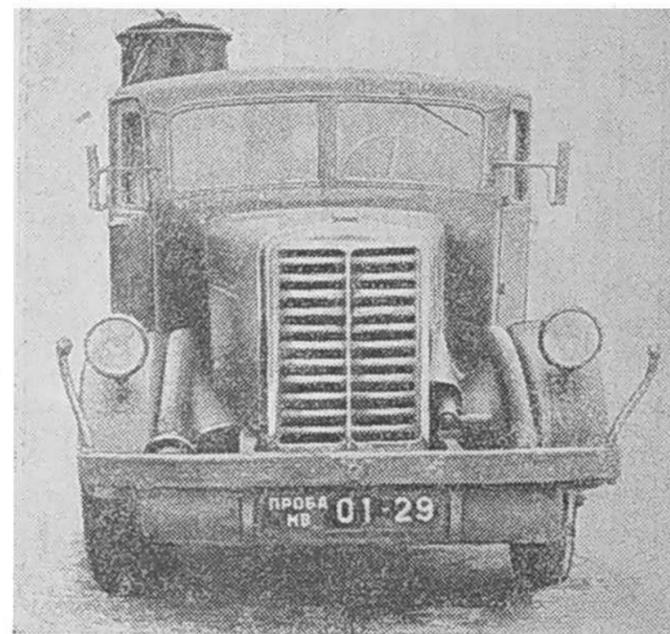


Рис. 88. Газогенераторный автомобиль с древесно-чурочной установкой (вид спереди).

результаты дают газогенераторные автомобили, в которых кабина шофера расположена над двигателем.

В газогенераторных автомобилях, специальных или переоборудованных для постоянной работы на газе, газогенераторная установка не должна выходить за габариты автомобиля. Клиренс по наименьшим точкам газогенераторной установки должен быть не менее 350—400 мм.

2. ДИНАМИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Динамические качества большинства газогенераторных автомобилей ниже динамических качеств одноплатных бензиновых автомобилей, что, в основном, является результатом падения мощности при конвертировании бензиновых двигателей на генераторный газ.

На рис. 89 показаны динамические характеристики автомобилей ГАЗ-АА (бензинового) и ГАЗ-42 (газогенераторного), из которых видно, что величина динамического фактора газогенераторного автомобиля, равная 0,055, на 16,6% ниже динамического фактора однотипного бензинового автомобиля ГАЗ-АА.

На динамику газогенераторных автомобилей оказывает влияние также меньшая приемистость двигателя, вследствие инерции генераторного процесса, которая, в свою очередь, зависит от конструкции газогенератора и сорта топлива. Так, например, динамические качества антрацитового автомобиля будут хуже,

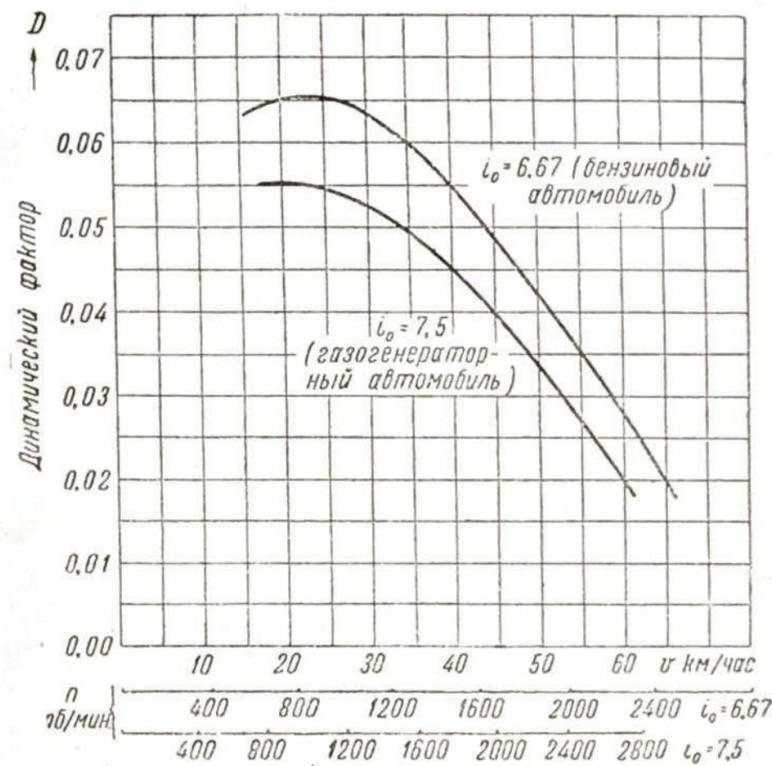


Рис. 89. Динамические характеристики автомобилей ГАЗ-АА и ГАЗ-42 на прямой передаче.

чем у однотипного древесно-угольного автомобиля, даже при одинаковом значении максимальной мощности двигателя.

Как известно, динамические качества автомобиля, в основном, могут быть охарактеризованы следующими двумя параметрами:

- 1) величиной динамического фактора D на прямой передаче;
- 2) максимальной скоростью движения автомобиля v_{\max} .

Динамический фактор автомобиля может быть выражен следующим уравнением:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a} \text{ кг/кг}, \quad (1)$$

где: P_k — тяговое усилие на ведущих колесах;
 P_w — сила сопротивления воздуха;
 G_a — полный вес автомобиля.

Значения P_w и G_a для газогенераторных автомобилей обычно несколько больше, чем для однотипных бензиновых автомобилей, так как газогенераторная установка, смонтированная на автомобиле, увеличивает его лобовую площадь (на 5—8%) и мертвый вес (от 8 до 15%).

Однако главное влияние на величину динамического фактора оказывает P_k , величина которого равна крутящему моменту на ведущих колесах автомобиля M_a , деленному на радиус колеса r_k .

Как известно, крутящий момент на ведущих колесах равен:

$$M_a = M_{кр} \cdot \eta_a \cdot i_0, \quad (2)$$

где: $M_{кр}$ — крутящий момент двигателя;
 η_a — к. п. д. трансмиссии автомобиля;
 i_0 — передаточное число трансмиссии (или передаточное число заднего моста при движении автомобиля на прямой передаче; $i_0 = i_{\text{заднего моста}}$).

Принимая $\eta_a = 0,85$ и подставляя это значение в формулу (2), получим:

$$M_a = 716,2 \frac{N_e}{n} \cdot \eta_a \cdot i_0 = 716,2 \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{900 \cdot n} \cdot 0,85 \cdot i_0,$$

откуда

$$M_a = 0,608 P_e \cdot V_h \cdot i_0 \text{ кгм.}$$

Следовательно, для того, чтобы увеличить крутящий момент на ведущих колесах автомобиля и повысить этим величину динамического фактора D , необходимо повысить среднее эффективное давление двигателя P_e , заменить двигатель на новый большего литража V_h или увеличить передаточное число заднего моста.

В газогенераторных автомобилях, созданных в результате переоборудования существующих бензиновых автомобилей, возможности для увеличения P_e ограничены, а V_h не может быть изменено.

Увеличение же динамического фактора (при заданном типе двигателя) путем увеличения i_0 является наиболее легко осуществимым. Однако с увеличением передаточного числа заднего моста максимальная скорость автомобиля будет снижаться. На рис. 90 показан баланс мощности газогенераторного автомобиля при двух значениях передаточного числа. При увеличении передаточного числа, кривая мощности на ведущих колесах автомобиля сдвигается влево (пунктирная кривая), в результате чего запас мощности N_j на малых и средних скоростях движения увеличивается, а максимальная скорость (определяемая точкой

пересечения кривой мощности автомобиля N_a с кривой внешних сопротивлений N_{f+w}) уменьшается.

Производительность автомобиля (в тонно-километрах), при заданной грузоподъемности и прочих равных условиях, прямо пропорциональна средней технической скорости движения, которая, в свою очередь, зависит от динамического фактора и максимальной скорости движения.

Для газогенераторных автомобилей, которые в большинстве случаев эксплуатируются на дорогах местного значения, т. е. на дорогах пониженных качеств, влияние максимальной скорости на

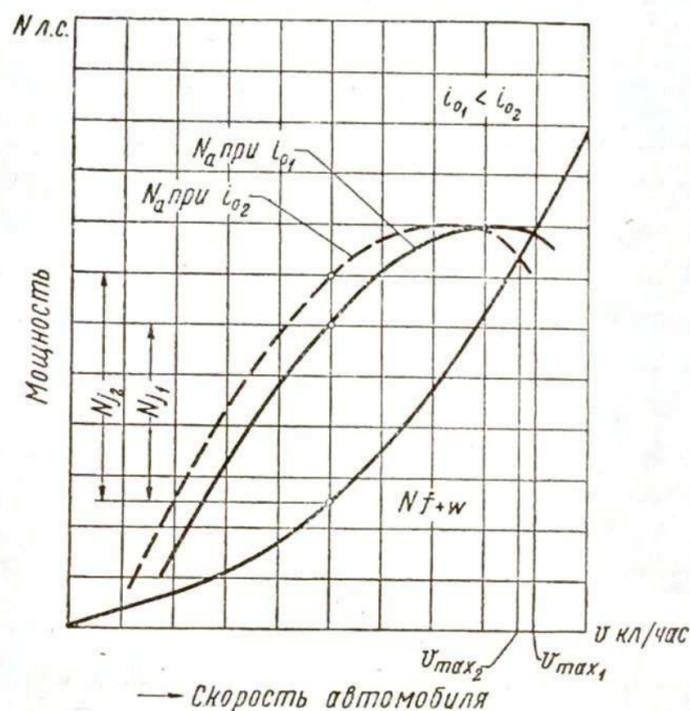


Рис. 90. Влияние передаточного числа i_0 заднего моста на максимальную скорость автомобиля и на запас мощности на средних и малых скоростях.

производительность автомобиля невелико, а влияние динамического фактора — огромно. Поэтому увеличение передаточного числа заднего моста, несмотря на снижение максимальной скорости автомобиля, в конечном итоге повышает его производительность.

На рис. 91 показаны динамические характеристики бензинового автомобиля ЗИС-5 и газогенераторных автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-ВК.

Из приведенных данных следует, что динамический фактор газогенераторного автомобиля ЗИС-21, равный 0,04, на 26% меньше, чем бензинового автомобиля ЗИС-5, так как мощность двигателя ЗИС-21 составляет всего 46—47 л. с. Максимальная скорость равна 51 км/час. При двигателе ЗИС-ВК, который развивает мощность на газе в 68,5 л. с. (см. рис. 71), величина динамического фактора автомобиля повышается до 0,044, даже при

сохранении передаточного числа бензинового автомобиля ($i_0 = 6,41$). При увеличении передаточного числа до 7,67 (обычного для газогенераторного автомобиля ЗИС-21), динамический фактор повышается до уровня бензинового автомобиля ЗИС-5 и даже превышает его на средних скоростях движения.

Таким образом, в результате изменения передаточного числа заднего моста с 6,41 на 7,67 динамический фактор увеличивается на 18%, а максимальная скорость движения автомобиля снижается всего на 4%.

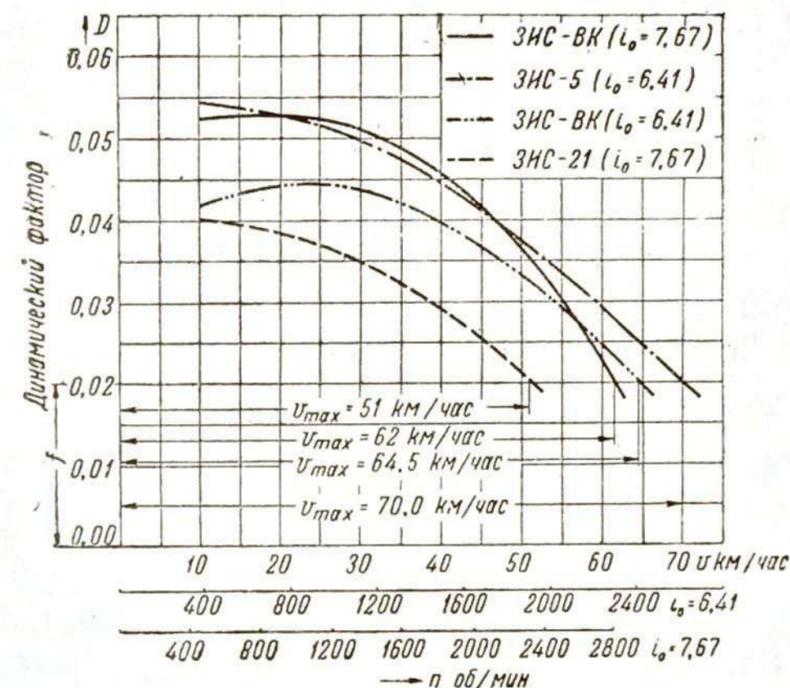


Рис. 91. Динамические характеристики автомобилей с двигателями ЗИС-5, ЗИС-21 и ЗИС-ВК на прямой передаче.

Для большинства существующих газогенераторных автомобилей величина динамического фактора изменяется в пределах 0,04—0,05, а максимальная скорость равна 50—60 км/час.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В Советском Союзе до начала Отечественной войны в массовом количестве выпускались два типа газогенераторных автомобилей: ГАЗ-42 и ЗИС-21. Эти автомобили предназначены для работы только на древесных чурках и имеют тождественные схемы газогенераторных установок (см. рис. 45 и 92). В обоих случаях применены газогенераторы обращенного процесса газификации с цельнолитыми камерами, очистители-охладители с перфорированными пластинами и тонкие фильтры с кольцами. Различия заключаются только в размерах отдельных агрегатов, их размещении на шасси автомобиля, а также в том, что газогенератор-

ная установка ЗИС-21 имеет три секции грубых очистителей-охладителей, а установка ГАЗ-42 — только две. Принцип действия, размеры и конструкция отдельных агрегатов были описаны выше в соответствующих разделах. В приложении 2 приведена техническая характеристика этих газогенераторных автомобилей.

В 1940—41 гг. работниками НАТИ были разработаны конструкции древесно-угольных газогенераторных установок Г-21-А2 для автомобиля ГАЗ (см. рис. 54) и Г-23-А2 для автомобиля ЗИС (см. рис. 86), которые монтировались на тех же шасси, что и древесно-чурочные установки ГАЗ-42 и ЗИС-21. Однако серийного выпуска эти газогенераторные установки не получили.

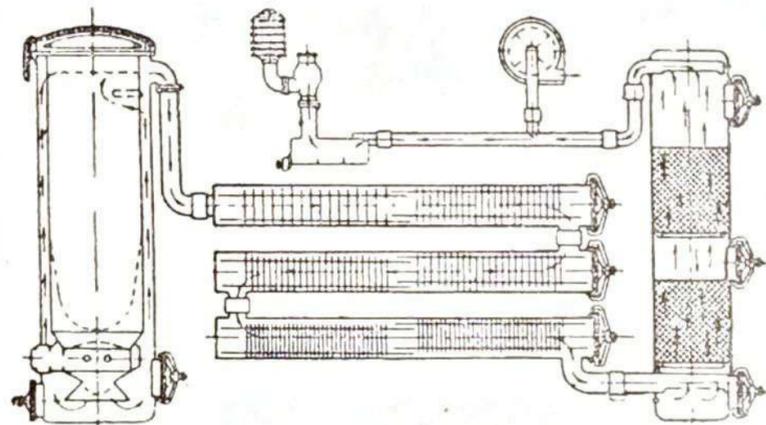


Рис. 92. Схема древесно-чурочной газогенераторной установки ЗИС-21.

Во время Отечественной войны НАТИ сконструировал газогенераторные установки Г-59-01 (для автомобиля ГАЗ-АА) и Г-69-01 (для автомобиля ЗИС-5), предназначенные для работы на древесных чурках, торфе, буром угле.

Принципиальная схема этих установок показана на рис. 93.

Газогенераторные установки Г-59-01 и Г-69-01, особенно в варианте для древесных чурок, изготовлялись в большом количестве различными организациями и во время войны получили большое распространение.

Примерно в это же время ЦНИИАТ разработал улучшение конструкции древесно-угольных газогенераторных установок ГАЗ-УГ-1 и ЗИС-УГ-2, принципиальная схема которых показана на рис. 94.

Эти установки отличались от прежних опытных конструкций НАТИ (Г-21-А2 и Г-23-А2) небольшими размерами и малым весом, а также отсутствием водяного охлаждения фурмы грубых очистителей и матерчатого фильтра, который был заменен барботажным очистителем.

Технические характеристики газогенераторных установок Г-59-01, Г-69-01, ГАЗ-УГ-1 и ЗИС-УГ-2 приведены в приложении 2.

В 1944 г. автозавод им. Сталина в Москве и автозавод им. Молотова в Горьком подготовили к производству новые усо-

вершенствованные типы древесно-чурочных газогенераторных установок с радиаторной системой охлаждения и очистки газа.

Вес этих установок был значительно снижен, по сравнению с установками газогенераторных автомобилей довоенного выпуска (см. табл. 29).

Таблица 29

Год выпуска	1939		1944	
	ЗИС-21	ГАЗ-42	ЗИС-41	ГАЗ-42 (44 г.)
Тип установки				
Вес установки, кг	495	450	200	150

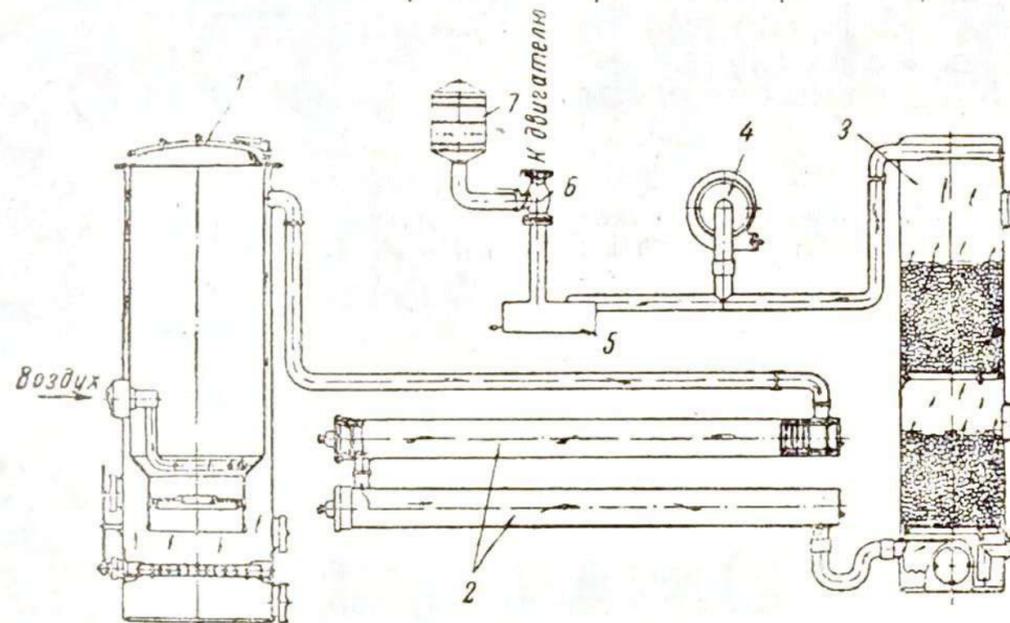


Рис. 93. Принципиальная схема газогенераторных установок Г-59-01 и Г-69-01 для газификации древесных чурок, торфа и бурого угля: 1 — газогенератор; 2 — грубый очиститель-охладитель; 3 — тонкий очиститель; 4 — вентилятор; 5 — отстойник; 6 — смеситель; 7 — воздушный фильтр.

Принципиальная схема газогенераторной установки ЗИС-41 показана на рис. 95. Газогенератор обращенного процесса газификации имеет цельнолитую стальную камеру и качающуюся колосниковую решетку. Очистка и охлаждение газа производятся в одном агрегате — газовом радиаторе, который монтируется перед водяным радиатором двигателя. Очистка газа от грубых частиц пыли, в основном, производится в самом газогенераторе, благодаря наличию колосниковой решетки и свободного зольникового пространства. В радиаторном очистителе задерживаются только средние и тонкие частицы пыли.

Аналогичную схему имеет газогенераторная установка ГАЗ-42 (44 г.). Она отличается от установки ЗИС-41 только несколькими формами камеры газификации и колосниковой решетки, а также тем, что радиаторный очиститель имеет поддон с двой-

ным барботажным устройством и насадкой из древесной шерсти. В серийное производство эти установки пока еще не пущены, так как системы очистки окончательно не отработаны.

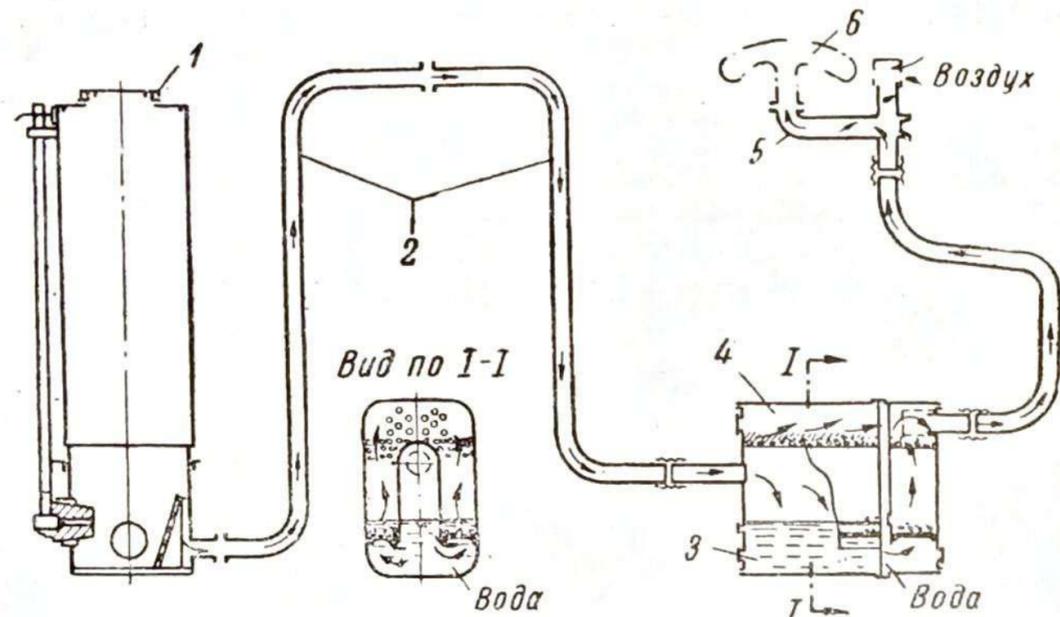


Рис. 94. Принципиальная схема древесно-угольных газогенераторных установок ГАЗ-УГ-1 и ЗИС-УГ-2:
1—газогенератор; 2—охладитель; 3—очиститель; 4—кольца; 5—смеситель газа; 6—всасывающий коллектор двигателя.

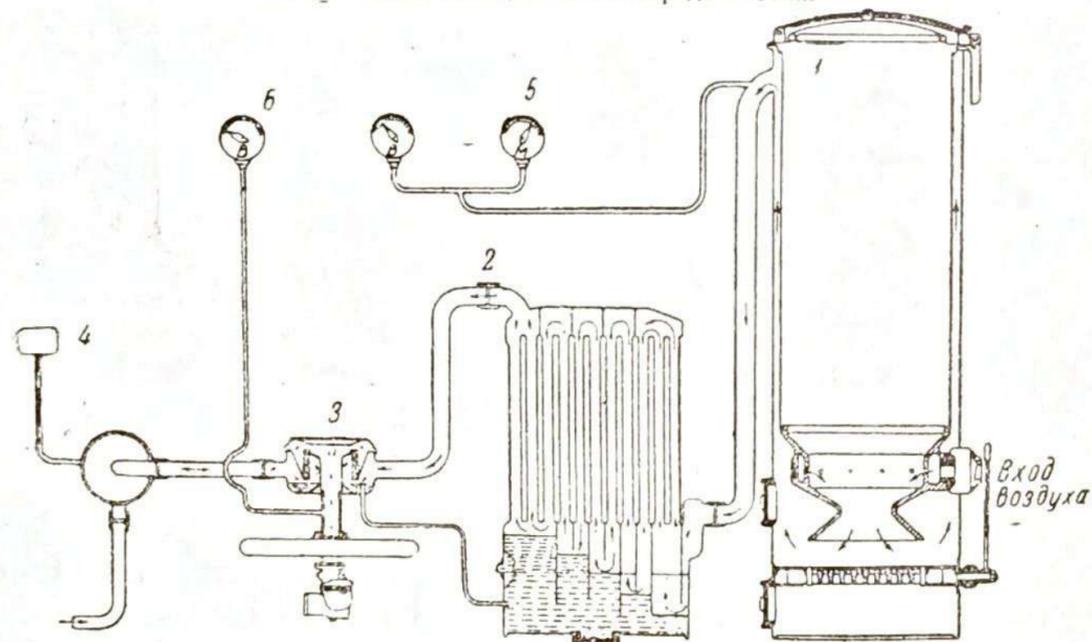


Рис. 95. Схема древесно-чурочной газогенераторной установки ЗИС-41:
1—газогенератор; 2—очиститель-охладитель; 3—тонкий фильтр; 4—электрический пробник газа и зажигалка; 5—манометр до 0,3 атм; 6—вакуумметр до 0,2 атм.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Наличие на газогенераторном автомобиле специальной газогенераторной установки и работа двигателя на генераторном газе создают специфические особенности эксплуатации газогенераторных автомобилей в части запуска, вождения, дополнительного ухода и техники безопасности.

а) Подготовка и пуск в ход газогенераторных автомобилей

Пуск в ход исправного газогенераторного автомобиля включает в себя заправку (или догрузку) бункера газогенератора топливом, розжиг газогенератора и запуск двигателя на газе. В газогенераторных установках, работающих с подачей водяного пара или имеющих барботажные очистители, при утреннем пуске необходимо заправить водой соответствующие емкости.

При работе на смолистых сортах твердого топлива (древесные чурки, торф, бурый уголь) перед загрузкой топлива в бункер порожнего газогенератора необходимо заполнить камеру газификации древесным углем или коксом газифицируемого топлива (на 50—100 мм выше уровня фурменного пояса).

В древесно-чурочных газогенераторах с камерой газификации, имеющей горловину, древесным углем заполняется также нижняя часть газогенератора вокруг камеры до уровня горловины.

Только после заполнения камеры газификации древесным углем производят заправку бункера основным топливом.

Топлива, не содержащие смол (например, торфяной кокс, полукокс), которые газифицируются в газогенераторах прямого и поперечного процессов, не требуют применения для розжига древесного угля и загружаются непосредственно в камеру газификации и бункер газогенератора. Исключение составляет антрацит, обладающий плохой воспламеняемостью и низкой реакционной способностью и требующий поэтому применения для розжига древесного угля (или иного легко воспламеняющегося топлива).

По окончании заправки загрузочный люк газогенератора закрывается и производится розжиг газогенератора горящим факелом путем просасывания воздуха через газогенераторную установку.

Для этого включается электроventильатор и закрываются воздушная и дроссельная заслонки смесителя (заслонка ventильатора должна быть открыта). Окончание розжига определяется по его продолжительности или путем поджигания газа на выходе из ventильатора („готовый“ газ должен гореть). По окончании розжига заслонка ventильатора закрывается и производится запуск двигателя на газе, во время которого воздушной заслонкой смесителя подбирается наиболее выгодный состав газозвушной смеси.

В случае отсутствия электроventильатора или при его неисправности розжиг газогенератора может быть осуществлен путем просасывания воздуха через газогенераторную установку двигателем, работающим на бензине.

В ряде случаев (при неисправности электроventильатора, недостатке бензина) розжиг газогенератора, особенно прямого процесса, может быть осуществлен самотягой.

В этом случае на колосниковую решетку газогенератора закладываются смоченные в масле концы и древесный уголь (или стружка, щепка и т. п.), которые поджигаются.

Для создания самотяги зольниковый и загрузочный люки должны быть открыты. После того как костер разгорится, в газогенераторе

нератор загружают топливо (от 1/4 до 1/2 бункера) и дают ему разгореться; затем, догрузив еще раз топливо, закрывают люки, запускают двигатель на бензине и переводят его на газ. Самотяга применяется также при длительной остановке горячего газогенератора для того, чтобы подсушить топливо и поддержать горение в газогенераторе. Это облегчает последующий запуск. Особенно рекомендуется применять самотягу на стоянках при работе на полукоксе или антраците.

Пусковые качества различных газогенераторных автомобилей, характеризующиеся продолжительностью розжига газогенератора

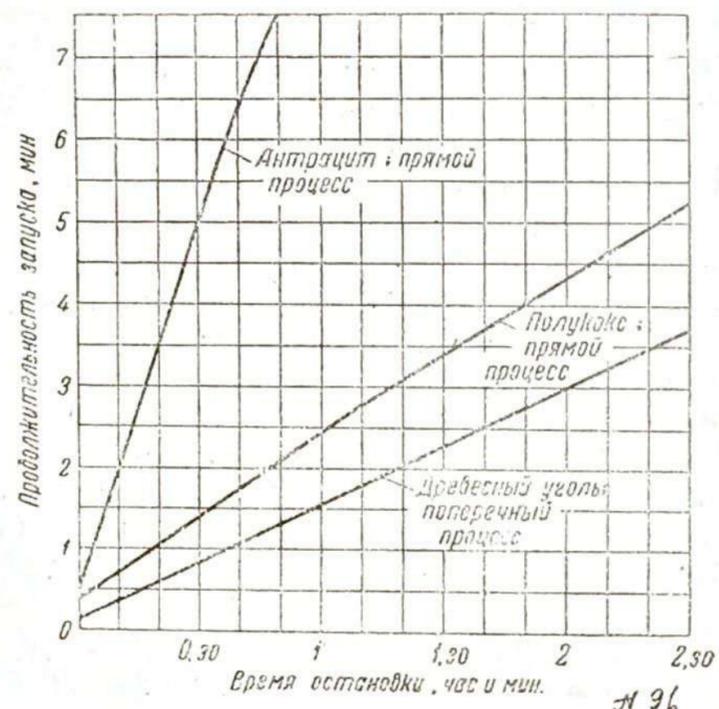


Рис. 96. Продолжительность запуска двигателя на газе в зависимости от времени стоянки и вида газифицируемого топлива (по опытам автора в НАТИ).

и пуска двигателя на газе, а также продолжительностью запуска двигателя после стоянок различной длительности, приведены в табл. 30 и на рис. 96.

Таблица 30

Наименование операции по запуску двигателя	Время, мин.		
	древесный уголь, поперечный процесс	древесные чурки, обработанный процесс	полукокс, прямой процесс
Розжиг холодного газогенератора и запуск двигателя на газе . . .	1,5—3,0	3—8	5—10

Из приведенных данных следует, что наилучшие результаты по розжигу и запуску дает древесный уголь, а наихудшие — антрацит.

Скорость дутья также оказывает существенное влияние на продолжительность розжига; наилучшие результаты по розжигу обычно получаются для газогенераторов поперечного процесса горения, в которых скорость дутья наибольшая.

б) Расход топлива и периодичность догрузки бункера

В отличие от бензиновых автомобилей, газогенераторные автомобили требуют более частой заправки топливом, что связано с его меньшей теплотворной способностью в единице объема.

В табл. 31 приведены данные по эксплуатационному расходу топлива газогенераторными автомобилями ГАЗ и ЗИС и по запасу хода на одной загрузке бункера (при существующих размерах газогенераторов).

Таблица 31

Наименование топлива	Расход топлива, кг/100 км		Запас хода на одной загрузке бункера, км
	автомобилем ГАЗ	автомобилем ЗИС	
Древесные чурки	55	90	70
Древесный уголь	35	60	70
Торф	40	70	50
Бурый уголь	35	60	100
Полукокс	32	55	100
Антрацит	32	55	180

При работе на топливах повышенной влажности (древесных чурках, торфе, буром угле) догрузку топлива надо производить не в конце работы, а перед выездом, после пуска двигателя на газе и прогрева газогенератора.

Если же догрузка была произведена в конце работы, необходимо применить самотягу с тем, чтобы топливо подсохло.

Перед догрузкой надо прошуровать топливо, т. е. осадить его в бункере, во избежание образования сводов.

При работе на шлакующих топливах шуровку следует производить особенно тщательно, стараясь при этом разрушить и осадить шлак, образовавшийся в камере газификации газогенератора.

в) Вождение газогенераторных автомобилей и устранение неисправностей

Инерция генераторного процесса, особенно заметная при переходе с режимов малых нагрузок на режим максимального отбора газа, отрицательно сказывается на разгоне автомобиля и его способности преодолевать препятствия.

Наилучшие показатели работы газогенераторного автомобиля достигаются в загородных условиях эксплуатации, когда отбор газа более постоянен и близок к максимальному. При движении в городе или на дорогах плохих качеств, работа газогенераторного автомобиля заметно ухудшается.

В пути необходимо учитывать инерцию газогенераторного процесса и заранее принимать соответствующие меры.

Приближаясь к подъему, следует заранее перейти на низшую передачу, чтобы поднять обороты двигателя и улучшить этим качество поступающего газа.

При длительных спусках необходимо поддерживать горение топлива в газогенераторе путем отбора газа двигателем, приводимым в движение от трансмиссии с выключенным зажиганием (применять торможение двигателем).

При движении автомобиля не следует резко нажимать на педаль акселератора или резко менять положение воздушной заслонки смесителя.

После длительных остановок (более 30—40 мин.) перед пуском двигателя на газе следует восстановить процесс в газогенераторе, включив на 2—3 мин. электровентилятор, или произвести заводку на бензине с последующим переходом на газ.

Остановку автомобиля в пути надо, по возможности, делать на спуске, чтобы использовать естественный накат при трогании с места и начале работы двигателя на газе.

При движении автомобиля необходимо периодически проверять наивыгоднейшее положение воздушной заслонки. Однако при движении на подъеме этого делать не следует, так как потеря правильного положения заслонки может быть причиной остановки двигателя.

При работе двигателя на малых оборотах следует прикрывать воздушную заслонку смесителя.

По положению воздушной заслонки смесителя можно определить неисправность газогенераторной установки или двигателя.

Плохие тяговые качества автомобиля при нормальном положении воздушной заслонки могут быть вызваны следующими основными причинами:

- 1) неправильной установкой зажигания;
 - 2) пробоинами в прокладке крышки блока;
 - 3) засорением пылью (или смолой) всасывающего коллектора или смесителя;
 - 4) отсутствием компрессии.
- Отсутствие компрессии может быть вызвано как естественным

износом поршневой группы, так и присмолением поршневых колец или клапанов двигателя. Повышенное содержание смолы в газе может быть следствием: попадания чурки в зону восстановления, наличия щели или трещины в бункере, а также длительной работы на холостых оборотах двигателя при влажном топливе. Присмоление клапанов и колец двигателя можно ликвидировать заливкой под свечи ацетона.

Прикрытое положение воздушной заслонки указывает на падение тяговых свойств вследствие:

- 1) недоброкачества топлива;
- 2) прососов в люках и в местах соединения газопровода;
- 3) наличия трещин в камере газификации или в корпусе газогенератора;
- 4) засорения зольника или очистителей угольной пылью и мелочью.

Необходимо постоянно следить за герметичностью (плотностью) всех фланцевых и шланговых соединений газопровода и за плотной посадкой люков.

Рваные и пригорелые прокладки служат причиной прососов воздуха. Для сохранения прокладок и устранения прососов необходимо периодически смазывать их графитовой пастой (смесь 50% графитового порошка и 50% солидола).

Для определения места прососа следует хорошо разжечь газогенератор (просасывая газ вентилятором или двигателем), после чего закрыть заслонки смесителя и вентилятора и заглушить концами или размоченным в воде асбестом отверстие обратного клапана в футорке газогенератора.

Место прососа обнаружится по дымлению газа, выходящего под давлением через щель или неплотность соединения.

г) Периодичность очистки газогенераторных установок

Абсолютная величина сопротивления газогенераторной установки и интенсивность его нарастания по мере работы автомобиля (в результате засорения газогенератора золой и шлаком, а очистителей—пылью) характеризует совершенство конструкции установки и определяет продолжительность работы отдельных ее элементов до чистки.

В табл. 32 приведены средние значения разрежения в древесно-чурочной газогенераторной установке, из которых видно, что после пробега в 1200 км сопротивление установки повысилось на 28%.

Еще более значительную разницу в сопротивлении дают древесно-угольные установки с матерчатыми фильтрами.

На рис. 97 показано изменение сопротивления чистой установки НАТИ Г-21 после пробега в 1000 км (пробег после чистки от шлака—100 км), в зависимости от скорости движения автомобиля.

Таблица 32

Состояние газогенераторной установки	Разрежение в мм рт. ст. при скорости автомобиля 40 км/час	
	за газогенератором	перед смесителем
Чистая установка	18	35
Загрязненная установка после пробега 1200 км	23	45

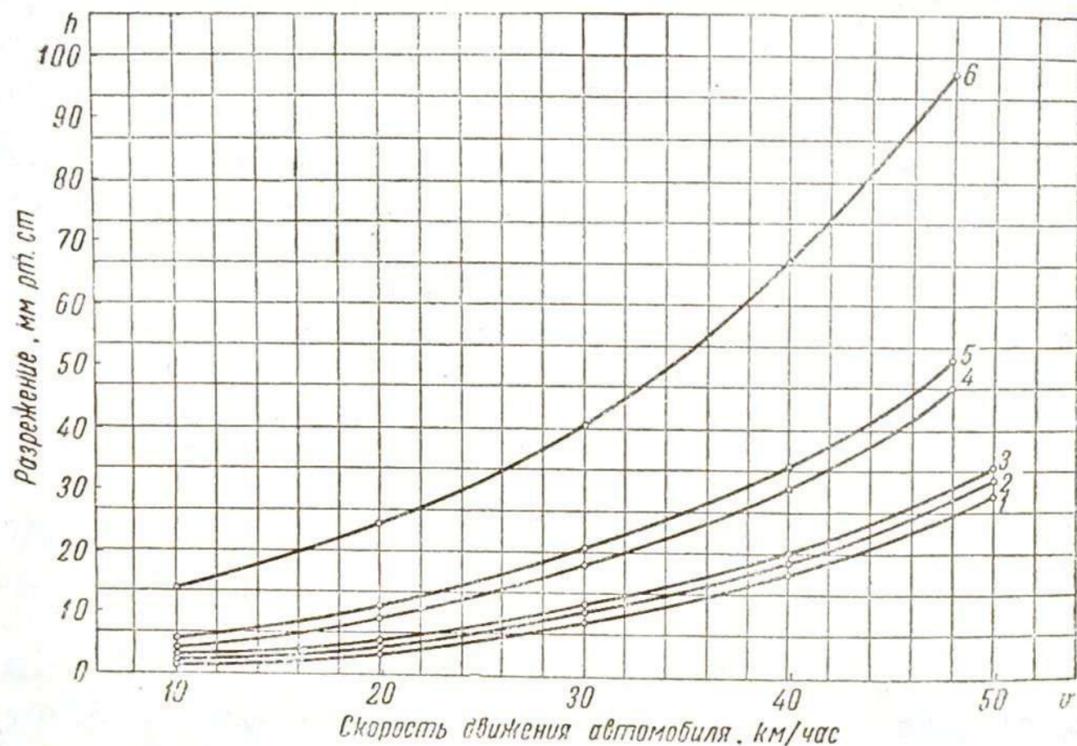


Рис. 97. Сопротивление древесно-угольной газогенераторной установки НАТИ Г-21 после чистки и в загрязненном состоянии после пробега в 1000 км:

- 1 — разрежение за генератором;
 - 2 — разрежение в тонком очистителе под коксом;
 - 3 — разрежение в верхней части тонкого очистителя за матерчатый фильтр;
 - 4 — разрежение за генератором;
 - 5 — разрежение в тонком очистителе под коксом;
 - 6 — разрежение в верхней части тонкого очистителя за матерчатый фильтр.
- } Установка чистая.
- } Установка загрязнена после 1000 км пробега.

Из приведенных данных видно, что сопротивление установки за указанный пробег увеличилось в три раза, причем, в основном, это произошло за счет засорения пылью матерчатого фильтра.

В современных газогенераторных установках сопротивление не должно увеличиваться более чем на 50%, причем падение мощности, по мере засорения установки, не должно превышать

10% (за 100% принимается мощность двигателя при работе с вычищенной установкой).

Чистка газогенераторной установки производится путем удаления провала из зольника и уносов из грубых очистителей, а также путем промывки водой тонких очистителей и радиаторных охладителей от мельчайших частиц сажи.

В газогенераторах, работающих на шлакующихся топливах, помимо чистки зольника, приходится производить полную перезарядку газогенератора с удалением из камеры горения остатков угольной мелочи, золы и шлака.

В зависимости от конструкции газогенераторной установки и вида потребляемого топлива (его прочности, зольности и т. п.), периодичность чистки отдельных агрегатов изменяется в довольно широких пределах.

В табл. 33 указаны средние значения сроков чистки отдельных элементов газогенераторных установок современных газогенераторных автомобилей.

Таблица 33

Наименование операций	Пробег до чистки, км		
	Класс топлив (см. стр. 21)		
	I	II	III
Чистка зольника и циклонов	500	300	200
Перезарядка газогенератора и чистка грубых очистителей	1500	1000	500
Чистка и промывка фильтров*	3000	2000	1000

Периодичность чистки агрегатов газогенераторных установок отечественных газогенераторных автомобилей указана в приложении 2.

д) Техника безопасности

При эксплуатации и хранении газогенераторных автомобилей необходимо соблюдать следующие правила технической и противопожарной безопасности.

1. Не производить розжиг газогенератора в закрытом помещении.

2. Перед розжигом газогенератора, а также перед очисткой зольника поставить автомобиль так, чтобы поблизости не было легковоспламеняющихся материалов (топлива, сена, соломы).

* Чистка матерчатых фильтров производится через 800—1000 км пробега. Промывку радиаторных очистителей желательнее производить ежедневно.

3. Во время догрузки топлива или осмотра газогенератора и очистителей с открытыми люками не заглядывать внутрь и не дышать газом, так как окись углерода СО является отравляющим веществом.

4. Производя шуровку топлива и его загрузку в бункер, принять меры предосторожности против ожога газом, который может воспламениться. Чтобы предупредить выброс пламени через зольниковый люк при чистке зольника, надо предварительно открыть загрузочный люк (после того как двигатель будет остановлен и газогенератор остынет в течение 10—20 мин.).

5. При осмотре газогенераторной установки в горячем состоянии не касаться руками горячих деталей во избежание ожогов. Не допускать работу газогенераторной установки с ненормальным перегревом газогенератора (вследствие зашлакованности или подсоса воздуха).

6. При эксплуатации газогенераторного автомобиля не разрешается перевозить на нем легковоспламеняющиеся материалы: бензин, концы, солому, сено, вату и т. п.

7. Въезд автомобиля в помещение производить при работе двигателя на бензине (после того как газогенератор остынет в течение 10—20 мин.). При этом воздухоподводящее отверстие газогенератора и воздушная заслонка смесителя должны быть закрыты.

5. РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Срок службы существующих автомобильных газогенераторных установок значительно меньше, чем агрегатов шасси автомобиля.

При этом отдельные детали газогенераторных установок выгорают из строя довольно быстро.

В силу этого, ремонт и восстановление газогенераторных установок являются весьма актуальным вопросом.

Причинами, вызывающими разрушение отдельных узлов газогенераторных установок, являются:

- 1) высокая температура;
- 2) коррозия;
- 3) механические повреждения.

Воздействию высокой температуры подвержена камера газификации газогенератора и нижняя часть его корпуса.

Уксусная и муравьиная кислоты, выделяемые в результате происходящего в бункере процесса сухой перегонки древесины, вызывают коррозию бункера, а также деталей системы очистки газа в тех местах, где происходит конденсация кислот вместе с конденсацией водяных паров, содержащихся в газе.

Постепенному механическому разрушению подвержены все шланговые соединения и прокладки газогенераторной установки, которые обычно не ремонтируются и заменяются новыми.

Механические повреждения выступающих частей газогенера-

торных установок обычно носят аварийный характер и сводятся к появлению вмятин на нижней части корпуса газогенератора и тонкого фильтра при наезде на препятствие.

Таким образом, прогары и коррозия являются основными видами разрушений, в результате которых, по прошествии 20—40 тыс. км пробега, необходимо заменять:

- 1) бункер с камерой газификации;
- 2) секции перфорированных пластин грубых очистителей;
- 3) кольца и сетки тонкого фильтра.

а) Ремонт камеры газификации

Наиболее ответственная часть газогенератора—камера газификации—разрушается быстрее, чем другие элементы газогенераторной установки, в результате появления прогаров и трещин.

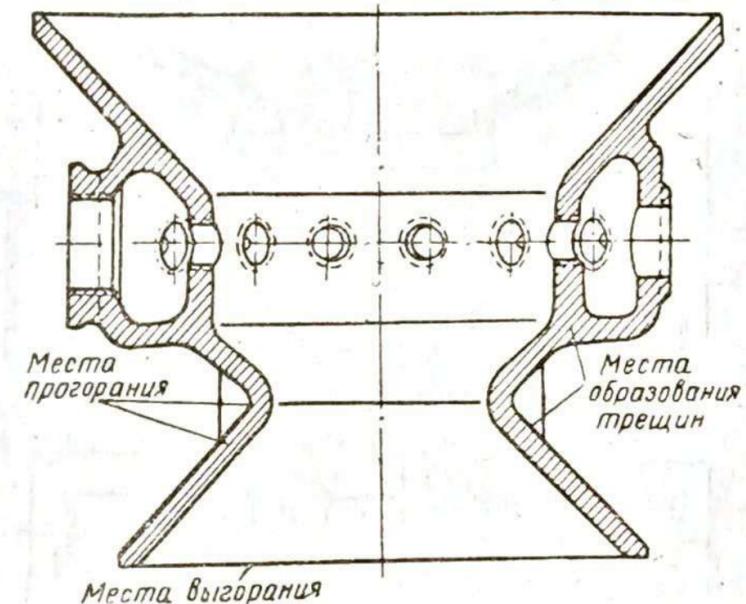


Рис. 98. Характер повреждений литой камеры газификации древесно-чурочного газогенератора.

Прогары образуются под действием высокой температуры, а трещины являются следствием неравномерного нагрева стенок камеры, приводящего к возникновению внутренних напряжений.

Алитирование стальных литых камер несколько замедляет процесс их обгорания; однако и в этом случае срок службы их не превышает 30 тыс. км пробега.

Часто, в результате подсосов через зольниковый люк и применения некондиционных древесных чурок, литые алитированные камеры служат не более 15—20 тыс. км пробега.

Наиболее быстрому выгоранию подвержена нижняя часть камеры—юбка и горловина (рис. 98).

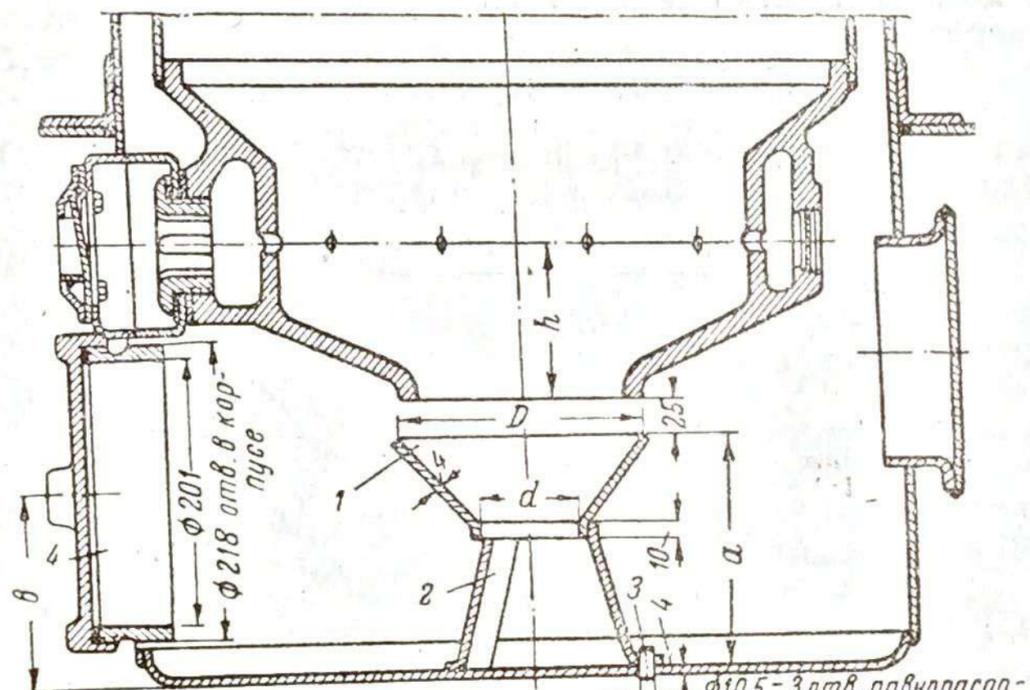
Верхняя часть камеры газификации—фурменный пояс—служит несколько дольше, но и он выходит из строя вследствие появления трещин.

Появившиеся небольшие трещины могут быть ликвидированы

путем заварки. Для этого предварительно необходимо удалить алитированный слой, обрубив зубилом края трещины до получения канавки глубиной 6—8 мм, с углом стенок 60—70°.

Сварочный шов должен быть плотным, без наличия пор и раковин.

При наличии в юбке камеры больших трещин или значительных прогаров, камера газификации может быть отремонтирована по одному из следующих трех способов.



φ10,5—3 отв. равномерно по окружности в днище газогенератора.

Газогенератор	Размеры, мм				
	h	D	d	a	в
ГАЗ-42	94	150	60	205	128
ЗИС-21	115	180	80	180	140

Рис. 99. Ремонт камеры газификации по способу инж. А. С. Балабанова и А. А. Соколова.

Первый способ, предложенный инженерами А. С. Балабановым и А. А. Соколовым (НАТИ), заключается в том, что поврежденная юбка камеры отрезается на уровне горловины (рис. 99) и под срезанную таким образом камеру устанавливается подпорный конус 1, который тремя ножками 2 крепится к днищу корпуса газогенератора. Для этой цели в днище сверлятся три отверстия, в которые вставляются и привариваются фиксирующие шпильки 3. Для удобства монтажа и демонтажа подпорного конуса обычный зольниковый люк заменяется резьбовым люком 4 большего диаметра.

При работе газогенератора газ проходит в щель между срезом камеры и подпорным конусом, а зола и угольная мелочь через отверстие конуса проваливаются вниз в результате тряски при движении автомобиля.

Возможность интенсивного отсева очаговых остатков в свободное зольниковое пространство позволяет газифицировать в отремонтированном таким образом газогенераторе не только древесные чурки, но и кусковой торф или торфяные брикеты.

К недостаткам данного способа ремонта следует отнести уменьшение объема восстановительной зоны газогенератора. Это обуславливает повышенную склонность к образованию смолистого газа и к менее устойчивой работе на переменном режиме, однако в пределах, обеспечивающих достаточную работоспособность газогенератора.

При втором способе ремонта, рекомендованном НАТИ, нижняя часть камеры обрезается до уровня фурменного пояса, к которому приваривается цилиндрическая обечайка 1 соответствующей высоты, изготовленная из листовой стали толщиной 8 мм (рис. 100).

Для обеспечения образования бессмольного газа внутрь обечайки монтируется стальной диск 2, снабженный направляющим кольцом 3. Концентрическое отверстие в середине диска, края которого усилены вставкой 4, служит горловиной камеры.

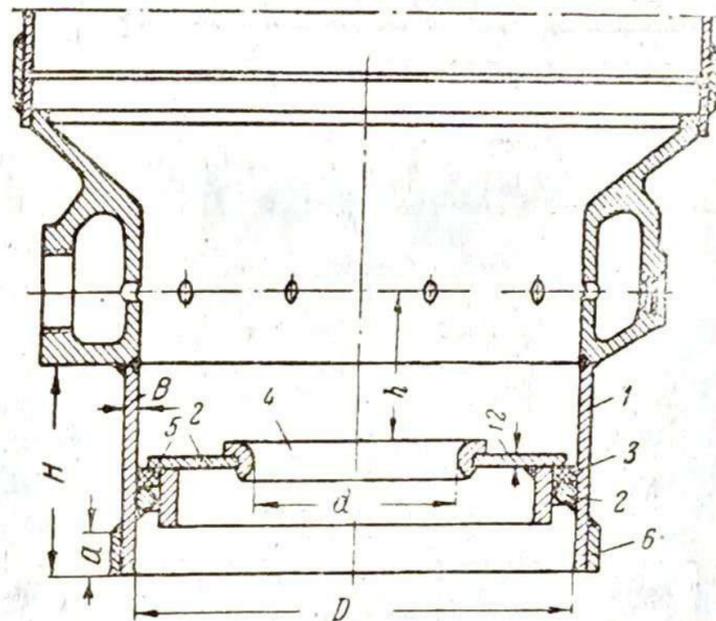
Для создания необходимой герметичности соединения между диском и опорным кольцом устанавливается прокладка 5 из шнурового асбеста.

Для обеспечения жесткости и повышения долговечности обечайки камеры внизу ее, с наружной стороны, приварено кольцо 6. Подобный способ ремонта камеры газификации обеспечивает ей достаточную долговечность.

Третий способ ремонта, разработанный ЦНИИАТ, заключается в следующем: камера газификации газогенератора, так же как и в предыдущем случае, обрезается по фурменному поясу, к которому приваривается цилиндрическая обечайка—кожух, изготовленный из листовой стали толщиной 3 мм (рис. 101).

Внутри этого кожуха монтируется огнеупорная асбоцементная вставка (горловина) следующего состава:

- 1) асбеста (распущенного)—20% (по весу);



Газогенератор	Размеры, мм				
	D	d	H	h	a
ГАЗ-42	200	100	122	80 ⁺¹⁰	25
ЗИС-21	340	150	153	100 ⁺¹⁰	40

Рис. 100. Ремонт камеры газификации по способу НАТИ.

2) глиноземистого цемента — 80%.

На формовку одной горловины камеры газификации ГАЗ-42 расходуется около 6,5 кг сухой смеси, к которой добавляется 3 л воды.

При ремонтах единичных камер асбоцементные горловины можно изготавливать в деревянной форме. При изготовлении горловин в серийном масштабе целесообразно применять чугунную прессформу.

Отформованная горловина покрывается мокрыми тряпками и выдерживается двое суток, после чего в течение четырех-пяти суток высушивается на воздухе. Отремонтированная по этому способу камера служит не менее 8—10 тыс. км, после чего разрушившаяся горловина может быть заменена новой.

Преимущество данного способа ремонта заключается:

а) в малом расходе металла;

б) в улучшении пусковых качеств и процесса газификации, вследствие низкой теплопроводности асбоцементной горловины, которая способствует сохранению тепла и повышению температуры в камере.

Как уже было отмечено выше, указанные способы ремонта пригодны только для камер с неповрежденными фурменными поясами. Если же в фурменном поясе образовались трещины, то ремонтировать такую камеру нецелесообразно.

В этом случае камера может быть заменена новой, упрощенного типа, конструкции НАТИ или ЦНИИАТ.

Упрощенная камера НАТИ типа УТВ состоит из следующих элементов (рис. 102):

а) конической обечайки 1, сваренной из листовой стали толщиной 8 мм;

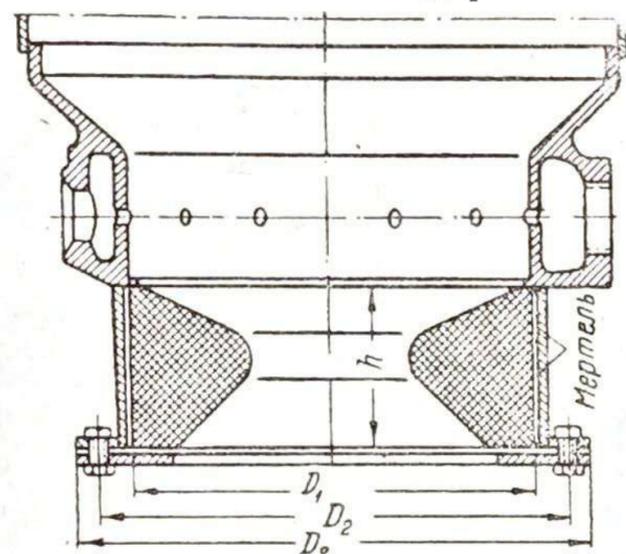
б) диска 2 с горловиной 4 и направляющим кольцом 3 и

в) воздухоподводящей трубы 5, приваренной к гнезду футорки 6.

При монтаже камеры УТВ в газогенератор ГАЗ-42 высота бункера укорачивается до 1020 мм, а при монтаже в газогенератор ЗИС-21 — до 1270 мм, считая от верхней плоскости фланца. При этом находящаяся в корпусе коробка воздушного клапана вырезается и приваривается соответственно выше. Образовавшееся при этом в корпусе газогенератора отверстие заделывается путем наложения и приварки заплат.

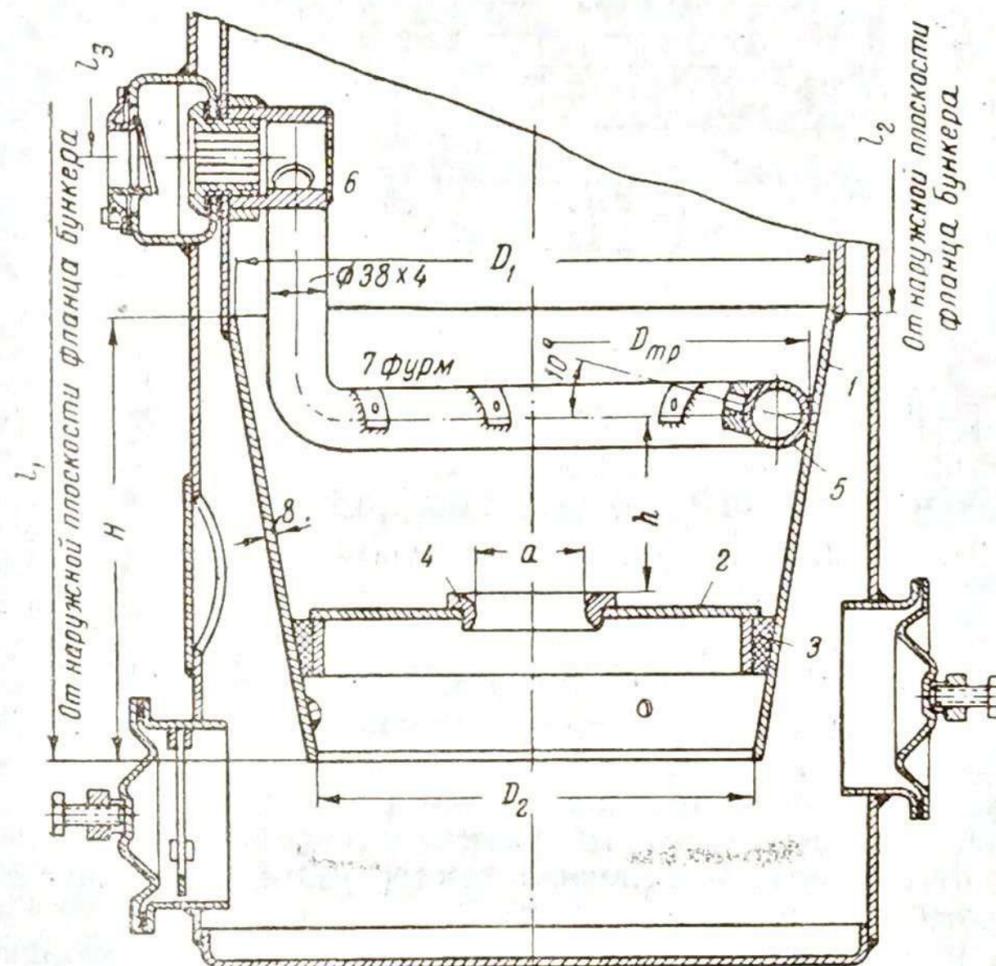
Наиболее изнашиваемыми деталями камеры УТВ являются воздухоподводящая труба и диск с горловиной, срок службы которых составляет 7—8 тыс. км пробега.

Упрощенная камера газификации ЦНИИАТ (конструкции инж. Вальчак) представляет собой сочетание метода ремонта камер при помощи асбоцементной горловины с заменой фурменного пояса



Газогенератор	Размеры, мм			
	D ₁	D ₂	D ₃	h
ГАЗ-42	290	317	337	120
ЗИС-21	354	388	415	142

Рис. 101. Ремонт камеры газификации по способу ЦНИИАТ.



Газогенератор	Размеры, мм									
	L ₁	L ₂	L ₃	H	h	D ₁	D ₂	d	D _{mp}	Диам. фурмы
ГАЗ-42	1310	1020	810	306	80	392	286	82	345	8
ЗИС-21	1625	1270	1125	363	140	488	360	90	443	11

Рис. 102. Замена литой камеры газификации камерой упрощенного типа (УТВ) по способу НАТИ.

воздухоподводящей трубой типа УТВ (рис. 103). В этом случае, при удалении поврежденной литой камеры, сохраняется ее верхний конус, к которому приваривается цилиндрический кожух 1 толщиной 6 мм, снабженный фланцем 2 и упорным кольцом 4.

В верхней части кожуха, на уровне оси коробки воздушного клапана, делается отверстие для приварки гнезда футорки воздухоподводящей трубы 3.

СРЕДНИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ТОПЛИВ

Наименование топлива	Исходное сырье	Размер кусков топлива, мм	Содержание вредных примесей, % по весу			Температура плавления золы, °C	Теплотворная способность (насыщенного объема)	Насыпной вес, кг/м³
			влаги W _p	зола A _c	летучих V _r			
Древесные чурки Древесный уголь Древесно-угольные брикеты	Древесина, преимущественно твердых пород	50×50×60 5-25	20 20	1 до 3	75-80 15-30	—	950 950	280-320 180-220
		Ø 20, h=15	12	до 3	8-12	—	2900	500-650
		10-25	5-8	$\frac{6}{4-8}$	10-20	0,1	2600	350-400
Торфяной кокс Малозольный торф Многозольный торф	Торф верховой	50×60 50×60	30 30	до 4 до 8	60-75 60-75	0,1 0,1	1200 1200	360-380 360-380
		10-30 20-60	8 15-30	$\frac{6}{4-8}$ до 8	8-12 25-40	0,6 1,0	2800 3800	400-450 750
Полукок	Угли типа журинских Карагандинский и Сулюктинский	10-30	8	$\frac{6}{4-8}$	8-12	0,6	2800	400-450
Бурый уголь	Марка Т	20-60	15-30	до 8	25-40	1,0	3800	750
Каменный уголь	Марка Т	10-20	6	до 8	до 15	1,0	—	—
Антрацит	АС	5-16	6	$\frac{6}{4-8}$	5-8	1,0	5650	900-1000

Примечание. Для всех топлив содержание мелочи и крупных кусков не более 5%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.

Наименование	Марка автомобиля						
	ГАЗ-42	ГАЗ Г-59-У	ГАЗ-УГ-1	ЗИС-21	ЗИС-Г-69	ЗИС-УГ-2	
1	2	3	4	5	6	7	
Марка шасси	ГАЗ-42 1250 2065	ГАЗ-АА 1250 2000	ГАЗ-АА 1250 1800	ЗИС-21 2500 3600	ЗИС-5 2500 3600	ЗИС-5 2500 3300	
Грузоподъемность, кг	3,7	3,8	4,4	Стандартная, ЗИС-5	5,2	6,0	
Вес автомобиля без груза, кг	54-56	54	54	48-50	45-46	48	
Полезная площадь платформы, м²	7,5:1	7,5:1	Стандартное, ГАЗ-АА	7,66:1	Стандартное, ЗИС-5	Стандартное, ЗИС-5	
Максимальная скорость, км/час	Древесные чурки	Древесные чурки, многозольный торф, бурый уголь	Древесный уголь	Древесные чурки	Древесные чурки, многозольный торф, бурый уголь	Древесный уголь	
Передаточное число заднего моста	53	53	36	88	88	57	
Топливо	60-70	60-для древесных чурок, 40-для торфа, 70-110-для бурого угля	80	60-70	60-для древесных чурок, 40-для торфа, 75-120-для бурого угля	70	
Расход топлива, кг/100 км	34-2700	32-2400	31-2200	47-2400	45-2300	45-2300	
Запас хода автомобиля на одной загрузке генератора из расчета израсходования в генераторе $\frac{2}{3}$ полного объема топлива, км							
Максимальная мощность двигателя (л. с.) и число оборотов в мин							

Марка автомобиля

Наименование	Марка автомобиля						
	ГАЗ-42	ГАЗ Г-59-У	ГАЗ-УГ-1	ЗИС-21	ЗИС-Г-69	ЗИС-УГ-2	
1	2	3	4	5	6	7	
6,5	6,5	6,5	6,5	7,0	7,0	7,0	
Эжекторный с центральным подводом газа	Эжекторный с параллельными потоками воздуха и газа	Эжекторный с параллельными потоками воздуха и газа	Сварной, типа "Тройник"	Эжекторный с центральным подводом воздуха	С параллельным потоком воздуха и газа	Сварной типа "Тройник"	
Батарейная	Батарейная	Батарейная	Батарейная	Магнето	Батарейная	Батарейная	
ГАЗ-42	НАТИ Г-59-У	НАТИ Г-59-У	ЦИНИАТ УГ-1	ЗИС-21	НАТИ Г-69	ЦИНИАТ УГ-2	
Обращенный	Обращенный	Обращенный	Поперечный	Обращенный	Обращенный	Погеречный	
С левой стороны за кабиной	С левой стороны за кабиной	С левой стороны за кабиной	С левой стороны за кабиной	С правой стороны в вырезе заднего угла кабины	С правой стороны за кабиной	С левой стороны за кабиной	
Две прямоугольные секции с перфорированными пластинами	Две прямоугольные секции с перфорированными насадками	Две прямоугольные секции с перфорированными насадками	Однотрубный охладитель длиной 4,6 м, Ø51 мм. Грубый очиститель выполнен совместно с тонким	Три цилиндрические секции с перфорированными дисками	Две прямоугольные секции с перфорированными насадками	Однотрубный охладитель длиной 5,6 м, Ø70 мм. Грубый очиститель выполнен совместно с тонким	

Марка автомобиля

Наименование	Марка автомобиля						
	ГАЗ-42	ГАЗ Г-59-У	ГАЗ-УГ-1	ЗИС-21	ЗИС-Г-69	ЗИС-УГ-2	
1	2	3	4	5	6	7	
Вертикальный цилиндр с двумя слоями колец	Вертикальный цилиндр с двумя слоями колец; при работе на буром угле и многозольном торфе дополнительно барботаж через воду	Вертикальный цилиндр с двумя слоями колец	Типа "Виско"; барботаж через воду и очистка кольцами	Вертикальный цилиндр с двумя слоями колец	Вертикальный цилиндр с двумя слоями колец; при работе на буром угле и многозольном торфе дополнительно барботаж через воду	Типа "Виско"; барботаж через воду и очистка кольцами	
Под платформой вдоль лонжеронов	Под платформой вдоль лонжеронов	Под платформой вдоль лонжеронов	—	Под платформой поперек лонжеронов	Под платформой вдоль лонжеронов	—	
С правой стороны за кабиной	С правой стороны за кабиной	С правой стороны за кабиной	С правой стороны под платформой	С левой стороны за кабиной	С левой стороны за кабиной	С правой стороны под платформой	
415	350	150	250—300	440	440	190	
800—1000 (и смена древесного угля)	800—для чурки; 400—для торфа и бурого угля	250—300	800—1000 (и смена древесного угля)	800—для чурки; 300—для торфа и бурого угля	800—для чурки; 300—для торфа и бурого угля	250—300	
1500—2000	1500—для древесных чурок; 1500—2000—для генератора универсального типа (чурки и	500—600 с чисткой решетки	500—600 с чисткой решетки	1500—2000	1500—для древесных чурок; 1500—2000—для генератора универсального типа (чурки и	500—600 с чисткой решетки	

Наименование	Марка автомобиля						
	ГАЗ-42	ГАЗ Г-59 У	ГАЗ-УГ-1	ЗИС-21	ЗИС-Г-69	ЗИС-УГ-2	
I	2	3	4	5	6	7	
Периодичность очистки гру- бых очистителей, км	800—1000	800—1000	Через 250— 300—удаление грязи, 500— 600—удаление грязи и про- мывка водой через люк	800—1000	бурый уголь); 500—для торфа; 300—для под- московного бурого угля 800—1000	Через 250— 300—удаление грязи, 500— 600—удаление грязи и про- мывка водой через люк	
Периодичность очистки тон- ких очистителей, км	4000—5000	3500—для чу- рок; 2000—для торфа и бурого угля	2000	4000—5000	3500—для чу- рок; 2000—для торфа и бурого уголя	2000	
Периодичность очистки трубо- проводов, км	4000—5000	8000—для чу- рок; 5000—для торфа и бурого уголя	5000	4000—5000	8000—для чу- рок; 5000—для торфа и бурого уголя	5000	
Периодичность очистки сме- сителя, км	4000—5000	7000—для чу- рок; 2000— 3000—для тор- фа и бурого угля	5000	4000—5000	7000—для чу- рок; 2000— 3000—для торфа и бурого угля	5000	

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Газогенераторные установки	5
1. Основы процесса газификации	5
а) Образование воздушно-сухого газа	5
б) Образование водяного газа	8
в) Действительный процесс газификации	9
2. Топливо	20
а) Классификация топлив	20
б) Древесные чурки	22
в) Древесный уголь	26
г) Торфяное топливо	30
д) Бурый уголь	32
е) Каменноугольное топливо	33
3. Газогенераторы	35
а) Газогенераторы обращенного процесса для газификации древес- ных чурок	35
б) Газогенераторы обращенного процесса для газификации торфа и бурого угля	41
в) Газогенераторы обращенного и поперечного процессов для газифи- кации древесного угля и торфяного кокса	44
г) Газогенераторы прямого процесса для газификации древесного угля, полукокса и антрацита	54
4. Система охлаждения и очистка газа	67
а) Охлаждение газа	67
б) Очистка газа от механических примесей	69
в) Грубая очистка газа	70
г) Тонкая очистка газа	72
5. Вентиляторы для розжига топлива в газогенераторе	83
II. Газовые двигатели	86
III. Расчет газогенераторной установки	102
1. Определение основных параметров процесса газификации	102
а) Выход сухого газа на 1 кг рабочего топлива	104
б) Вес 1 м ³ сухого нормального генераторного газа (с. н. г. при 0°С и 760 мм рт. ст.)	106
в) Влажность генераторного газа	106
г) Расход воздуха, необходимого для газификации 1 кг топлива	106
д) Материальный баланс	107
е) Коэффициент полезного действия газогенератора	108
2. Определение основных показателей работы двигателя на генера- торном газе	109
а) Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м ³ газа	109
б) Расход газа и газозвушной смеси	110
в) Среднее индикаторное давление	110
г) Мощность двигателя	111
д) Расход топлива	111

3. Расчет газогенератора	113
а) Определение размеров камеры газификации	113
б) Определение проходного сечения фурм	116
в) Размеры зольника газогенератора	117
г) Размеры бункера газогенератора	117
4. Расчет системы охлаждения и очистки газа	118
а) Грубые очистители-охладители	118
б) Очистители с кольцами	119
в) Матерчатые фильтры	121
IV. Газогенераторные автомобили	122
1. Классификация и типы газогенераторных автомобилей	122
2. Динамика газогенераторных автомобилей	131
3. Характеристика отечественных газогенераторных автомобилей	135
4. Эксплуатация газогенераторных автомобилей	138
а) Подготовка и пуск в ход газогенераторных автомобилей	139
б) Расход топлива и периодичность догрузки бункера	141
в) Возждение газогенераторных автомобилей и устранение неисправностей	142
г) Периодичность очистки газогенераторных установок	143
д) Техника безопасности	145
5. Ремонт автомобильных газогенераторных установок	146
а) Ремонт камеры газификации	147
б) Ремонт бункера и корпуса газогенератора	152
в) Ремонт очистителей	153
Приложения. 1. Средние технические показатели газогенераторных топлив	154
2. Характеристики отечественных газогенераторных автомобилей	155