

И. Р. КАРАЧАН  
А. А. ВВЕДЕНСКИЙ

82  
127

# ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

## на автомобилях

## и тракторах

БИБЛИОТЕКА "ЗА РУЛЕМ"

ВЫПУСК  
7-12



ЖУРНАЛЬНО-ГАЗЕТНОЕ ОБЕДИНЕНИЕ • 1934



Инж. И. Р. КАРАЧАН  
Инж. А. А. ВВЕДЕНСКИЙ

2-й прил. рн.

621.

# ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

НА АВТОМОБИЛЯХ  
И ТРАКТОРАХ

Не выдается  
до дому

323781

№ 343505  
19 <sup>11</sup>/<sub>11</sub> 34 р.

БИБЛИОТЕКА «ЗА РУБЕЖИ»  
ВЫПУСК 7-12

МОСКВА 1934



Издатель: **Журнально-газетное объединение**

Редактор **Н. Беляев**

Уполн. Глав. В—85586. Бумага 72×105 см. 1/16, 5 1/2 бум. л. Колич. знак. в 1 печ. л. 67 200. З. Т. 456

Тир. 15 000. Книга сдана в набор 27/V 34 г. Подписана к печати 22/VI 34 г. Приступлено типографией к печ. 25/VI 34 г. Изд. № 205. Выпускающий Р. Гевондян

13-я типо-цинкография „Мособлполиграф“, Петровка, 17.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

По сравнению с машиной, работающей на жидком горючем, газогенераторная машина более сложна и менее удобна в обращении. Однако ряд причин, из которых на первом месте стоит экономика, настойчиво выдвигает газогенераторную проблему на одно из первых мест в транспортных вопросах.

Получив начало в Австрии и широко развернувшись во Франции, газогенераторное дело в настоящее время перекинулось в Швецию, Бельгию, Латвию, Англию, Италию, Германию и др. страны, где газогенераторные установки производятся сериями на ряде заводов.

В СССР транспортному газогенератору до последнего времени уделяли сравнительно мало внимания. Задача авторов — заострить внимание общественности на важности газогенераторной проблемы и пробудить интерес к транспортному газогенератору со стороны широких кругов специалистов и массы автодорожцев.

Цель настоящей книги — изложить принципы и свойства работы транспортных газогенераторных установок. Авторы впервые сделали попытку произвести классификацию основных составных частей установки: газогенератора, газоохладителей, газоочистителей, органов смесеобразования (смесителей).

В книге приведены основные требования к генераторному топливу и его характеристика, а также дана схема экономического расчета эксплуатации автотракторного хозяйства на твердом топливе. На основании этих материалов каждый автодоровец или автодорожский коллектив, учитывая топливные ресурсы своего района, может определить размеры применения газогенераторных машин.

Центральный совет Автодора, сгруппировав в 1930 г. вокруг тракторной секции научно-технические силы, проделал значительную работу по газогенераторному делу, заострив внимание на необходимости перевода тракторных двигателей на разные сорта местных твердых горючих и отходы производств (дрова, древесный уголь, солома и пр.). Автодором был проведен всесоюзный конкурс на проекты легких газогенераторных установок, на отдельные механизмы и готовые установки. Автодор проводил испытания газогенераторных установок на тракторах и, наконец, силами своего актива дал проект газогенераторной установки Автодор-I для гусеничного трактора ЧТЗ типа С-60, который, пожалуй, разработан наиболее полно из всех существующих проектов газогенераторных установок Советского союза.

XVII партийный съезд наметил огромную программу работ во 2-й пятилетке и в том числе гигантский рост производства автомобилей и тракторов. В связи с этим проблема экономии жидкого горючего встает во весь рост и задача перевода автотракторного парка на твердое топливо, наряду с внедрением дизельмотора, приобретает актуальное значение.

Неисчерпаемые ресурсы твердого топлива, обширные лесные богатства нашего Союза позволяют успешно разрешить вопрос о применении легких газогенераторов на транспорте в СССР.

Просим все замечания и указания на возможные пробелы в книге направлять по адресу: Москва, 6, I-й Самотечный пер., 17, редакция библиотеки «За рулем».



## ОБЩИЕ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ЖИДКОГО ГОРЮЧЕГО ТВЕРДЫМ ТОПЛИВОМ

Двигатели современных автомобилей и тракторов принадлежат, главным образом, к типу двигателей внутреннего сгорания и используют для своей работы разные виды жидкого минерального горючего, по преимуществу нефть и продукты ее перегонки.

Однако запасы нефти не могут считаться неисчерпаемыми.

В СССР исследованные запасы нефти составляют около  $\frac{1}{3}$  общих мировых запасов. Годовая добыча нефти в настоящее время составляет 24,5 млн. т. К концу второй пятилетки, т. е. в 1937 г., она должна увеличиться примерно до 47 млн. т. Но одновременно к концу второй пятилетки необычайно возрастет мощность автотракторного парка.

Однако не только вопросы экономии жидкого горючего заставляют думать о переводе автотракторного парка на другие виды топлива, главным образом на твердые его сорта.

Стоимость твердого горючего на единицу мощности двигателя значительно меньше, чем стоимость жидкого, причем разница эта тем более, чем дальше от места производства жидкого горючего находится пункт эксплуатации. По опытам, произведенным в 1933 г. на Урале, стоимость жидкого горючего на 1 л. с. тракторного двигателя составляла от 25 до 30 коп., а стоимость твердого горючего там же на 1 л. с. была определена для древесного угля в 4 коп., а для дров (чурки) — в 3 коп., причем при опытах применялись газогенераторные установки далеко не совершенной конструкции, а подготовка древесины производилась кустарным способом. Данные эти в общем совпадают с результатами французских опытов, на основании которых установлено, что стоимость твердого горючего для газогенераторных установок по крайней мере в четыре раза меньше, чем стоимость жидкого топлива (в карбюраторных двигателях).

Но и экономичность применения твердого топлива не играет решающей роли. В общих эксплуатационных расходах по механизации стоимость горючего составляет небольшую долю всех расходов. Так, например, при лесозаготовках стоимость одного трактородня для гусеничного трактора типа Катерпиллер 50—60 л. с. на жидком горючем определяется в 375 руб., из которых только 41 руб., т. е. около 11 проц., составляет стоимость горючего (М. И. Кишинский. — Тракторные перевозки леса. Гослестехиздат. Москва — Ленинград, 1933 г., стр. 212). При применении газогенераторной установки стоимость горючего может понизиться в 4—5 раз, но зато прибавятся расходы по ремонту и амортизации газогенераторной установки, так что в общем можно ожидать экономии примерно около 5 проц. Считая средний годовой объем лесозаготовок во второй пятилетке в 300 млн. куб. м древесины и число потребных для механизации мощных гусеничных тракторов в 7 500, экономия при применении твердого топлива может составить около 28 млн. руб. в год. Цифра эта является, конечно, грубо ориентировочной, так как до сих пор ни в одной стране не было опыта массового применения газогенераторных установок в условиях их действительной эксплуатации.

Помимо экономичности, решающая роль в вопросах перехода на твердое топливо принадлежит транспорту. Районы, богатые твердым топливом (древес-



ным), по большей части отдалены от места добычи жидкого горючего, мало населены и имеют ничтожное количество удобопроходимых дорог. Переброска необходимого количества жидкого горючего в эти районы является пока трудной, а иногда неразрешимой задачей, так как для этой цели нельзя выделить соответственного транспортного парка. Кроме того при перевозке на дальние расстояния транспортный парк будет сам уничтожать значительные запасы горючего. Между тем в местах лесозаготовок имеются громадные запасы твердого горючего, которое не только не используется, но бесцельно занимает большие площади, подвергается гниению и служит постоянной причиной лесных пожаров.

Таким образом для лесных районов СССР вопрос о выгодности и необходимости замены жидкого горючего твердым топливом представляется совершенно ясным.

Кроме запасов древесины, в СССР имеются громадные ресурсы ископаемого горючего — каменных углей всевозможных видов, торфа, горючих сланцев. Однако, несмотря на наличие этих запасов, добыча их в настоящее время едва может покрыть требования, предъявляемые промышленностью, причем вопрос о своевременном транспорте этого топлива в места потребления также пока не может быть решен вполне удовлетворительно. Вследствие этого рассчитывать на применение такого топлива для газогенераторных подвижных установок в ближайшем будущем нет оснований. Необходимо также учитывать, что большое количество золы и сернистость каменных углей создают неблагоприятные условия применения их в газогенераторах подвижного типа, и только некоторые из каменных углей являются более или менее пригодными для таких установок. Вот почему в ближайшее время нельзя рассчитывать на более или менее широкое применение ископаемого твердого топлива для подвижных газогенераторов.

Кроме естественных видов твердого топлива, для подвижных газогенераторных установок могут применяться разные виды искусственного топлива и многочисленных суррогатов его. Из этих искусственных видов горючего главное внимание следует обратить на топливо из соломы.

При громадных посевных площадях нашего Союза запасы соломы, получаемой после обмолота хлеба, чрезвычайно значительны и не могут быть полностью использованы в хозяйствах. Так, например, в 1932 г. было собрано по всему Союзу около 200 млн. т соломы. Из полного количества соломы может быть использовано в хозяйстве не более 35 проц., остальное (около 65 проц.) пропадает или расходуется совершенно непроизводительно, гниет и загромождает поля и селения.

Когда для обмолота хлеба применялись паровые молотилки, часть соломы расходовалась на топку котлов локомотивов. В настоящее время обмолот хлеба идет или попутно с его сборкой (комбайны) или производится с помощью тракторных двигателей, отапливаемых жидким горючим.

Что же можно извлечь из лишней соломы, применяя ее в качестве горючего для газогенераторных установок?

При 1 000 годовых часов работы двигателя расход соломы в газогенераторе составляет примерно около 1,5 т на 1 л. с. в год. Таким образом из 65 проц. излишней соломы, т. е. из 130 млн. т, можно получить общую мощность около 86 млн. л. с., что почти в восемь раз превышает всю существующую к 1 января 1934 г. мощность автотракторного парка СССР.

Недостатком этого вида топлива в естественном виде является большой объем, занимаемый им, сравнительно с весом. Это делает невозможным применение соломы непосредственно в газогенераторной шахте. Однако солома может быть приведена в более удобную форму для применения в качестве горючего путем превращения ее в брикеты, т. е. в куски небольших размеров цилиндрической или другой формы. Опыты, произведенные у нас, показали уже возможность получения таких брикетов даже без применения каких-либо связующих веществ (смола). Однако окончательно решать вопрос о практической возможности и рентабельности применения соломенных брикетов еще рано.

В итоге главным источником твердого горючего для газогенераторных подвижных установок в настоящее время и в ближайшем будущем следует считать древесину в достаточно подсушенном или обугленном виде. Топливо это может применяться для газогенераторных установок всюду, где имеются лесные разработки и где можно использовать отходы лесного хозяйства. В районах, не имеющих лесных насаждений, с громадными сельскохозяйственными площадями, могут широко применяться брикеты из соломы, если опыты по производству и применению их дадут удовлетворительные результаты.



## ВИДЫ И СВОЙСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

### Требования к топливу

Почти все виды твердого горючего могут применяться для получения из них генераторного газа. Однако не следует думать, что газогенератор определенной конструкции может с одинаковым успехом работать на любом твердом топливе. Конструкция генератора должна отвечать свойствам того топлива, которое он потребляет, поэтому газогенератор должен проектироваться всегда для определенного вида горючего.

Главные качества, требуемые от твердого топлива, применяемого в газогенераторных установках подвижного типа, заключаются в следующем.

1. Количество золы в топливе должно быть ограничено. Большое количество золы быстро засоряет газогенератор и ухудшает процесс газификации. Если зола к тому же легкоплавка, то она заливает колосники. Наконец зола, действуя на раскаленные части кирпичной футеровки камеры горения (где такая футеровка введена), способствует образованию легкоплавких шлаков, разрушая футеровку, причем шлаки, заливая колосники, ухудшают нормальный процесс газификации.

2. Твердое горючее должно быть бессернистым. Небольшое количество серы в горючем, переходя при газификации в сернистый газ, вызывает разрушение металлических частей как генераторной установки, так и двигателя. Очистка газогенераторного газа от сернистых соединений является нелегкой задачей и требует сложных очистителей, устройство которых на подвижной установке крайне затруднительно и нежелательно.

3. Топливо должно быть пористым и активным. Это свойство необходимо для того, чтобы равновесие реакций наступило быстро и не привело верхнюю часть топлива в раскаленное состояние.

4. Топливо должно быть при надлежащей пористости достаточно плотным, чтобы при определенном запасе его в газогенераторе оно занимало наименьший объем. Иначе газогенератор может выйти из габаритов автомашины, что считается недопустимым.

5. Топливо должно быть удобным в обращении при перевозке и при загрузке в генератор и по возможности беспыльным.

6. Топливо должно быть дешевым и легко доставляемым к местам потребления.

7. Запасы применяемого топлива должны быть достаточными с тем, чтобы использование его для подвижных газогенераторных установок не ограничивало потребности в нем для других промышленных и хозяйственных надобностей.

8. Состав и размер топлива должны быть однообразны. Древесину необходимо высушить до определенного процента влажности и желательно применять из одной породы дерева. Размеры чурок должны быть примерно одинаковыми. При применении древесного угля он должен быть однообразно выжжен.

Все виды твердого горючего можно подразделить на две группы:

1. Минеральное твердое топливо.
2. Растительное твердое топливо.

### Минеральное (ископаемое) твердое топливо

К этому виду горючего принадлежат многочисленные сорта разных каменных углей, горючие сланцы и т. д.

Трудность применения каменных углей для подвижных газогенераторных установок заключается в их значительной зольности и сернистости. Уже при 5 проц. золы встречаются большие затруднения, между тем большинство наших углей содержит большие количества золы. Так, например, карагандинские угли в среднем имеют зольность 18—19, а иногда до 35 проц., челябинские бурые угли имеют от 12 до 20 проц. золы. Ясно, что они совершенно непригодны в качестве топлива для подвижных газогенераторных установок. Кроме того, независимо от золы, эти угли содержат около 1 проц. серы. Попытки очистить угли от серы не дали удовлетворительных результатов.

Наилучшим топливом следует считать антрацит и некоторые виды некокующихся углей, т. е. тощие неспекающиеся угли с малым выходом летучих веществ. Торф обладает значительной зольностью и мало пригоден в естественном виде как топливо для подвижных газогенераторов. Следует отметить кроме того, что, несмотря на громадные угольные ресурсы СССР, достигающие 1 100 млрд. т, добыча его такова, что едва может удовлетворить возрастающий спрос промышленности и железнодорожного транспорта.

Вследствие этого в настоящее время нельзя рассчитывать на твердое минеральное топливо как основное твердое горючее для подвижных газогенераторных установок.

Горючие сланцы также неприменимы для газогенераторных установок из-за слишком большой зольности (до 70 проц.).

### Растительное твердое горючее

Основным источником этого вида горючего является древесина. По лесным запасам СССР превосходит все другие государства, имея около 40 проц. всех доступных для разработок лесов земного шара. Однако огромные лесные пространства СССР не только не охвачены лесным хозяйством, но даже полностью не обследованы; так, например, из общей площади лесов СССР, составляющей свыше 900 млн. га, более или менее обследовано около 560 млн. га.

Пятилетний план намечал в 1933 г. охватить лесным хозяйством около 200 млн. га, т. е. около 35 проц. площади обследованных лесов. Главными причинами такого малого использования наших лесных ресурсов являются, во-первых, расположение лесов в северных, малонаселенных областях и, во-вторых, еще слабая индустриализация лесной промышленности.

Однако, несмотря на столь неполное использование натуральных лесных богатств страны, отходы лесного хозяйства являются и теперь неисчерпаемым ресурсом твердого горючего, которое могло бы быть использовано и для механизации лесных заготовок и для других целей.

Ориентировочно средний годовой объем лесозаготовок во второй пятилетке можно считать в 300 млн. куб. м или около 100 млн. т. Наименьший отход (остатки) производства можно считать в 30 проц., т. е. около 30 млн. т (сюда не входят еще остатки лесопильного производства).

Для полной механизации лесных заготовок в указанных размерах по вычислениям инж. Кишинского (Тракторные перевозки леса. Гослестехиздат, Москва — Ленинград, 1933 г.) потребуется около 7 500 гусеничных тракторов.



При работе трактора в течение 200 дней в году по 8 час. в день с средней нагрузкой в 40 л. с. и при расходе около 1,5 кг влажной древесины на 1 л. с. в час потребуются на один трактор около 100 т древесины в год, а на 7 500 тракторов — 750 тыс. т, что составляет только около 2,5 проц. отбросов. Если же принять в расчет отбросы лесопильного производства, то этот процент будет значительно ниже.

Из этого ориентировочного подсчета видно, какие большие запасы твердого топлива можно получить только из отбросов лесного хозяйства.

Мы знаем, что при правильном ведении лесного хозяйства количество лесов не уменьшается, и таким образом древесина является неиссякаемым источником твердого горючего.

Древесина, как твердое топливо, может быть получена из разных пород дерева как лиственных, так и хвойных, причем могут быть использованы и мягкие и твердые сорта леса. Все эти сорта являются пригодными в качестве твердого горючего для получения газа в газогенераторе.

Древесина может применяться или в сыром виде с разными степенями физической влажности или в переработанном состоянии — обугленном в большей или меньшей мере, кончая вполне выжженным углем.

Наконец по форме и размерам древесное топливо может состоять из кусков в виде дров стандартных размеров по длине (0,5 м) или из раздробленных частей или чурок, имеющих приблизительно форму цилиндров или кусочков почти прямоугольного сечения с разными размерами как по длине, так и в поперечнике. Обугленное топливо применяется в виде углей более крупных или мелких размеров.

### Порода дерева

Современные опыты применения разных пород дерева в газогенераторах показали, что состав получаемого газа мало зависит от породы дерева. Однако было замечено, что при использовании твердых лиственных и хвойных пород можно получить несколько большую мощность двигателя, чем при мягких лиственных породах. Преимущество твердых пород заключается в том, что при большей плотности объем, занимаемый ими на единицу веса, меньше, а следовательно, при почти одинаковом весовом расходе топлива на единицу мощности объем его для твердых пород меньше, чем для мягких или хвойных. Это позволяет уменьшать размеры газогенератора (бункера) при определенном запасе заключающегося в нем топлива.

Таким образом наиболее удобным топливом для подвижного газогенератора следует считать топливо из твердых лиственных пород (дуб, бук, береза), а затем из хвойных пород (сосна, ель). Наименее применимыми являются мягкие сорта (ольха, осина), хотя и они дают достаточно удовлетворительные результаты и за отсутствием других пород также могут применяться как топливо в газогенераторах.

### Влажность древесины

Свежесрубленное дерево имеет влажность, доходящую до 50 проц. (считая от веса сырой древесины). Такое количество влаги является избыточным при процессе газообразования, и в результате получается газ неудовлетворительного состава и малой теплопроизводительности (калорийности). После естественной сушки на воздухе в течение около 2 лет древесина имеет влажность 20—25 проц. Но и такое количество влаги все же велико для нормального процесса газообразования и получения газа хороших качеств. Дальнейшее уменьшение влажности древесины может быть произведено искусственным образом, т. е. с помощью огневой сушки той или иной системы. Для получения при газификации топлива

газа хорошего состава и высокой калорийности (каких можно ожидать при применении древесного топлива) влажность, как показывают вычисления и опыты, не должна превосходить 15 проц.

Подсушка сырых дров может производиться в самой шахте газогенератора двумя способами:

1) удалением паров воды (и некоторых продуктов сухой перегонки дерева) из верхней части бункера путем их вытягивания или конденсирования (охлаждения); 2) предварительной подсушкой дров, находящихся в шахте газогенератора, с помощью высоких температур выхлопных газов двигателя.

Пока нет достаточных данных для суждения о практичности и экономичности указанных способов, поэтому приходится базироваться на способах искусственной сушки топлива вне приборов его потребления.

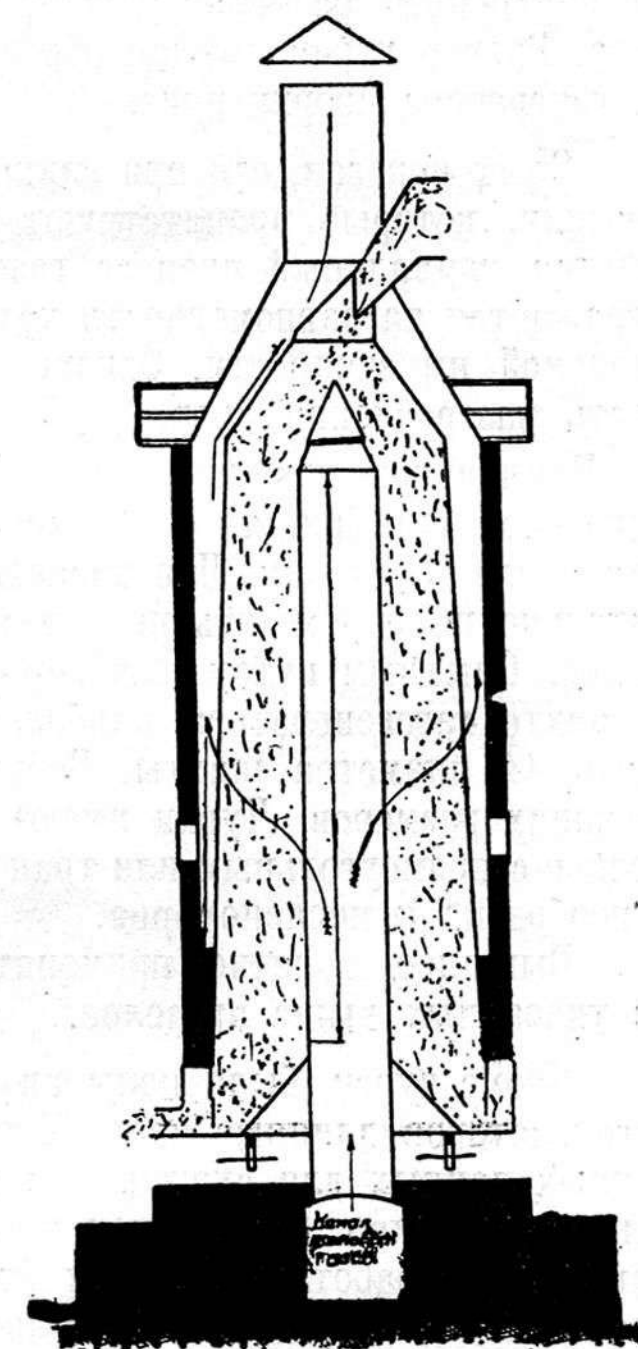


Рис. 1. Башенная сушильная печь системы Норденштрема

На рис. 1 показана в виде примера схема устройства башенной сушильной печи системы Норденштрема, применяемой в Швеции для подсушки дров, из которых добывается генераторный газ для мартеновских печей. Главные составные части печи: внутренняя цилиндрическая труба, в которую поступают снизу обсушивающие топливо газы, и наружная труба слегка конической формы, в которую через верхнее отверстие засыпается измельченное влажное топливо. Снаружи печь имеет кирпичную обкладку, между обкладкой и наружной трубой образуется кольцевое пространство, сообщаемое с вытяжной металлической трубой наверху печи.

Для сушки применяются дымовые газы температурой ниже 165° во избежание воспламенения высушиваемого дерева. Однако для подсушки достаточно иметь температуру дымовых газов в 100—110°. Газы эти могут быть получены



из особой небольшой топки, расположенной вблизи сушильной печи. Газы топки подводятся к нижней части внутренней трубы печи. Обе металлические трубы имеют в своих стенках мелкие отверстия.

Через эти отверстия дымовые газы из внутренней трубы проходят слой топлива, а через отверстия наружной трубы попадают в наружное кольцевое пространство, откуда выходят через вытяжную трубу. Выгрузка высушенного топлива из печи производится снизу через определенные промежутки времени. Таким образом печь может работать непрерывно.

### Размеры древесного топлива

Обычно для подвижных газогенераторных установок при применении древесины пользуются мелкими кусками дерева или чурками. Размеры чурок зависят от внутренних размеров камеры горения газогенератора и отчасти от ее устройства. Размер чурок должен обеспечивать непрерывное опускание топлива в шахте генератора сверху вниз.

Опыт показал, что при слишком больших размерах чурок могут образоваться сводики, которые препятствуют плавному опусканию топлива, при этом нарушается нормальный процесс газообразования и изменяется качество газа, что отражается на равномерности хода двигателя, питаемого газом, и на величине отдаваемой им мощности. Однако чем меньше величина чурок, тем больше стоимость раздробления дров.

Наименьшим практическим размером чурок следует считать размер в объеме спичечной коробки, т. е. примерно длиной 5 см и площадью поперечного сечения около 6 кв. см. Что касается предела размеров в большую сторону, то желательно не переходить пределов 12 см в длину и 50 кв. см в поперечном сечении. Опытным путем выяснено, что для беспрепятственного опускания топлива в шахте газогенератора наибольший размер кусков топлива не должен превышать  $\frac{1}{4}$  диаметра шахты. Большие чурки пригодны лишь для газогенераторов больших размеров. Чурки имеют форму цилиндров, полуцилиндров или брусочков с прямоугольным или трапецевидным сечением. Форма чурок может быть разнообразна и неравномерна.

Выгоднее, конечно, применять чурки возможно больших размеров, не выходя из указанных выше пределов.

Кроме чурок, были попытки применять в качестве твердого горючего для газогенераторов длинные дрова (стандартной длины 0,5 м). Пока нет еще достаточных данных для суждения о практичности и экономичности применения указанного топлива. Однако при первоначальных опытах с газогенератором, рассчитанным для работы на дровах (проект проф. Н. С. Ветчинкина), выяснилось, что дрова надо раскалывать на тонкие щепки; укладка их в бункер (при работе генератора) затруднительна; кроме того, шахта должна быть сложной формы, что затрудняет ее изготовление и увеличивает стоимость.

Существует еще проект газогенератора (см. главу 11), в котором в качестве горючего применены длинные деревянные рейки (2 м длиной). Однако практически этот проект не осуществлялся.

### Изготовление чурок

Наиболее примитивный способ изготовления чурок заключается в распиловке (вручную или механической пилой) дров или древесных отходов на куски требуемой длины с дальнейшей расколкой их топором на мелкие части.

Для массового производства чурок нужно выбирать, конечно, более экономичный способ изготовления их, применяя механические дробилки, подобные тем, которые испытаны в шведской лесной промышленности.

Если для изготовления чурок применяются мелкие отходы лесного хозяйства и лесопильного производства, как-то: горбыли, рейки, обрезки, сучья, ветки и пр., то для измельчения этого материала с успехом могут быть применены дробильные станки.

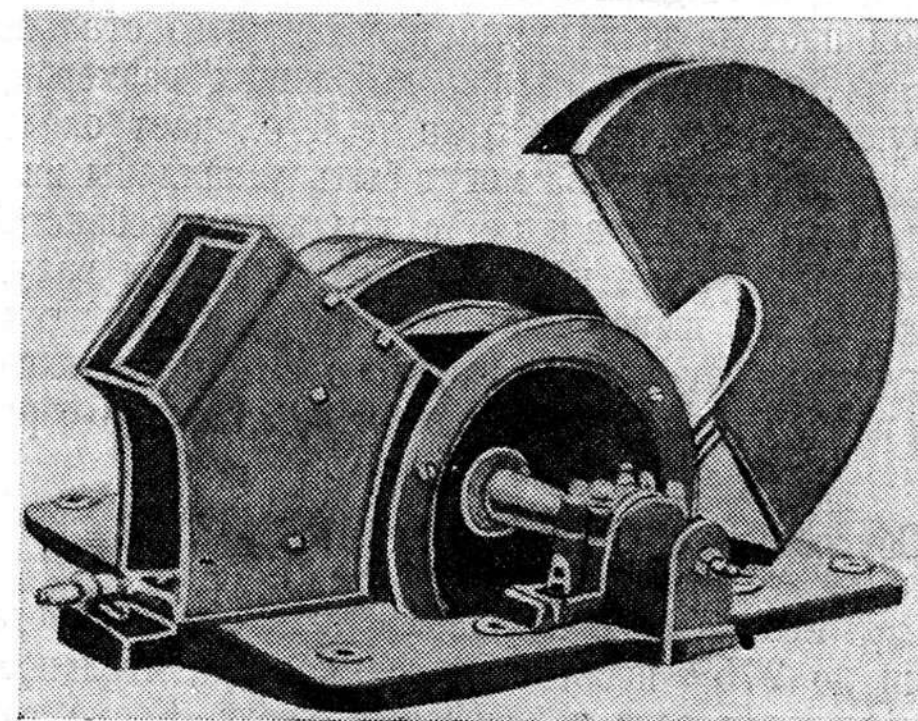


Рис. 2. Дробильный станок

На рис. 2 изображен общий вид одного из таких дробильных станков очень простого устройства. Станок этот разрубает древесные остатки поперек волокон на куски длиной 30—50 мм. Благодаря такому станку распиливание отбросов дерева на куски с помощью пил излишне.

Главную часть станка составляет ножевой вал в виде вращающегося барабана с четырьмя ножами, прикрепленными с помощью болтов и гаек. За ножами на барабане помещены винты для поддержки и установки ножей. Перед барабаном поставлен наклонный жолоб, в который поступает материал, подлежащий раздроблению. Внизу жолоба неподвижно укреплен стальной упор, о который упру-

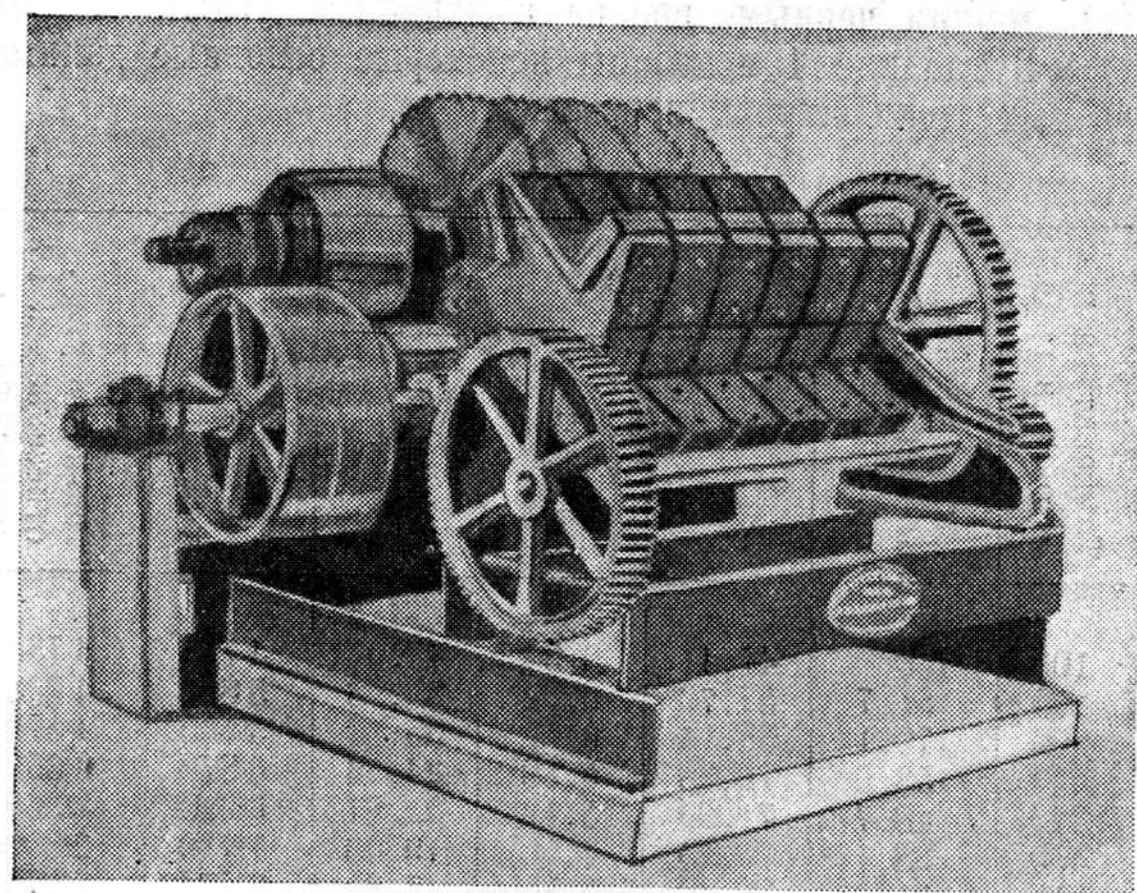


Рис. 3. Дровопилный станок с подающим ребристым барабаном

раются концы отбросов при рубке их ножами. С помощью особого установочного винта упор может быть придвинут ближе к ножам или дальше. Рабочий шкив, заменяющий также маховик, укреплен непосредственно к фланцу ножевого барабана, холостой же шкив прилегает к упорному подшипнику вала, на котором вращается ножевой барабан с рабочим шкивом. Станок имеет предохранительный кожух, закрывающий ножевой барабан при работе (он может откидываться на



шарнире). Станок установлен на чугунной фундаментной плите, имеющей для большей прочности ребра.

В жолоб станка закладываются отбросы и кругляки разной длины, поперечником до 125 мм, которые станок рубит поперек волокон на мелкие куски. Отбросы, закладываемые в наклонный жолоб, падают на ножевой барабан и при каждом проходе ножа мимо неподвижного стального упора разрубаются на куски.

Дробильный станок небольших размеров, весящий около 700 кг и расходующий энергию от 5 до 7 л. с., дает около 8 куб. м чурок в час.

Крупные дрова могут быть распилены на куски требуемой длины на дрово-  
пильном станке с подающим ребристым барабаном (рис. 3) и целой си-  
стемой круглых пил, сидящих на общем валу. Дальнейшее раздробление дров мо-  
жет быть выполнено на дровокольном станке. Наконец изготовление  
чурок может быть произведено на станке, известном под названием жевателя  
дров. Станок сразу изготавливает мелкие обрезки из крупных бревен, пней и пр.

## Обугленная древесина

Если древесину подвергнуть сухой перегонке, то при температурах перегонки до  $275^{\circ}$  происходит лишь незначительное разложение ее. Главным образом удаляются вода и древесный уксус. Кроме того, выделяется немного других продуктов сухой перегонки и незначительное количество газа.

При дальнейшем повышении температуры перегонки (примерно после 300°) происходит уже энергичное разложение древесины, сопровождающееся выделением тепла. При этом наблюдается обильное образование газа, состоящего из смеси, примерно, 60 проц. углекислоты и 40 проц. окиси углерода.

Начиная с температуры  $350^{\circ}$ , в газе появляются углеводороды сначала без примеси чистого водорода, а затем все более обогащенные им. При  $450^{\circ}$  водород и углеводороды составляют большую часть выделяющегося газа. Если перегонку древесины прекращать при разных температурах — от  $275$  до  $545^{\circ}$ , то в результате получаются угли разных видов и составов, начиная с твердого бурого и кончая ломким черным, вполне выжженным углем.

В таблице 1 показаны некоторые основные данные углей, полученных при разных температурах перегонки.

### Таблица 1

Температура пегонки в град.	Выход угля в процентах от сухой древесины	Состав угля в %			Теплопроизводительность 1 кг в кал.	Теплопроизводительность угля, отнесенная к 1 кг древесины	Вид угля
		Углерод	Водород	Кислород и азот			
100	100	47,41	6,54	46,05	4 730	4 730	Сухое дерево
275	81,7	57,70	6,32	35,98	5 800	4 740	Твердый, бурый
290	79,1	58,14	6,02	35,84	5 760	4 570	Твердый, бурый
310	53,9	70,36	5,38	24,26	6 870	3 650	Темнобурый
320	48,7	71,90	5,13	22,87	6 940	3 360	Темнобурый, ломкий
400	38,1	76,10	4,90	19,00	7 710	2 850	Черный, ломкий
515	31,0	88,40	3,80	7,80	8 272	2 570	Черный, ломкий
545	27,5	90,30	3,15	6,55	8 250	2 270	Черный, ломкий

В таблице 2 показано качество газа, который должен получиться при газификации дерева, перегнанного при разных температурах, а также древесины с разными степенями влажности в газогенераторе, хорошо изолированном от тепловых потерь. Теплота сжигания газа указана на количество тепла, отвечающее

100 г сухого дерева. Цифры, приведенные в таблице 2, являются результатами вычислений, т. е. теоретическими.

### Таблица 2

Влажность древесины и температура образования угля	Количество древесного угля на 100 г сухого дерева в г	Теплопроиз- водительн. газа кал/куб. м	Теплопроиз- водительн. газа, отнесен- ная к 100 г сухого де- рева в кал.
Древесина с 36 проц. влаги . . . . .	136,0	1 290	339
„ „ 18 „ . . . . .	118,0	1 470	371
Древесина, высушенная при 100° . . . . .	100,0	1 540	386
То же, при 275° . . . . .	81,7	1 510	370
„ „ 290° . . . . .	79,1	1 515	372
„ „ 310° . . . . .	53,9	1 470	330
„ „ 320° . . . . .	48,7	1 440	272
„ „ 400° . . . . .	38,1	1 350	217
„ „ 515° . . . . .	31,1	1 210	189
„ „ 545° . . . . .	27,5	1 200	168

В таблице 3 приведены опытные данные, полученные Ж. Дюпоном (Франция) при газификации пяти различных топлив из сосновой древесины в маленьком газогенераторе лабораторного типа.

### Таблица 3

Характер топлива	Выход газа из 1 кг то- плива в куб. м	Выход газа из 1 кг первон. су- хой древе- сины в куб. м	Теплопроиз- водитель- ность газа, отнесенная к 1 кг пер- вон. сухого топлива] в кал.
Сосновая древесина (15 проц. влаги) . . .	2,700	3,100	1 720
Уголь при температуре 200° . . . . .	2,880	2,670	1 760
„ „ „ 250° . . . . .	3,100	2,670	1 960
„ „ „ 275° . . . . .	4,500	3,670	2 430
„ „ „ 550° . . . . .	6,500	1,780	1 190

Как теоретические, так и практические данные позволяют сделать следующие заключения.

Наилучшим древесным топливом для подвижных газогенераторов следует считать бурый уголь, полученный при температуре  $275^{\circ}$ .

Топливо это характеризуется следующими качествами:

1. Оно твердо, мало гигроскопично, легко, удобно и немарко в работе.

2. Оно дает максимальную отдачу при одном и том же количестве древесины, взятой для изготовления разных видов топлива.

3. Оно дает газ с максимальным полезным действием на 1 куб. м цилиндра двигателя.

Таким образом бурый уголь представляет самую экономную форму древесного горючего. Остается установить лучший способ приготовления бурого угля в лесу. На лесопилках, имеющих большое количество древесных отходов, можно было бы производить обугливание во вращающихся печах. В настоящее время нет еще достаточных практических данных по промышленному выжиганию бурого угля для газогенераторов. Проектирование и испытание выжигательных печей является задачей ближайшего будущего.



Что касается выжигания черного угля, то в настоящее время за границей (во Франции, Италии и пр.) существует уже ряд переносных печей очень простого устройства, назначенных для производства угля к газогенераторам. Выжигание угля в кучах неэкономично, требует очень квалифицированного состава, постоянного наблюдения и является причиной пожаров. Переносные металлические печи обладают достаточной прочностью, разбираются на части, легко перевозятся или даже переносятся. Сборка и разборка печей занимает небольшое время и не требует квалифицированных рабочих. Действие печи автоматически, она не нуждается в постоянном наблюдении. Уголь, получаемый из печи, однообразен по составу, и выход его значительно выше, чем при выжигании в кучах. Наконец печи совершенно безопасны в пожарном отношении.

Для примера приводится краткое описание одной из таких разборных печей, наиболее совершенного устройства (рис. 4).

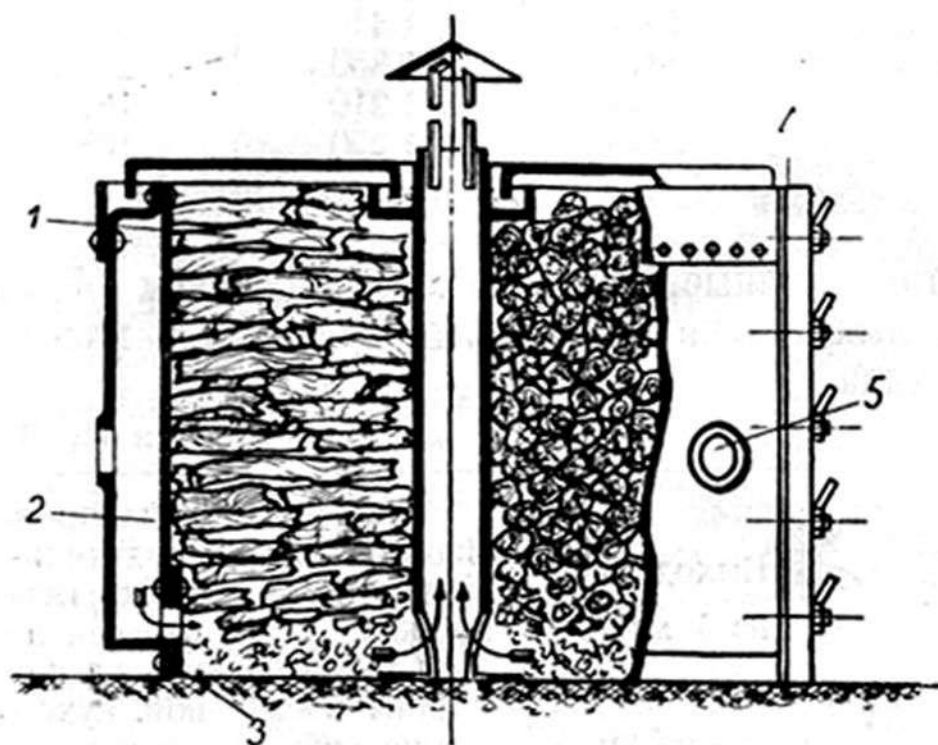


Рис. 4. Общий вид разборной переносной печи для углежжения; 1 — дрова; 2 — воздухоход; 3 — защитная стенка; 4 — крепление боковых стенок; 5 — отверстие для входа воздуха

Печь состоит из шести вертикальных двойных стенок, составляющих при сборке шестиугольную призму, шести соединительных частей с винтами, трех листов, составляющих потолок печи, одной внутренней трубы с дымовой наставкой, двух установленных распорок (короткой и длинной), трех перекладин, на которые кладутся листы потолка.

Каждая двойная стенка весит около 95 кг и представляет наиболее тяжелую часть печи.

Общий чистый вес печи около 865 кг. Все части можно собрать в два пакета: один размером 214×124×50 см и весом в 350 кг; другой 202×122×68 см весом в 615 кг (с упаковкой).

Для установки печи выбирают по возможности ровную площадку, на которой очерчивают круг диаметром в 2 м. Сначала ставят первую стенку, подпирая ее поленом (1), затем рядом с ней под углом 120° устанавливают вторую стенку и соединяют с первой вспомогательной (короткой) распоркой (2) (рис. 5). Затем обе стенки укрепляют соединительными частями (внутренней (3) и внешней (4) (рис. 6) с помощью винтов (5), не зажимая последних слишком сильно. Далее устанавливают третью стенку, скрепив с первой вспомогательной (длинной) распоркой (6) (рис. 7). Таким же образом устанавливаются четвертая и пятая вертикальные стенки. Наконец в центр печи ставится вертикальная труба (рис. 8) и кладутся три перекладины и два листа потолка (7).

После этого печь можно загружать. Через трубу засыпают угольную мелочь для растопки и закладывают дрова горизонтальными рядами (рис. 4 и 9). Запол-

нив печь, ставят шестую вертикальную стенку, третий лист потолка и закрепляют винты. Затем засыпают песком щели между трубой и потолком и присыпают землю к основаниям вертикальных стенок для прекращения доступа воздуха и сохранения теплоты. Для разжига печи бросают в трубу некоторое количество горящего угля.

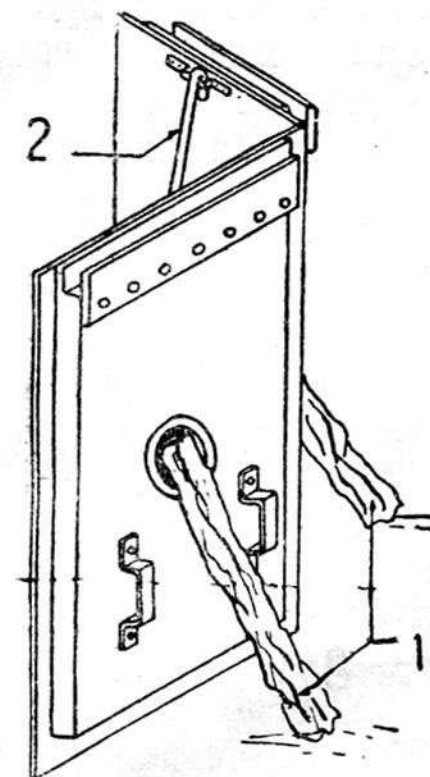


Рис. 5. Начало сборки печи

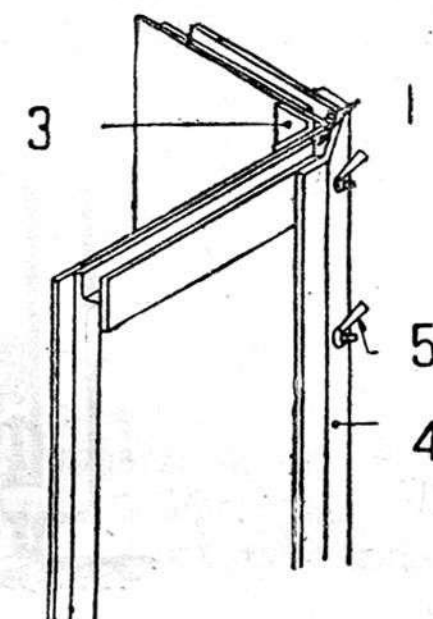


Рис. 6. Скрепление стенок печи

Процесс выжигания происходит следующим образом. В первые пять часов температура постепенно поднимается до 100°. Дым, выходящий из трубы, имеет белый цвет. Через десять часов температура достигает 175°, и дым становится серым. Затем температура достигает наибольшей величины — 250°, и дым становится синеватым. Когда все дерево окончательно обуглилось, дым становится

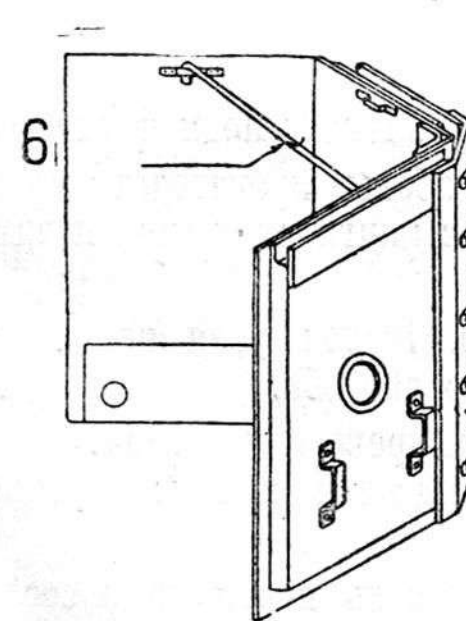


Рис. 7. Установка третьей стенки

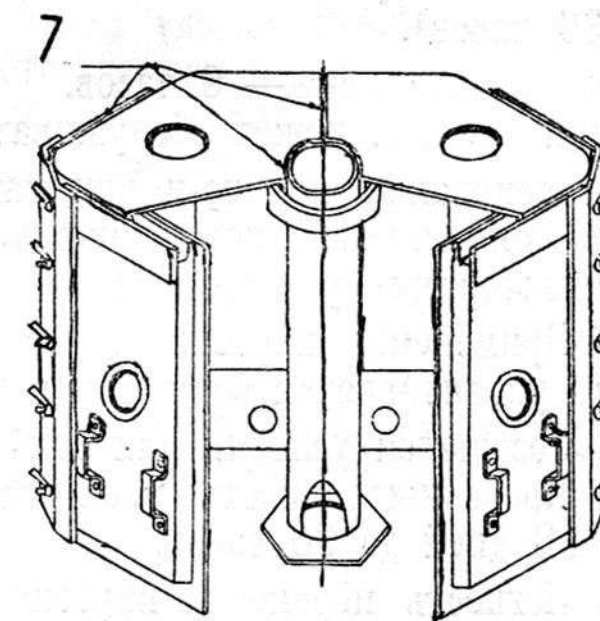


Рис. 8. Установка трубы и потолка

бесцветным. В это время закрывают все наружные отверстия и засыпают землей все щели, через которые мог бы выйти воздух. Горение прекращается, и печь остывает в течение шести часов. После этого печь разбирается. Для этого снимается один лист потолка и одна вертикальная стенка, и уголь может быть выгружен.

Если нужно получить уголь вполне выжженный, следует потушить печь через два часа после того, как дым сделался бесцветным. При более раннем пре-



крашении выжигания получается более тяжелый уголь с остатками летучих веществ.

Воздух, необходимый для горения, поступает в печь извне через отверстия в наружных листах стенок. Продукты горения выходят через центральную трубу, поступая в нижнюю ее часть. Таким образом дымные газы не проходят через топливо. Расположение наружных отверстий рассчитано таким образом, что температура внутри печи не может подняться выше  $275^{\circ}$ , так как при этом прекращается доступ воздуха вследствие разной плотности горячего и холодного воздуха. Циркуляция воздуха между листами стенок способствует их охлаждению. Внутренняя поверхность стенок при работе печи покрывается слоем смолы, предохраняющей стенки от окисления.

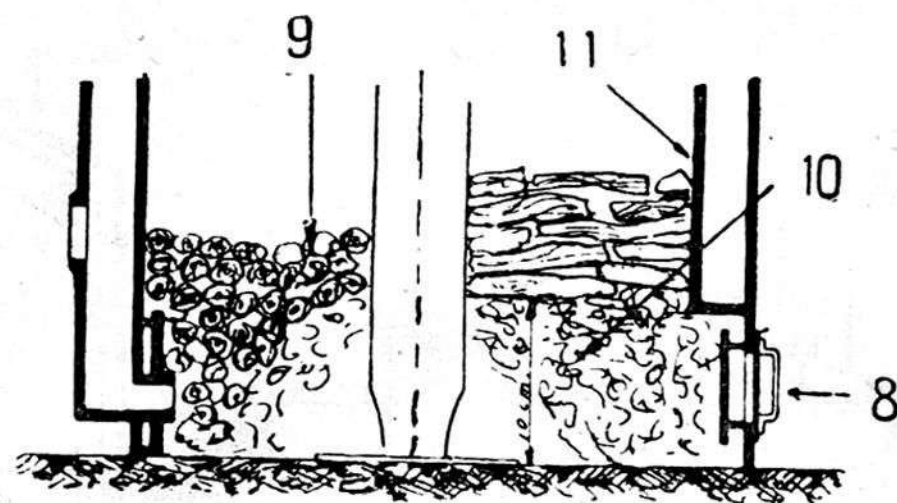


Рис. 6.

Рис. 9. Разрез нижней части печи. 8 — смотровой люк. 9 — слой дерева. 10 — зона горения; 11 — внутренняя стенка

Емкость печи — 7 куб. м древесины.

Выход угля — около 350—400 кг.

Время установки печи — менее 1 часа. Нагрузка печи около 3 часов.

Выжигание угля — 30 часов (для очень крупных дров выжигание длится около 36 часов).

Охлаждение печи — 6 часов.

Один человек может обслуживать 4 печи, имея нормальный ночной отдых.

На основании научно-исследовательской опытной работы производственного сектора Ленхимлеса с переносными французскими углевыжигательными печами (карбонизаторами) установлено следующее:

1. Применение карбонизаторов вполне рентабельно. Выход угля на одного рабочего увеличивается больше чем вдвое против кучного способа.

2. Создаются условия для замены жидкого топлива древесным углем.

3. Продолжительность процесса углежжения сокращается против кучного вместо 38 дней до 30 часов.

4. Легкость переноски карбонизаторов дает возможность пережога лесосечных отходов на участке с небольшой концентрацией вблизи ж. д. и судоходных рек, что удешевляет транспортировку угля.

5. Представляется возможность увеличить экспорт угля.

6. Стоимость угля дешевле кучного на 58 руб. за тонну.

7. Стоимость карбонизатора — 3 000 руб.

#### Сравнение высушенной древесины с черным углем

Высушенная древесина по сравнению с обугленным топливом (черный уголь) имеет следующие преимущества:

1. При степени влажности древесины до 15 проц. получается газ хорошей калорийности и с лучшим коэффициентом теплового действия генератора, так как продукты сухой перегонки обогащают газ.

2. Смолы сухой перегонки газа при надлежащей напряженности горения превращаются в горючий газ, увеличивая общий выход его и калорийность.

3. Температура в зоне горения не превышает, как это выяснено опытом,  $1\,200$ — $1\,250^{\circ}$ , между тем как при применении угля температура может доходить до  $1\,300$ — $1\,400^{\circ}$ , что влечет уменьшение срока службы генератора.

4. При применении дерева значительно лучше используется древесина.

Это видно из следующего примерного расчета.

Для получения 1 кг дров с влажностью 15 проц. (при начальной влажности сырых дров в 50 проц.) надо взять 1,7 кг сырых дров. Чтобы подсушить их, надо сжечь около 0,5 кг сырых дров. Полагая, что на 1 л. с/час двигателя расходуется 1 кг сухих дров, общая затрата сырого топлива на 1 л. с/час определится в размере

$$1 \times (1,7 + 0,5) = 2,2 \text{ кг}$$

Для получения 1 кг угля из сырого леса необходимо взять около 7 кг сырого топлива. Для обугливания этого количества надо израсходовать не менее 2 кг сырого топлива. В газогенераторе 1 кг угля заменяет примерно 2 кг сухого дерева. На 1 л. с/час при работе на древесном угле необходимо израсходовать сырой древесины

$$0,5 \times (7 + 2) = 4,5 \text{ кг.}$$

Таким образом расход сырой древесины для угольного газогенератора примерно в два раза больше расхода того же горючего для газогенератора, работающего на древесине, подсушенной до 15 проц. влажности.

5. Стоимость горючего при работе на угле, по имеющимся практическим данным эксплуатации газогенераторных установок на Урале в 1933 г., больше, чем соответственная стоимость дров (чурок, полученных кустарным способом), в отношении 4 : 3.

6. Высушенная древесина в виде чурок очень удобна в эксплуатации и для перевозки, уголь же при перевозке перетирается, а при обращении с ним пылит и пачкает.

Первые газогенераторные подвижные установки работали на древесном угле. В последнее время все большее внимание обращается на применение подсушенной древесины, которая дает лучшее использование топлива и удобна в обращении.

Здесь необходимо отметить, что бурый уголь не имеет недостатков черного, и, если будут найдены экономические способы его производства, он сможет стать наиболее употребительным видом топлива для подвижных газогенераторных установок.

#### Карбонит

Уголь, полученный при высокой температуре (черный уголь), как было указано, представляет некоторые неудобства при применении в газогенераторах. Для замены одной объемной части жидкого горючего надо взять шесть объемных частей угля. Чтобы устранить недостатки угля (слабая плотность и пыль) французы стали изготовлять из древесного угля более плотные куски яйцеобразной формы, которые они называли карбонитом.

Для изготовления карбонита уголь превращается в порошок, смешивается с растительной смолой, окисленной по особому способу, и прессуется в куски яйцевидной формы (которые обжигаются в закрытом сосуде).



Карбонит гораздо плотнее угля, калорийность его выше, газ получается более богатый, чем угольный; при обращении карбонита не выделяет пыли и не пачкает. Несмотря на все эти достоинства, карбонит, однако, не получил даже во Франции большого распространения. Причины этого заключаются в том, что продукт этот дорог и не дает такой значительной экономии, какая получается при замене дорогого во Франции жидкого горючего твердым топливом в виде древесины или угля. Кроме того, производство карбонита связано с устройством специальных заводов, имеющих солидное оборудование, и не может быть поставлено во многих местах потребления горючего.

### Другие виды твердого растительного топлива

Из других видов растительного горючего наибольшего внимания заслуживает солома. В безлесных земледельческих районах количество соломы настолько велико, что она за неимением древесины могла бы служить местным топливом для газогенераторных установок. Однако в необработанном виде солома непригодна, так как занимает слишком большой объем и неудобна в обращении и для перевозки.

У нас были попытки прессовать из соломы брикеты, и в лабораторном масштабе получены удовлетворительные результаты. Свердловским изобретателем т. Готовым был разработан технологический процесс получения брикетов из соломы. Мелкорубленая солома нагревается в реторте, причем после известной температуры (около  $280^{\circ}$ ) выделяет смолу. При дальнейшей обработке нагретой массы прессованием ее под большим давлением образуется плотный и прочный брикет с удельным весом 0,8—0,9 и теплопроизводительностью (по данным Уралхимлеса) от 4 580 до 5 700 кал. Подобные же брикеты можно изготовлять из древесных опилок, торфа и пр. Выделяющаяся при нагревании смола служит связующим веществом.

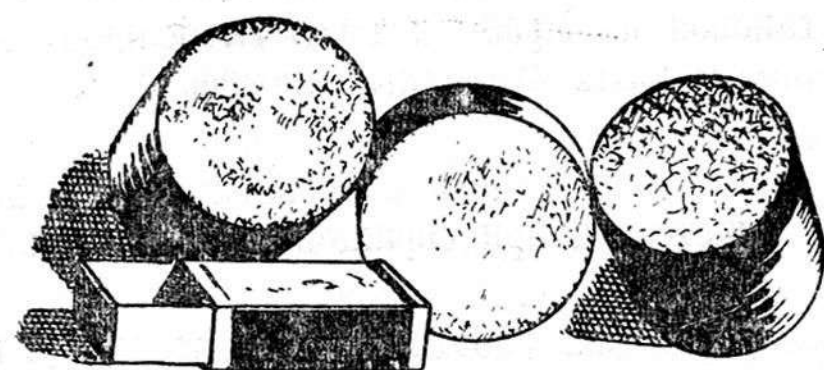


Рис. 10 Брикеты из торфа, соломы и древесных опилок, полученные по способу т. Глотова. Рядом, для сравнения размеров, коробка спичек

На рис. 10 показаны брикеты из торфа, соломы и древесных опилок, полученные по способу Глотова. Они имеют цилиндрическую форму, а о размерах их можно судить, сравнивая с размером помещенной рядом спичечной коробки. На рис. 11 показан внешний вид некоторых сортов твердого горючего и брикетов.

Однако для производства соломенных брикетов в промышленных размерах требуется сложное и громоздкое оборудование. Если удастся получить удовлетворительные результаты массового производства брикетов из соломы как в технологическом, так и в экономическом отношении, то этот вид топлива может занять подобающее ему место среди других видов твердого топлива для газогенераторов.

Кроме соломы могут найти применение древесные стружки, опилки, льняная и конопляная костра, подсолнечная шелуха и пр. Сюда следует присоединить также отбросы хлопкового производства (коробочки, стебли), которых можно получить около 2 т на каждый гектар, засеянный хлопчатником. Эти отбросы по тепловым свойствам очень приближаются к дереву при отсутствии в них смол и представляют источник местного топлива,

пригодного для газогенераторов. Все эти виды горючего нуждаются также в брикетировании, и опыты в этом направлении составляют задачу ближайшего будущего.

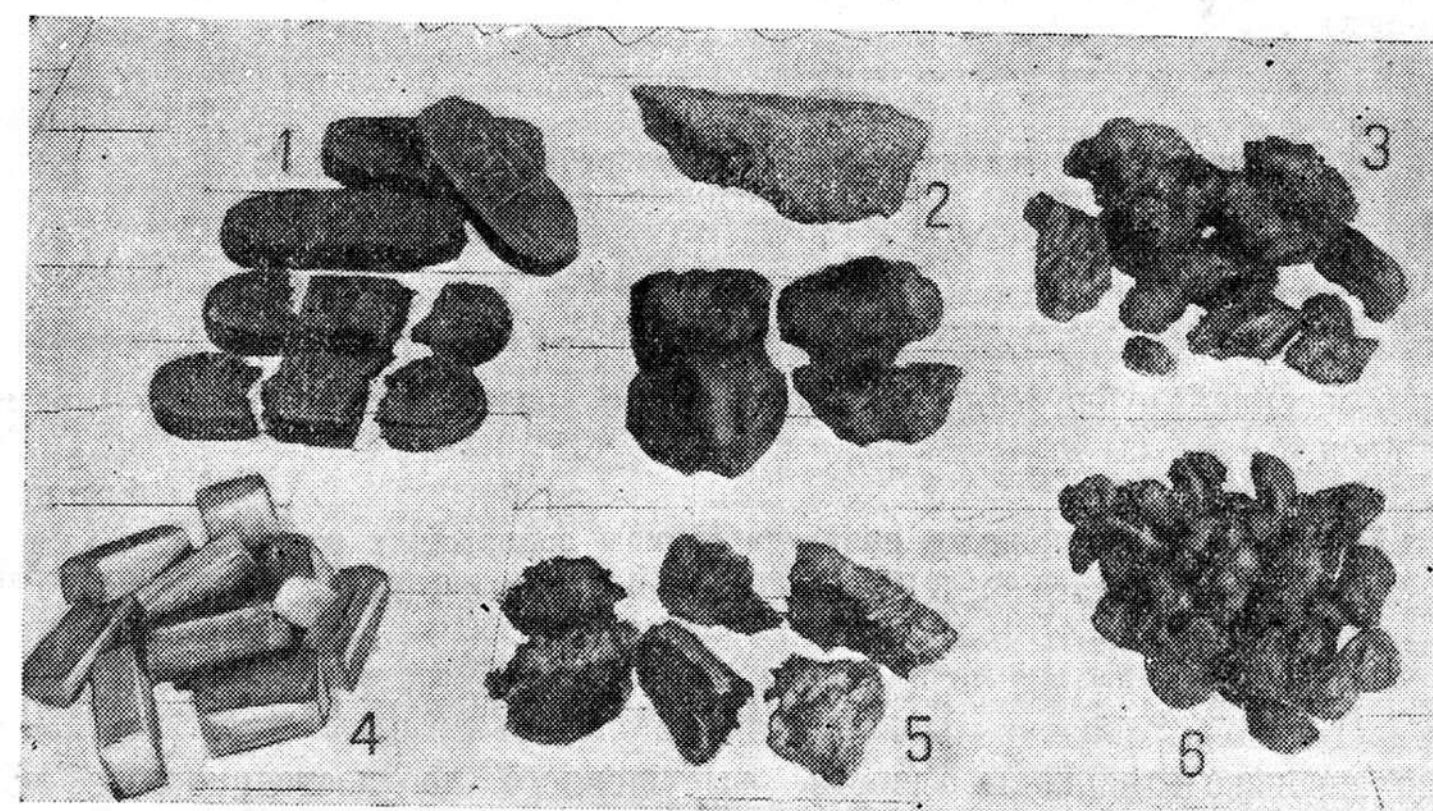


Рис. 11. Форма топлива для транспортных газогенераторов. 1—торфяные брикеты; 2—кусковой торф; 3—торфяной кокс; 4—древесные чурки; 5—размельченный торф; 6—орешек (брикет торфяного кокса)

Из приведенного общего обзора разных видов твердого топлива можно прийти к заключению, что в настоящее время следует остановиться на следующих его сортах, практически пригодных для подвижных газогенераторов:

1. Древесина в виде чурок, подсушенная до содержания влаги около 15 проц.
2. Древесный уголь разной степени выжига, но однообразного состава.

### ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 4

Средний относительный вес древесины разных пород

Порода дерева	Средний относительный вес древесины		
	Свежее	Полусухое	Сухое
Бук . . . . .	0,98	0,77	0,74
Дуб . . . . .	0,98	0,85	0,68
Береза . . . . .	0,92	0,71	0,61
Ель . . . . .	0,85	0,55	0,48
Сосна . . . . .	0,91	0,60	0,55
Ольха . . . . .	0,90	0,59	0,55
Осина . . . . .	0,77	0,56	0,43

Таблица 5

Средний химический состав дерева с 15% влаги в %

Углерода . . . . .	43,5	Азота . . . . .	1
Водорода . . . . .	5	Золы . . . . .	1
Кислорода . . . . .	34,5	Воды . . . . .	15
В с е г о . . . . .			100%



Таблица 6

Вес 1 куб. м сухих дров (10—12% влаги) в кг

Бук . . . . .	520	Сосна . . . . .	390
Дуб . . . . .	490	Ольха . . . . .	385
Береза . . . . .	440	Осина . . . . .	300
Ель . . . . .	370		

Таблица 7

Среднее содержание влаги в свежесрубленном дереве в %  
(Время рубки — январь)

Бук . . . . .	40	Сосна . . . . .	40
Дуб . . . . .	35	Ольха . . . . .	42
Береза . . . . .	31	Осина . . . . .	44
Ель . . . . .	50		

При весенней рубке (апрель) содержание влаги увеличивается примерно на 15 проц.

Таблица 8

Теплопроизводительность дров при разном содержании влаги в кал/кг

При 10% влаги	3 860	При 10% влаги	3 880
" 15% "	3 640	" 30% "	2 810
" 20% "	3 370	" 40% "	2 370
" 25% "	3 120	" 50% "	1 970

Теплопроизводительность дерева, высушенного до постоянного объема, — в среднем 4 950 кал/кг.

Таблица 9

Теплопроизводительность разных видов топлива

В и д т о п л и в а	Теплопроиз- водительн. кал/кг	В и д т о п л и в а	Теплопроиз- водительн. кал/кг
Дерево сырое . . . . .	2 400—2 800	Каменный уголь . . . . .	5 000—8 000
" естеств. сушки . . . . .	3 400—3 800	Антрацит . . . . .	8 000
Бурый древесный уголь . . . . .	5 800—6 900	Кокс . . . . .	7 500
Черный древесный " . . . . .	7 000—7 750	Спирт . . . . .	5 700
Карбонит . . . . .	7 500—8 000	Керосин . . . . .	10 000
Солома . . . . .	2 200—2 500	Бензин . . . . .	10 500
Древесные опилки . . . . .	3 000	Мазут . . . . .	10 500
Торф естеств. сушки . . . . .	3 500—4 000	Нефть сырая . . . . .	11 000—11 700
Торфяные брикеты . . . . .	4 400—4 700	Доменный газ (1 куб. м) . . . . .	900
		Генерат. газ. (1 куб. м) . . . . .	900—1 300

Таблица 10

Объемный вес измельченной древесины при естественной насыпке

П о р о д а д е р е в а	Величина кусков	Вес 1 куб. м в кг при влажн. 17%
Твердая порода пиленая . . . . .	5 см × 6 кв. см	285
" " " . . . . .	5 " × 20 " "	290
" " " . . . . .	8 " × 20 " "	300
" " " . . . . .	16 " × 20 " "	360
Твердая порода дробленая . . . . .	длина 7,3 см ширина 6,4 " толщина 1,2 "	265
Мягкая порода пиленая . . . . .	8 см × 6 кв. см	210
" " " . . . . .	16 " × 20 " "	255
" " " . . . . .	8 " × 25—30 кв. см	240
Смесь из равных объемов твердых и мягких пород пиленых . . . . .	8 см × 25 кв. см	290
Смесь из равных объемов твердых и мягких пород дробленых . . . . .	—	230

## ЧАСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК И ИХ РАСПОЛОЖЕНИЕ НА МАШИНЕ

### Части газогенераторной установки

Основной частью газогенераторной установки служит газогенератор, т. е. газообразователь. Его назначение — превратить твердое горючее в газообразные продукты, которые должны сгорать в цилиндрах двигателя.

Получаемый из газогенератора газ, называемый генераторным газом, имеет сложный состав. В его горючие части входят: окись углерода, водород и некоторые химические соединения углерода с водородом или так называемые углеводороды — метан, этилен. Кроме горючих частей, в состав генераторного газа входят и негорючие газы — углекислый газ, азот и разные пары. Газы эти являются хотя и нежелательной, но неизбежной примесью, так как азот — составная часть воздуха, который вводится в генератор для сжигания топлива, а углекислота и пары получаются в результате процесса, происходящего в генераторе. Чем меньше выход углекислоты, тем лучше протекает газогенераторный процесс, но совершенно освободиться от присутствия этого газа невозможно.

Кроме газообразных продуктов, в состав генераторного газа входят и твердые вещества — пыль, сажа, мелкие остатки негоревшего топлива.

Состав газа зависит как от вида применяемого топлива, так и от хода процесса разложения в генераторе. Примерный состав генераторного газа в объемных частях: от 30 до 40 частей горючих газов и от 60 до 70 частей негорючих. Твердые частицы занимают сравнительно ничтожный объем.

Генераторный газ не может быть непосредственно использован для наполнения цилиндров двигателя. Он имеет слишком высокую температуру и твердые примеси, которые могут загрязнить цилиндры и клапаны, а также вызвать неисправную работу распределительных механизмов и излишний износ частей двигателя. Кроме того, для сгорания газа в цилиндре к нему надо прибавить воздух и возможно тщательнее смешать с ним генераторный газ для получения горючей смеси. Охлаждение газа может быть произведено в особом приборе — газоохладителе (холодильнике), состоящем обычно из системы труб, через которые проходит горячий газ. Трубы охлаждаются омывающим их наружным воздухом. Применение воды для охлаждения в подвижных газогенераторных установках неудобно и громоздко, а поэтому и не получило значительного распространения.

Очистка газа от посторонних примесей (твердых веществ и паров) производится в особых приборах — газоочистителях (эпораторах). Часто делают несколько таких приборов, причем одни назначены для грубой очистки газа (от крупных частиц), а другие, называемые обычно фильтрами, очищают газ от самых мелких примесей. В некоторых конструкциях очистители одновременно со своим прямым назначением производят и охлаждение газа. В этом случае специальный аппарат — охладитель — отсутствует.

Смешивание генераторного газа с воздухом производится в особом приборе — смесителе, где к газу прибавляется воздух в определенной пропорции, причем количество прибавляемого воздуха зависит как от состава газа, так и от режима работы двигателя, загрузки его, числа оборотов, температуры и давления газа.



К составным частям газогенераторной установки принадлежат также: испаритель, который служит для образования пара, подаваемого в камеру горения с целью обогащения газа;

трубопровод, по которому газ течет из генератора в смеситель через промежуточные приборы. Трубопровод должен иметь плотные соединения для избежания утечки газа или подсоса в него наружного воздуха;

регулирующие приспособления для автоматической или ручной регулировки газа, воздуха и горючей смеси;

установочные части для возможности крепления частей газогенераторной установки на автомобиле или тракторе;

защитное приспособление, предохраняющее водителя и обслуживающий персонал от действия высоких температур некоторых частей установки и от вредного влияния газов (экраны), а также установки, предохраняющие от механических повреждений внешними предметами.

### Расположение частей газогенераторной установки на автомобиле и тракторе

Современные автомобили и тракторы, работающие на жидком горючем, не приспособлены к установке на них большого числа дополнительных приспособлений, входящих в состав газогенераторной установки, и удобное размещение этих приспособлений представляет нелегкую задачу для конструктора. Условия, которым должно удовлетворять размещение частей установки, заключаются главным образом в следующем:

1. Установка не должна выходить из общих внешних габаритов машины, для того чтобы части ее не препятствовали свободному движению машины в стесненных пространствах, размещению в гараже и на подвижном составе, служащем для перевозки машин.

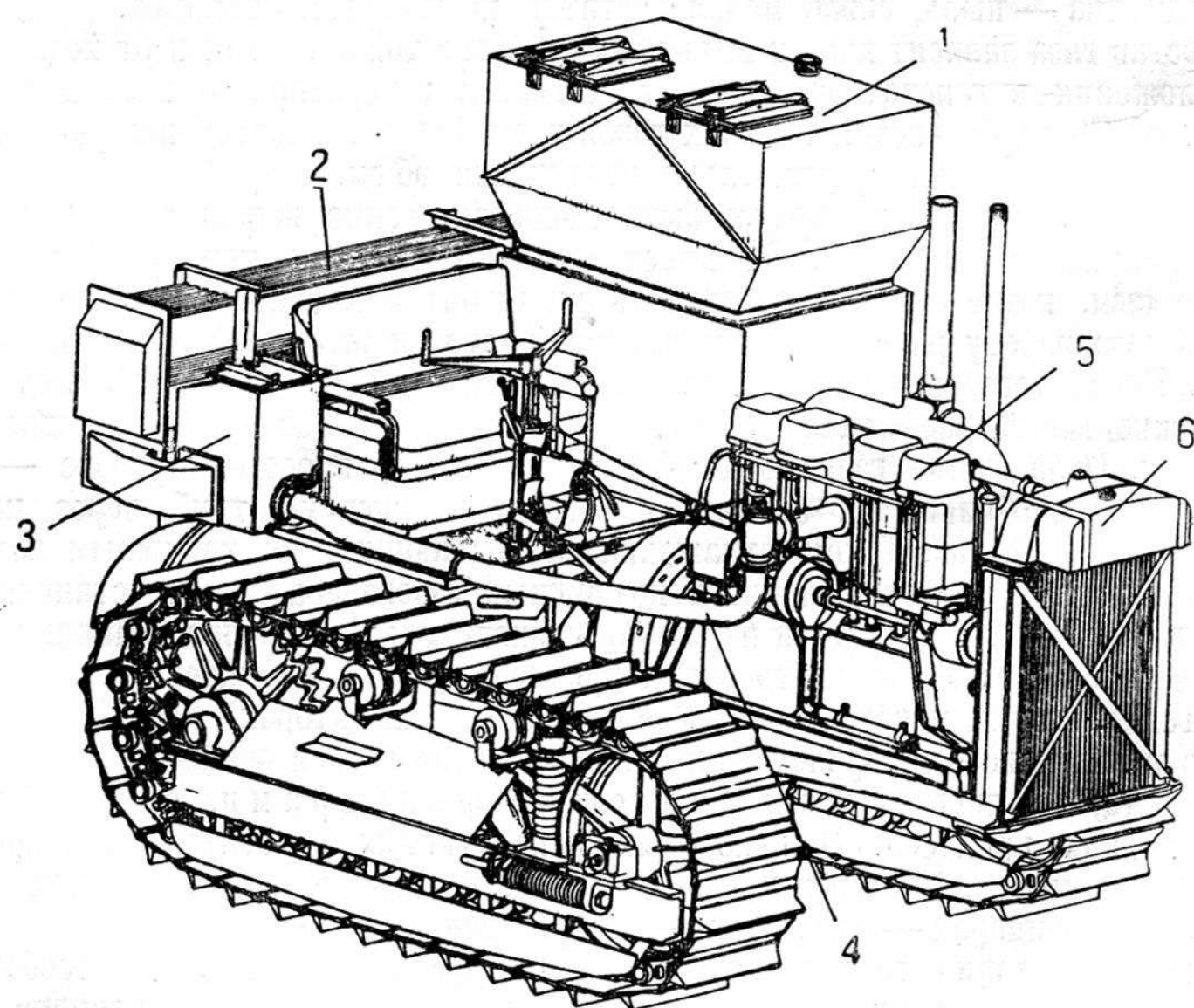


Рис. 12. Общий вид установки ОКБ-8 на тракторе „Сталинец“ ЧТЗ. 1—газогенератор; 2—охладитель газа; 3—очиститель газа; 4—газопровод; 5—двигатель; 6—пусковой бензиновый бак

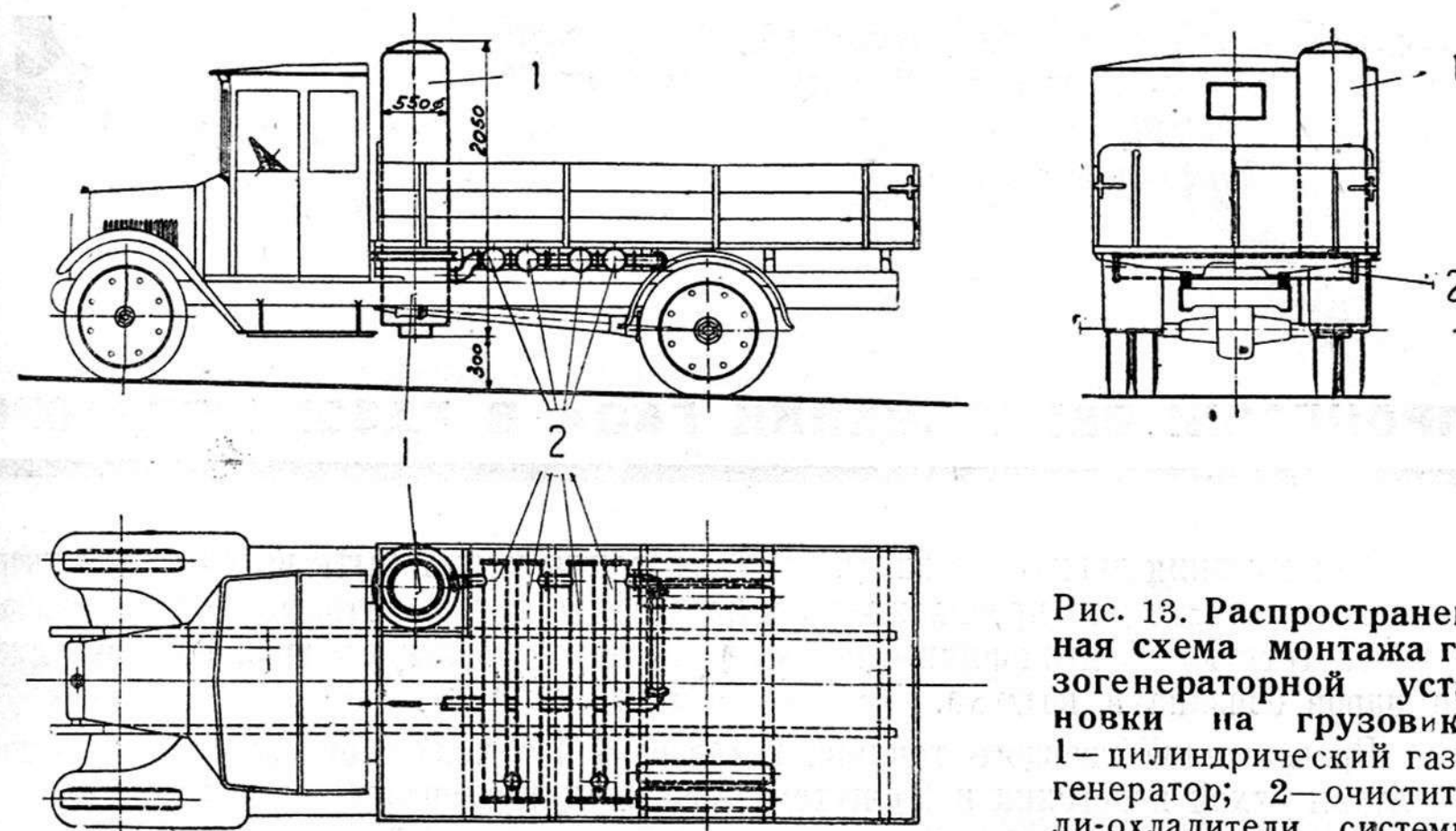


Рис. 13. Распространенная схема монтажа газогенераторной установки на грузовике. 1—цилиндрический газогенератор; 2—очистители-охладители системы Берлие

2. Части установки не должны ограничивать кругозора водителя и мешать наблюдению за прицепным составом, если он имеется (для тракторов и тягачей).

Установленные на с.-х. тракторах газогенераторы не должны заслонять правое переднее колесо от тракториста.

3. Установка должна допускать беспрепятственную стационарную работу трактора от его приводного шкива, не требуя для этого разборки или снятия отдельных частей.

4. Части установки должны быть расположены по возможности в порядке нормального течения газа из одних приборов в следующие для избежания длинных и путанных газопроводов и для уменьшения сопротивлений в них движению газа.

5. Части установки, подлежащие постоянному обслуживанию и частой разборке (для чистки), должны быть легко доступными.

6. Установка частей не должна требовать значительных переделок машины.

7. Установка не должна значительно ограничивать полезную площадь машины (грузовика).

8. Расположение частей установки должно допускать удобную сборку и разборку их, не требуя по возможности дополнительных приспособлений и специального инструмента.

9. Части установки должны крепиться настолько прочно и надежно, чтобы установка была устойчива при движении машины в самых неблагоприятных условиях.

10. Установка частей по возможности не должна портить внешнего вида машины.

Удовлетворить всем поставленным условиям очень трудно, и усилия конструкторов должны быть направлены к тому, чтобы наилучшим образом для каждого случая разрешить поставленную задачу.

Газогенераторная установка Автодор-I, описание которой мы даем в дальнейшем, может служить примером удачного расположения частей для удовлетворения поставленным условиям.

Общая картина расположения установок на тракторе и автомобиле изображена на рис. 12 и 13.



## ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗА В ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ

Для питания двигателя внутреннего сгорания может быть использовано твердое топливо, если его предварительно превратить в газ, который, будучи смешан в соответствующей пропорции с воздухом, образует горючую смесь, подобную смеси паров бензина и воздуха.

Превращение твердого топлива в газообразное может производиться двояко: 1) путем сухой перегонки и 2) путем газификации твердого топлива.

Первый способ требует громоздких стационарных сооружений для перегонки топлива и очистки газа, со сложной системой трубопроводов и компрессорной установкой, нагнетающей газ в стальные баллоны. Газ в баллонах находится под давлением 100—200 атмосфер. Баллоны с газом устанавливаются на машине для питания двигателя.

Второй способ позволяет получать газ непосредственно на автомобиле или тракторе при помощи довольно компактной и легкой газогенераторной установки. Собственно процесс газификации заключается в преобразовании твердого углерода топлива в газообразную окись углерода и получил свое применение в стационарных газогенераторах (силовых станциях) около 100 лет назад.

Если при топке простой печи несколько прикрыть отдушину, то в результате получится всем известный угарный газ. Этот газ образуется вследствие неполного горения топлива (горения с недостатком воздуха) и может дать в смеси с воздухом горючую смесь. Однако вследствие незначительного экономического эффекта и низкой тепловой способности этот газ не получил распространения. В технике стали применять газ, схожий по своему составу с угарным газом, но более богатый окисью углерода и более экономичный в производстве.

Газ этот получается с помощью особого процесса, который заключается в следующем: если сжечь полностью твердое топливо (превратить в дым) за счет подаваемого воздуха и затем полученный дым (продукты полного горения) пропустить через довольно толстый слой раскаленного угля, то в результате получится газ, дающий в надлежащей пропорции с воздухом горючую смесь.

Образование этого так называемого чисто воздушного газа протекает при очень высоких температурах порядка 1 200—1 300°. При этих температурах материал, из которого сложена печь, быстро разрушается, образуется обильное количество шлаков, и сам газ при выходе из печи имеет высокую температуру. С целью охлаждения печи в нее стали подавать небольшое количество воды; в результате получилось двойное улучшение — охладилась печь, охладился газ и повысились его тепловые качества. Вода, попав в слой раскаленного угля, вступает в соединение с ним, в результате чего выделяется водород и понижается температура.

Такой процесс, при котором сначала сжигается топливо, а затем полученные продукты сгорания восстанавливаются в присутствии раскаленного угля с разложением воды и получением водорода, применяется во всех современных газогенераторах. Полученный этим способом газ носит название смешанного или Дюросовского (по фамилии ученого, его открывшего). Иногда его называют силовым или полуводяным газом.

Рассмотренный процесс является теоретическим процессом газообразования; практически же происходит целый ряд отклонений от него с образованием новых газов. Смесь всех этих газов и представляет топливо для питания двигателя. Примерный состав смешанного газа, полученного из воздушно-сухих древесных чурок, показан в таблице 11.

Таблица 11

Название составных газов	Объемный состав в %
Окись углерода . . . . .	20,0
Водород . . . . .	14,0
Метан . . . . .	2,0
Кислород . . . . .	0,2
Углекислота . . . . .	10,0
Азот . . . . .	53,8
В с е г о . . . . .	100%

Весь процесс газификации твердого топлива протекает в газогенераторе (газообразователе), представляющем шахтную печь круглого, квадратного, прямоугольного или овального сечения, заполняемую толстым слоем топлива.

В зависимости от конструкции печи (газогенератора) в нее подается сверху, из середины, сбоку или снизу воздух, сухой или увлажненный парами воды. Соответственно газ выходит из генератора снизу, сбоку или сверху.

Во всех случаях воздух для газообразования подается в генератор или путем нагнетания (вдувания) вентилятором или всасывается благодаря отсосу газа из шахты газогенератора.

В генераторах, установленных на тракторе или автомобиле, самый простой способ обеспечить тягу — это использовать сильное разрежение, создаваемое двигателем. Этот способ применяется во всех современных транспортных газогенераторных установках и называется газосасывающим способом.

В зависимости от места отсоса газа и подачи воздуха в газогенератор существуют три разновидности процесса газификации:

1. Прямой или нормальный процесс газификации.
2. Горизонтальный процесс газификации.
3. Опрокинутый или обратный процесс газификации.

### Газогенераторы с прямым процессом газификации

Если в шахту, загруженную топливом и имеющую колосниковую решетку, подвести снизу под решетку воздух и пар, а сверху отсасывать газ, то процесс будет протекать следующим образом.

В нижней части шахты (рис. 14), на колосниковой решетке, происходит горение части топлива при помощи воздуха, поступающего снаружи вместе с водяным паром. В результате сгорания топлива температура в этой части шахты повышается до 1 200—1 300°. Эта часть обычно называется зоной (поясом) горения и занимает место над колосниковой решеткой на высоту 100—150 мм. Горячие продукты горения и перегретый водяной пар, под влиянием тяги, поднимаются вверх и вступают в так называемую восстановительную зону, высотой 200—300 мм. В этой зоне углекислота и водяной пар вступают в соединение с углеродом топлива и превращаются в горючие газы — окись углерода и водород. Процесс превращения углекислоты в окись углерода в присутствии раскаленного углерода называется восстановительным или основным процессом.

Восстановительная зона является главной в газогенераторном процессе и в ней должны существовать температурные условия, наиболее благоприятствующие



щие процессу. Между газами, получаемыми в восстановительной зоне, имеется определенное соотношение, главным образом зависящее от температуры, при которой протекает газообразование. Для наиболее полного завершения процесса температура его должна быть около  $1\,000\text{--}1\,100^\circ$ . При понижении этой температуры качество газа ухудшается и тем больше, чем ниже температура.

Продукты газификации, поднимаясь выше, отдают свое тепло верхним слоям топлива и охлаждаются. При этом в генераторе образуются еще две зоны: 1) зона сухой перегонки, где топливо, нагреваемое до температуры  $400\text{--}600^\circ$ , подвергается сухому разложению без доступа воздуха с выделением газов (углеводородов) и смолы; 2) зона подсушки, через которую все горячие газы проходят вверх, захватывая влагу топлива, чем осуществляется его подсушка.

Итак, в результате прямого процесса газификации получается смешанный газ, состоящий из паров воды, смол, газов сухой перегонки и газов газификации.

Если в генераторе газифицируется бессмольное топливо — кокс или древесный уголь, то в результате сухой перегонки смолистые погоны отсутствуют, и газ будет состоять только из водяных паров (влажность топлива), незначитель-

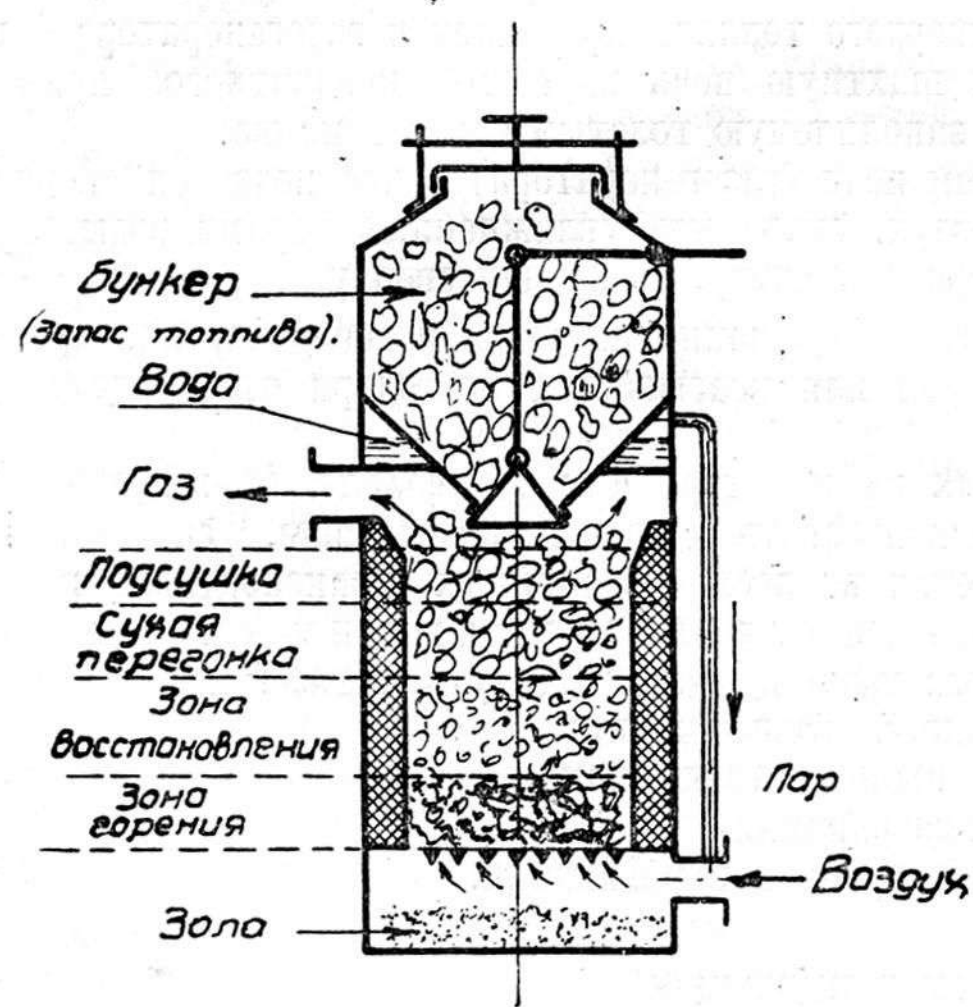


Рис. 14. Схема прямого процесса газификации

ного количества летучих погоней сухой перегонки и газов основного процесса.

В результате газификации влажного топлива, богатого летучими, получают газ, содержащий большое количество смолы и влаги и требующий серьезной и сложной очистки.

Это обстоятельство не позволяет применять прямой процесс газификации в транспортных газогенераторах, работающих на смолистых и богатых летучими топливах, как то: дрова, торф, и т. д. Поэтому транспортные газогенераторы с прямым процессом газификации применяются только для топлив бессмольных и содержащих незначительное количество летучих, как, например, кокс, древесный уголь (черный, хорошего выжига), антрацит, некоторые сорта тощих каменных углей и искусственные топлива типа «карбонит».

#### Горизонтальный процесс газификации

Горизонтальный процесс газификации был вызван, главным образом, конструктивными соображениями и особенностями монтажа установки на автомобиле, требующими устройства шахты небольшой высоты и удлиненной формы.

В отличие от прямого процесса, зоны газообразования в горизонтальном про-

цессе располагаются вертикальными слоями, причем газы движутся поперек опускающегося топлива, вдоль пода шахты. Это вызывает значительный перегрев шахты и газа.

Горизонтальным процессом так же, как и прямым, можно газифицировать только бессмольные топлива — древесный уголь, кокс.

Недостатки, присущие прямому процессу, целиком сохраняются и для горизонтального процесса. Процесс этот находит только ограниченное применение в современных подвижных газогенераторных установках.

#### Опрокинутый процесс газификации

В шахтах, работающих по прямому процессу газификации, верхние слои топлива подвергаются интенсивной перегонке, в результате чего обильно выделяющиеся смолы сильно загрязняют газ. Этот недостаток ограничивает применение твердого топлива двумя видами: древесный уголь и карбонит. Стремясь газифицировать богатые летучими топлива — дрова, бурые угли, торф и т. д. — конструкторы стали применять другой способ, известный под названием опрокинутого процесса газификации, в котором при соответствующих условиях значительная часть смолистых погоней «газифицируется» в самом газогенераторе, что устраняет необходимость сложной очистки газа.

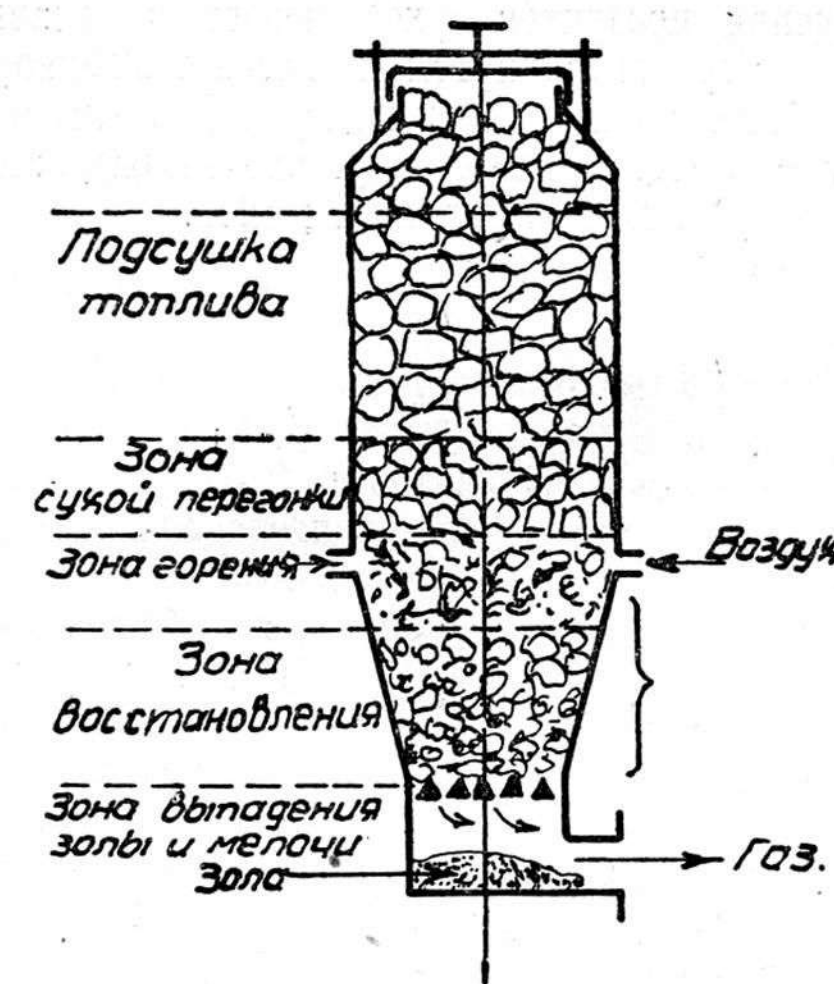


Рис. 15. Схема опрокинутого процесса газификации

Помимо этого свойства, опрокинутый процесс получил большое распространение в транспортных установках благодаря значительному упрощению конструкции газогенератора и возможности загрузки в шахту топлива во время движения машины. Опрокинутый процесс дает возможность газифицировать в одной шахте разнообразные виды топлива и тем самым приближает конструкцию к так называемому универсальному типу.

Процесс опрокинутой газификации заключается в следующем. В шахту газогенератора (рис. 15) через верхний люк загружается топливо, заполняющее всю шахту. В среднюю часть шахты подводится необходимый для газификации воздух, а газ отсасывается снизу.

Поступающий в среднюю часть газогенератора воздух сжигает находящееся здесь топливо, образуя зону горения. В результате горения топлива температура



зоны поднимается до  $1\,300\text{—}1\,400^\circ$  и нагреваются верхние слои топлива, где образуются еще две зоны: 1) зона сухой перегонки, находящаяся непосредственно над зоной горения, и 2) зона подсушки — в верхних частях шахты.

В этих зонах происходит выделение смол, водяных паров и газов. Процесс этот протекает при довольно высоких температурах и без доступа воздуха. В транспортных газогенераторах эти температуры обычно находятся в пределах  $300\text{—}400^\circ$  и являются средними между температурами зоны сухой перегонки —  $450\text{—}500^\circ$  и зоны подсушки —  $150\text{—}250^\circ$ .

Вследствие разрежения в нижних частях шахты продукты перегонки (водяной пар, смола и газы) опускаются вместе с образовавшимися в этих зонах углем вниз, в зону горения, где частично сгорают, вступая в соединение с входящим сюда воздухом, и, нагревшись до температуры зоны, опускаются ниже.

Продукты горения вместе с продуктами перегонки вступают в соединение с нижними слоями топлива и образуют восстановительную зону, где происходят все основные процессы газообразования. Обычно температура восстановительной зоны поддерживается около  $1\,000\text{—}1\,100^\circ$ . Зоны горения и восстановления составляют вместе так называемую активную зону и помещаются в части газогенераторной шахты, именуемой топливником или камерой горения.

В отличие от прямого процесса газообразования, при опрокинутом процессе в восстановительной зоне протекает не только газификация, но и процессы разложения продуктов сухой перегонки, главным образом смол.

При опрокинутом процессе газификации получается газ, состоящий из смеси собственно продуктов газификации (углекислота, водород), продуктов разложения смол (метан, тяжелые углеводороды), азота, водяного пара и незначительных остатков неразложившихся смол.

## ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА ТРАНСПОРТНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

Транспортные газогенераторы, в зависимости от процесса газообразования, разделяются на три типа:

1. Газогенераторы прямого процесса.
2. Газогенераторы горизонтального процесса.
3. Газогенераторы опрокинутого процесса.

### ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ ПРЯМОГО ПРОЦЕССА

#### Загрузка топлива

В зависимости от способа подачи топлива в шахту газогенераторы прямого процесса разделяются на два основных типа:

- а) газогенератор с непрерывной загрузкой топлива и отбором газа сверху шахты;
- б) газогенератор с периодической загрузкой и отбором газа на середине высоты шахты.

Первый тип газогенераторов требует специального загрузочного устройства, выполненного в виде конуса или тарелчатого клапана, расположенного в нижней части бункера. Обычно объем бункера в транспортных установках рассчитывается на 2—2,5 часа непрерывной работы двигателя при средней эксплуатационной нагрузке.

Отвод газа, как правило, должен производиться через верхнюю часть шахты газогенератора, где происходит и введение топлива. Для обеспечения равномерности протекания процессов обычно в конструкциях первого типа над слоем топлива устраивается газовая камера, которая имеет сбоку газоотводную трубку. В центральной части камеры помещается загрузочное устройство.

Необходимым условием конструкции этого типа является возможно большее снижение скорости выхода газа из топлива с тем, чтобы он не мог увлекать с собой слишком много пыли. Эта скорость должна составлять от 1 до 2 м/сек. Для этого же рекомендуется применять топливо обеспыленное, а подачу его производить через специальную загрузочную шахту, в виде конуса, проходящего через газосборник и глубоко входящего в слой топлива. Такого рода загрузку имеет газогенератор системы Пип (рис. 17). Устройство с загрузочным колоколом и тарелчатым клапаном имеется в газогенераторе системы проф. Наумова У-5 (рис. 18).

Загрузочные устройства, имеющие колокол или тарелку, допускают непрерывную загрузку, однако не обладают необходимой плотностью, отчего в процессе работы в газосборник засасывается воздух, разбавляющий и частично окисляющий газ. В конструкциях, подобных Пип, высокий слой топлива над патрубком, отсасывающим газ, а также периодичность загрузки, дают большую гарантию в получении лучшего газа. Загрузочная шахта обладает преимуществом равномерного и автоматического распределения топлива независимо от обслуживания, отчего высота слоя в топливнике остается всегда постоянной, не вызывая никакого



изменения в составе газа. Уголь в загрузочной шахте не участвует в процессе, а медленно и равномерно опускается в топливник.

В условиях практической работы температура газа при выходе из слоя топлива находится в пределах от 250 до 650° (в зависимости от влажности топлива). Поэтому находящееся в загрузочной шахте топливо так же, как и сама шахта, интенсивно нагревается. Вследствие этого излишне разогреваются стенки загрузочной камеры и медленно опускающееся топливо подвергается процессу сухой перегонки. Газы и продукты перегонки проходят через слой топлива загрузочной камеры в наружную шахту. Проходя на этом пути горячую зону, они разлагаются (особенно смолистые, погонны). При условии, что загрузочная камера опущена в слой топлива достаточно глубоко и температура в ней достаточно высока, это способствует получению газа, бедного смолой. Из этих конструкций в дальнейшем образовались газогенераторы со средним отбором газа.

### Подача первичного воздуха и его подогрев

Подача первичного воздуха к слою топлива активной зоны производится снизу через колосниковую решетку, равномерно распределяющую воздух по всему сечению зоны. Почти во всех газогенераторах воздух, прежде чем попасть под колосниковую решетку, подогревается или физическим теплом газа, или теплом, излучаемым обмуровкой топливника, или тем и другим вместе. Подогрев воздуха, помимо улучшения отдачи газогенератора, охлаждает газ.

Улучшению процесса газообразования в значительной мере способствует повышение температуры, вносящее дополнительное тепло на восстановительный процесс. Проф. Гиттис установил, что подогрев первичного воздуха дает улучшение процесса на 8—12 проц. и тем больше, чем выше температура подогретого воздуха. В транспортных установках температура подогрева изменяется от 50 до 200° Ц в зависимости от размера поверхностей подогревателей и режима газогенератора.

Конструктивно подогрев воздуха выполняется самыми различными способами. В генераторе Пип (рис. 17) воздух подогревается, проходя около раскаленной металлической стенки топливника. Проф. Наумов осуществляет подогрев в своих первых конструкциях, пропуская воздух мимо винтовых ребер трубы, отводящей газ, и между внутренней и внешней стенками шахты газогенератора. В газогенераторах АРА и Шарль Ру воздух интенсивно подогревается, смывая хорошо развитые поверхности газоотвода и стенки топливника. Подогрев воздуха выполняется иногда одновременно с охлаждением газа. Примером может служить установка ЭТИА.

### Подача пара и воды

Чтобы снизить температуру зоны горения для уменьшения зашлакования колосниковой решетки и порчи футеровки шахты, а также для повышения теплопроводной способности газа, необходимо при газификации угля вводить в шахту пар или воду. Чрезвычайно обстоятельно проведенные опыты Курта Неймана показали, что существует зависимость между количеством подаваемой в шахту воды и качеством газа.

Формулировать эту зависимость можно примерно так: чем больше дается пара под колосники, тем выше содержание в газе водорода и углекислоты и тем ниже содержание окиси углерода. По опытам Неймана лучший газ получается при подводе 0,4 кг пара на 1 кг топлива, что соответствует, примерно, от 0,1 до 0,12 кг пара на 1 куб. м воздуха, подводимого в шахту. В практике приходится в генератор давать значительно больше пара по ряду эксплуатационных соображений. Обычно цифру расхода пара доводят до 0,6 кг на 1 кг топлива.

Получение пара в транспортных установках осуществляется двумя способами.

1. Испарением воды в испарителях.
2. Подачей воды каплями в нижнюю часть газогенератора на так называемые мгновенные испарители.

В первом способе испарители работают, используя тепло отсасываемого газа или тепло, излучаемое горячими стенками топливника. Испаритель ставится или прямо в газосборнике, и пар отводной трубкой подводится к колосникам, как в генераторе ХААГ (рис. 16), или газ проходит через трубки испарителя, установленного сбоку топливника, как в системе АРА (рис. 19), Автогаз (рис. 24) и т. д. В этих конструкциях воздух проходит над поверхностью воды испарителя и вместе с паром подсасывается к решетке. В ряде других конструкций, например ЭТИА, испаритель вынесен за пределы шахты. Газогенератор Юлиус Пинч (рис. 21), имеет испаритель, установленный вокруг топливника и использую-

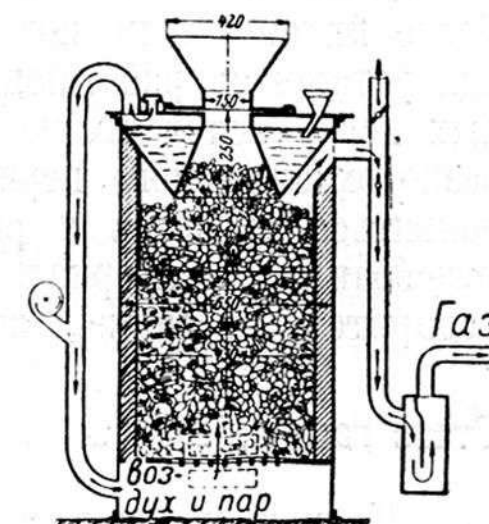


Рис. 16. Разрез газогенератора ХААГ с загрузочным конусом и паровым котлом

щий тепло излучения стенок последнего. Образующийся при этом пар под некоторым давлением подводится к зольнику. Избыточное давление пара в этой конструкции используется для подсоса воздуха.

Газогенератор Шарль Ру (рис. 20) имеет также кольцевой испаритель, расположенный вокруг топливника, но подогреваемый газом, проходящим по внутренним трубкам испарителя. Пар захватывается проходящим под слоем воды воздухом и вместе с ним подводится к колосникам, получив перегрев около стенок топливника.

Примером конструкции с подачей воды служит газогенератор системы Пип (рис. 17). Вода из водяного бачка самотеком подается на раскаленные ребра металлической части топливника, окружающего зону горения. Эта часть топливника выполнена из жароупорной стали, имеет большой объем и одно ребро мгновенного испарителя. Регулировка осуществляется автоматически специальным регулятором капель. Образовавшийся пар захватывается воздухом, проходящим мимо мгновенного испарителя, и вместе с ним всасывается под колосники. В ряде других установок ребер на топливнике нет, и капли просто выпускаются в канал, окружающий топливник, в который засасывается воздух (газогенераторы Дукс, Трактор и другие), или в зольник под колосниковую решетку.

Переменная нагрузка двигателя сказывается на быстром падении коэффициента полезного действия газогенератора и еще больше на количестве разложившегося водяного пара. Опыты Курта Неймана показывают, что при изменении нагрузки шахты в пределах 50 проц. расход пара меняется до 40 проц., а калорийность газа от 1 150 до 1 210 кал. на куб. м. Это вызывает необходимость хорошей автоматической регулировки ввода пара в генератор в зависимости от нагрузки и предъявляет особые требования к конструкции испарителя, месту его установки и объему воды в нем.

Испарители, имеющие большие запасы воды, обладают огромной инерцией и при изменяющемся режиме работы двигателя дают нужное количество пара с запозданием. Малоемкие испарители, дающие пар за счет теплоты уходящих га-



зов, более гибки, чем испарители, работающие за счет тепла, излучаемого стенками шахты, так как в этом случае инерция испарителя увеличивает аккумулирующую способность футеровки шахты. Лучше работают испарители с давлением пара (испаритель Юлиус Пинч — рис. 21), чем испарители, увлажняющие воздух, проходящий над уровнем воды, т. е. дающие пар при давлении меньше атмосферного (испарение под разрежением).

Подача воды в шахту каплями и возможно быстрое ее испарение на ребрах мгновенного испарителя, особенно при одновременном применении автоматической регулировки, обеспечивают необходимую гибкость питания газогенератора водой и создают условия для устойчивой работы с постоянным составом получаемого газа. Поэтому замена испарителей капельной подачей воды в генератор является вполне рациональной, хотя в этом случае меньше используется физическое тепло газа и несколько уменьшается коэффициент наполнения двигателя вследствие более высокой температуры газа. Устранить этот недостаток можно более интенсивным подогревом воздуха и подогревом воды, что особенно важно для установок, работающих в зимних условиях. Серьезным недостатком мгновенных испарителей являются специфические условия работы материала испарителя, резко охлаждаемого периодически падающими каплями, в результате чего может появиться трещина и разрушение ребра. Тщательностью обслуживания, хорошо подобранным материалом, наконец, автоматическим ограждением мгновенного испарителя от лишней воды этот недостаток может быть совершенно устранен.

### Отсос газа из шахты

Прямой процесс газообразования требует, как правило, отсоса газа через верхнюю часть газогенератора, где происходит и введение топлива. Обычно над топливным слоем располагается газосборная камера, имеющая сбоку газоотводящий патрубок. Такое расположение места отвода газа нерационально, так как при этом вместе с газом уходит в трубу вся пыль, попадающая в шахту вместе с загружаемым топливом, особенно во время засыпки свежей порции из бункера.

Устранение этого недостатка осуществляется загрузкой топлива через загрузочный конус (рис. 17) с понижением места отвода газа к середине высоты шахты. Оба эти способа, однако, не устраняют одностороннего течения газов и прорыва их вдоль шахты, что является результатом неравномерного распределения тяги двигателя по всему сечению шахты и влечет за собой неравномерные прогары топлива и образование воздушных потоков в слоях топлива. С другой стороны, газосборник, обладающий значительным объемом, является так называемым «вредным пространством» газогенератора, в котором происходит выпадение сажи и ухудшение состава газа. Опыты Неймана показывают, что это ухудшение газа при входе в газосборник достигает 10—27 проц. Уменьшая объем вредного пространства и, следовательно, время пребывания в нем газа, а также быстро охлаждая газ, т. е. закаливая его (замечено, что при температуре ниже 450° Ц ухудшения газа не происходит), можно значительно улучшить качество газа.

Отвод газа в середине шахты, как это делается, например, в газогенераторе Пинч (рис. 21), более выгоден. Однако необходимость применять для колпака, отводящего газ, жароупорные материалы не дала возможности этому способу получить большое распространение.

Место и способ отвода газа имеют огромное влияние и на разложение летучих погонов сухой перегонки топлива, что вызывается необходимостью получить газ, свободный от смолистых примесей.

Даже при плохо выжженном древесном угле можно получить смолистые примеси. Загрузочный конус установки Пинч есть первый шаг к устранению смолообразования. Это достигается также в газогенераторе со средним отбором газа. Отбор газа производится в более глубоких слоях топлива, имеющих

высокую температуру, что обеспечивает разложение газов сухой перегонки при проходе их из верхних частей шахты через слой раскаленного топлива к газоотводящей трубе.

### Обмуровка топливника

В газогенераторах прямого процесса, как правило, шахта выполняется из высокостойкого огнеупорного материала, чаще всего из шамотных кирпичей. К обмуровке транспортных газогенераторов предъявляются следующие основные требования:

1. Ограниченные размеры.
2. Возможно малый вес.
3. Прочность при толчках и различного рода колебаниях во время работы машины.
4. Легкость замены частей, подвергающихся действию огня.
5. Возможная защита топливника от внешнего излучения тепла.
6. Плотность.
7. Дешевизна и простота.

Для уменьшения размеров по возможности сокращают толщину обмуровки. Газогенератор Юлиус Пинч (рис. 21) имеет обмуровку, окруженную испарителем в виде водяной рубашки, с обширным парособирающим пространством. Эта комбинация дает возможность значительно сократить толщину обмуровки, без вреда для ее прочности. Обмуровка выполнена в виде обмазки из шамотной глины и асбеста.

Для прочности обмуровка делается иногда в виде сплошного стакана, вставляемого в топливник, или в виде отдельных колец, устанавливаемых в топливнике одно на другое (У-5 — рис. 18). Обмуровка, сделанная из одного куска, обладает хорошей прочностью, но изготовление ее, особенно для больших шахт, представляет известные трудности. Кроме того, повреждение части обмуровки влечет за собой замену всего стакана, что дорого и неудобно.

Для избежания этих недостатков обмуровка в некоторых конструкциях выполняется из кирпичей. Кирпичи собираются в шахте на шамотном растворе или стягиваются вертикальными болтами и конусами. Между кирпичами и стенкой топливника прокладывается асбест толщиной до 5 мм, что обеспечивает плотность, высокую сопротивляемость и дает возможность расширения обмуровки при работе газогенератора. В некоторых конструкциях нижняя часть шахты делается из жароупорных материалов, верхняя же часть имеет обмуровку из асбеста с шамотом, помещенную между двумя металлическими цилиндрами (рис. 17).

### Удаление из генератора остатков

Нижняя часть газогенератора имеет зольниковую камеру, в которую просыпается зола и мелочь через колосниковую решетку. Чаще всего колосниковая решетка делается чугуновой, литой (Пинч, Пинч — рис. 17, 21) или собранной из железных алитированных пластин (АРА — рис. 19). В некоторых конструкциях, например У-5 (рис. 18), решетка делается качающейся, хотя для транспортных установок прямого процесса она особого преимущества не имеет. Нормальный зазор между колосниками 6—8 мм. Объем зольника выбирается из расчета помещения остатков, накопившихся в течение 8—10 часов работы газогенератора. Зола из зольника удаляется через зольниковые дверцы.

### Топливо и размеры активной зоны

Процесс газообразования зависит от времени, температуры и величины поверхности газифицируемого материала. Влияние поверхности обусловлено взаимодействием между топливом и газом. Поднимаясь вверх, газы омывают частички



топлива. Чем больше поверхность соприкосновения газа и топлива, тем энергичнее взаимодействие топлива с газом. В газогенераторах, особенно транспортных, играет роль как размер кусков загружаемого топлива, так и главным образом его поверхность. Кусочки угля неправильной формы тем больше приближаются к наивыгоднейшей форме — шару, чем они меньше. Теоретически и экспериментально доказано, что наивыгоднейший размер куска должен быть от 8 до 20 мм. Практически этот размер несколько повышен, и для древесного угля берется около 50 мм. Опыты ВНИДИ (Всесоюзного научно-исследовательского дизельного института) показали, что не только древесный уголь, но и дрова при уменьшении размера куска улучшают процесс, в значительной мере уменьшая прогар.

Это обстоятельство должно быть учтено при работе транспортного газогенератора, тем более, что до сего времени на него было обращено мало внимания. Размеры поверхности имеют особенное значение при многозольном топливе, так как зола, оставаясь в куске, закрывает внутри лежащие частицы. Если рассматривать частицу как шар, то простые подсчеты показывают, что отношение объемов, занимаемых топливом и газом, независимо от размера частиц, равно, примерно, трем (2,85 по Тренклеру), или объем газа занимает только около 25 проц. от общего объема активного слоя. При некруглых частицах это отношение будет больше, т. е. объем, занимаемый газом, будет меньше. Меньшее отношение получается также при неплотно лежащем топливе, у которого наблюдается образование пустот. С другой стороны, живое сечение теоретического слоя топлива изменяется от 31,53 до 9,305 от сечения зоны в плоскостях, проходящих через точки соприкосновения соседних шаров и через центры шаров. В среднем живое сечение для прохода газов будет составлять около 25 проц. от полного сечения зоны. На время пребывания газа в зоне влияет как, объем газового пространства, значительно уменьшающийся при крупнокусковом топливе, так и скорость течения газа. Поэтому протекание процесса зависит не только от объема шахты, но и от соотношения между высотой слоя и его сечением.

Необходимо отметить, что на работу газогенератора вредно влияет также неравномерность кусков топлива, но особо вредны крупные куски, находящиеся среди мелочи, так как они влекут за собой образование пустот и прогаров. Избежать этого можно тщательной сортировкой топлива.

Для транспортных газогенераторов, работающих на древесном угле, антраците и коксе по принципу прямого горения, размеры активной зоны (топливника) выбираются на основе следующих соотношений:

1. Площадь сечения топливника или площадь колосниковой решетки берется в зависимости от так называемой напряженности, т. е. количества килограммов угля, сжигаемого на 1 кв. м площади решетки в течение одного часа. Современные конструкции дают величину напряженности в пределах 100—200 кг/кв. м, что определяет площадь сечения около 20—30 кв. см на 1 л. с. двигателя.

2. Отношение высоты зоны к ее диаметру лежит в пределах от 1 до 2. В современных конструкциях чаще всего встречается отношение около 1,5. В квадратных и прямоугольных шахтах отношение высоты берут к диаметру вписанного в сечение шахты круга.

3. Удельный объем активной зоны (топливника), т. е. объем, приходящийся на 1 л. с. двигателя, обычно лежит в пределах от 1,25 до 2 л на 1 л. с.

## ОПИСАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ПРЯМОГО ПРОЦЕССА

### Газогенератор Пип

Газогенератор Пип (рис. 17) является представителем типа шахты с массивным металлическим топливником, отлитым из жароупорной стали и имеющим ребро (5) (мгновенный испаритель), на которое каплет вода, подающаяся из бачка (9). Количество подаваемой воды регулируется автоматическим регулятором (8) в зависимости от мощности двигателя. Воздух через вентилятор (7), служащий для раздувки газогенератора, подается в пространство между внешним кожухом (листы из жароупорной стали) и топливником. Здесь он подогревается излучаемым теплом топливника, увлажняется паром и всасывается в шахту. Образующийся газ отсасывается из газосборника в газопровод (11). Топливо (древесный уголь) загружается через люк (10) в бункер (1), откуда оно высыпается по мере сгорания через конус шахты (2). Снизу топливо удерживается

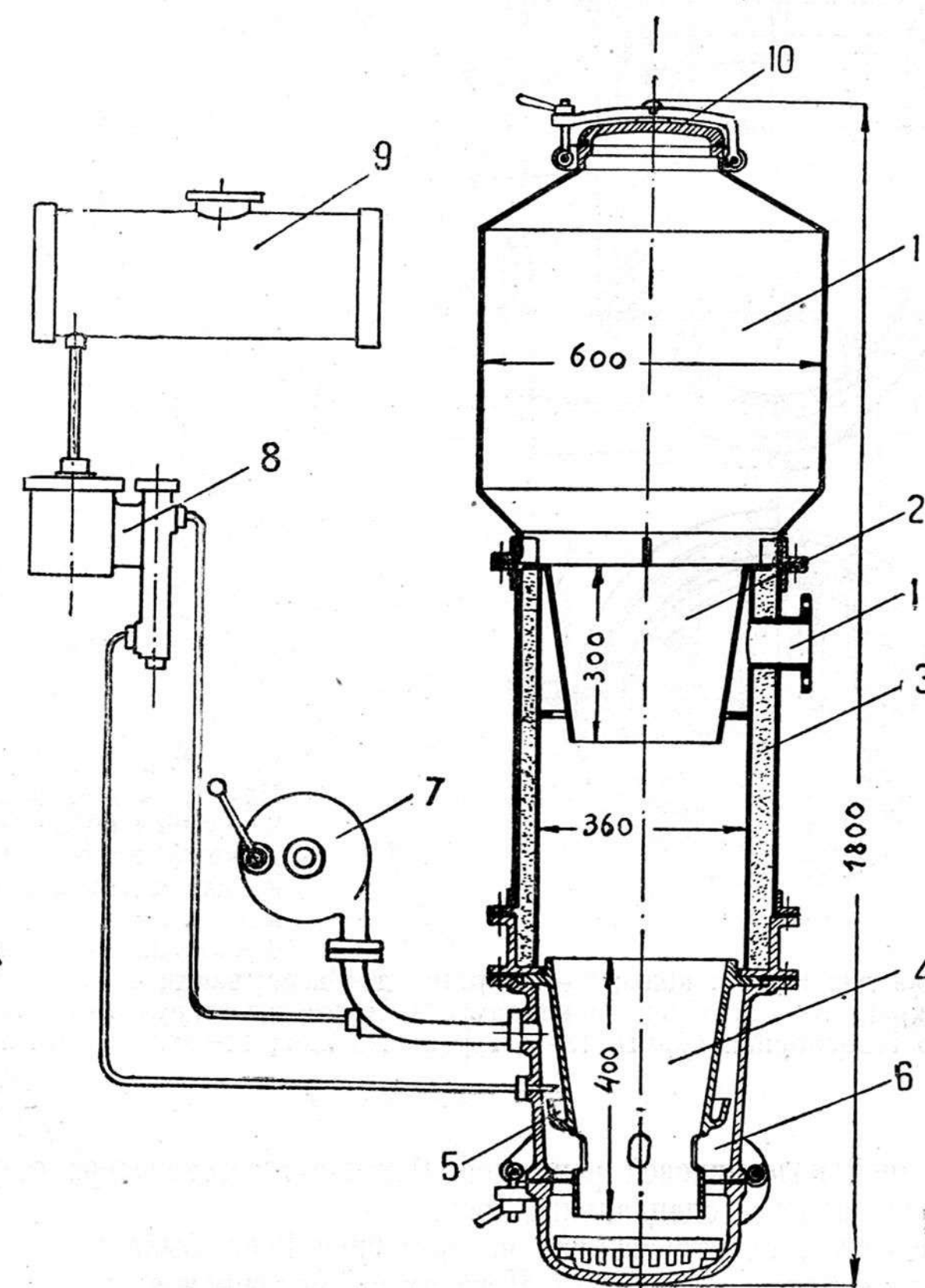


Рис. 17. Газогенератор Тип. 1—бункер; 2—загрузочный конус; 3—асбесто-шамотная обкладка шахты; 4—топливник; 5—мгновенный испаритель; 6—подвод воздуха; 7—вентилятор для розжига; 8—автоматический регулятор; 9—водяной бачок; 10—загрузочный люк; 11—патрубок для отсоса газа



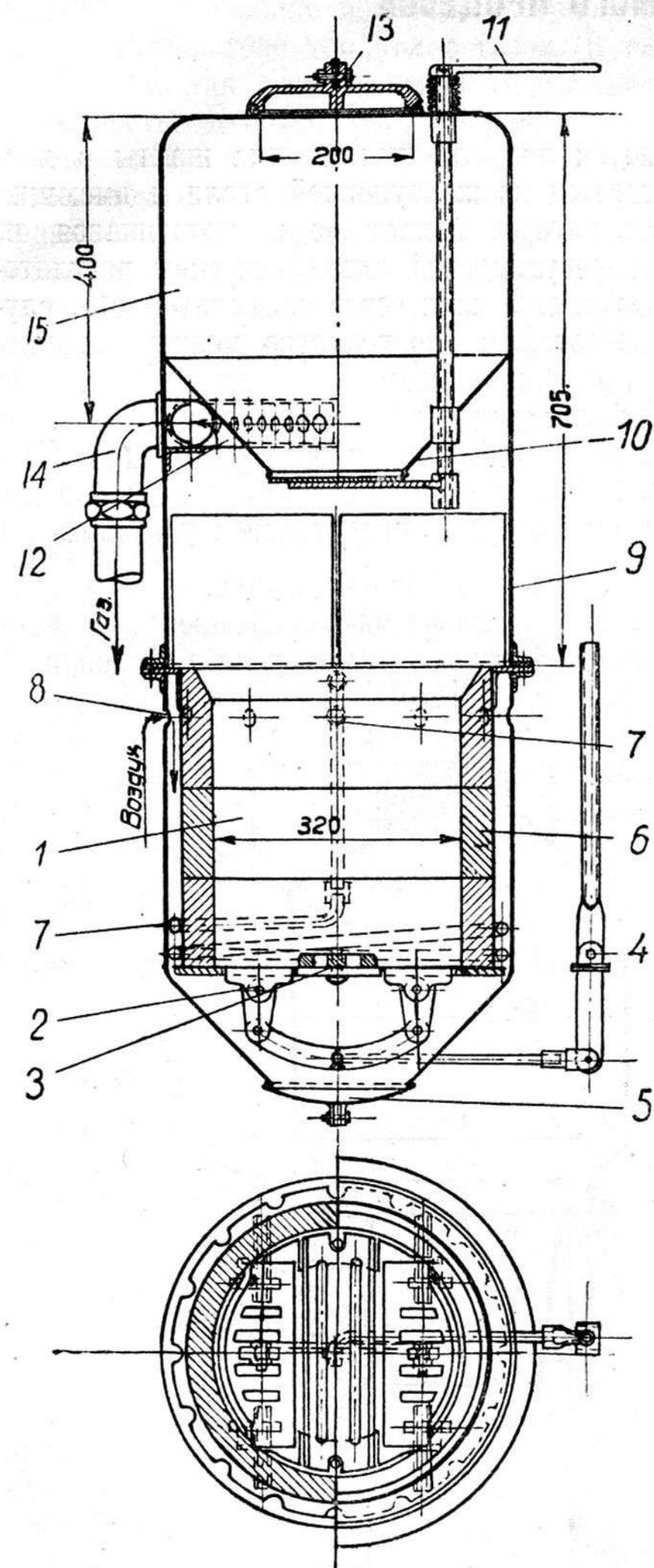


Рис. 18. Газогенератор проф. Наумова. 1—топливник; 2—качающийся колосник; 3—неподвижный колосник; 4—рукоятка для встряхивания колосников; 5—зольниковый люк; 6—кольца футеровки; 7—спиральная трубка для подачи воды; 8—отверстия для всасывания воздуха; 9—тепловой асбестовый экран; 10—загрузочный клапан; 11—рукоятка загрузочного клапана; 12—полукольцо газосборной трубы; 13—загрузочный люк; 14—газоотводный патрубок

ральная трубка для подачи воды; 8—отверстия для всасывания воздуха; 9—тепловой асбестовый экран; 10—загрузочный клапан; 11—рукоятка загрузочного клапана; 12—полукольцо газосборной трубы; 13—загрузочный люк; 14—газоотводный патрубок

круглой чугунной колосниковой решеткой. Очистка газогенератора от золы и мелочи производится через специальный люк.

Установка Пип, смонтированная на грузовике Рено, была ввезена в СССР в 1928 г. и испытывалась в НАМИ (б. Научном автомобильном институте).

Характеристика газогенератора:

Объем шахты — около 84 л;

Площадь шахты — 10 кв. дц.;

Объем бункера — 190 л.

Вес всей установки — 460 кг.

Испытания двигателя, имеющего степень сжатия 4,55, показали падение мощности почти на 50 проц. по сравнению с бензином. Эта потеря зависит, главным образом, от большого сопротивления установки (длинный газоход, выполняющий роль охладителя, и сложные очистители). При определении мощности двигателя на бензине с искусственным дросселированием до одинакового с газом разрежения во всасывающей трубе потеря мощности составляла около 38 проц. Испытания производились на березовом угле.

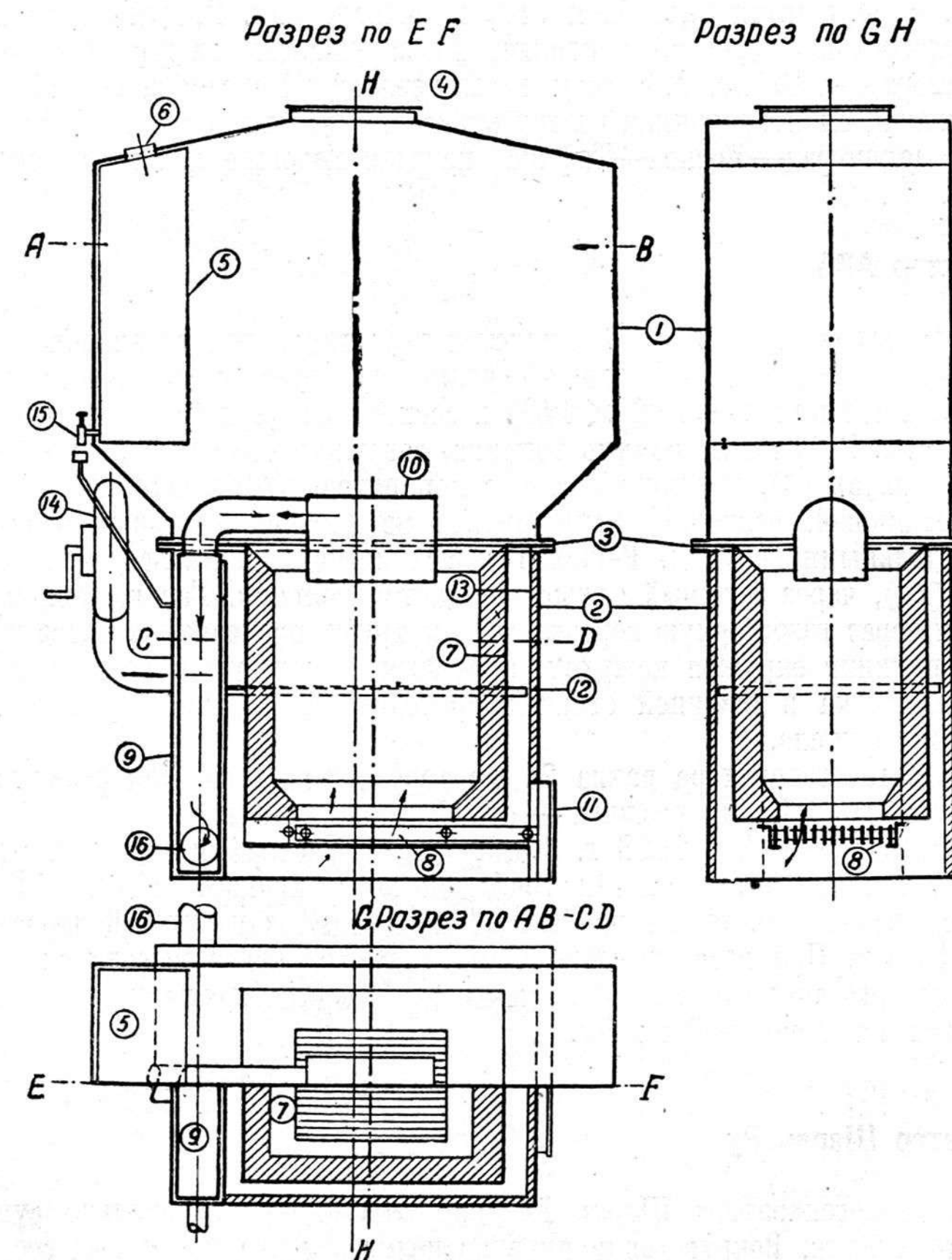


Рис. 19. Газогенератор АРА. 1—верхний кожух газогенератора; 2—нижний кожух газогенератора; 3—скрепление верхней и нижней части; 4—загрузочный люк; 5—водяной резервуар; 6—заливная пробка; 7—топливник; 8—колосниковая решетка; 9—испаритель; 10—газосборная коробка; 11—зольниковый люк; 12—асбестовая изоляция; 13—железный лист изоляции; 14—вентилятор; 15—водопровод; 16—газопровод к двигателю



Газогенератор У-5 для грузовика ГАЗ (рис. 18) представляет цилиндрическую шахту сварной конструкции из 1,5 мм листовой стали. Шахта диаметром 450 мм, высотой 1230 мм. Нижняя часть газогенератора (1) имеет шамотную футеровку (6) из сплошных колец высотой 115 мм. Всего топливник имеет три кольца общей высотой 345 мм. Диаметр шахты топливника 320 мм. Снизу топливник замыкается колосниковой решеткой (2), качающейся при помощи рукоятки (4). Решетка имеет в середине неподвижный колосник (3). Для очистки шахты от золы и мелочи служит люк (5). Вода каплями подается по спиральному трубопроводу (7), окружающему топливник. Сверху газогенератор имеет бункер, в который через люк (13) загружается древесный уголь. При помощи клапана (10) и рукоятки (11) топливо из бункера засыпается в шахту. Газ из газосборника отводится при помощи полукольца (12), имеющего по внутренней стороне ряд отверстий, и подводится патрубком (14) к охладителям. Воздух всасывается через ряд отверстий (8), расположенных по окружности внешнего кожуха. Вес газогенератора — 110 кг. Вес всей газогенераторной установки — 171 кг.

Установка, смонтированная на грузовике ГАЗ осенью 1933 г., была испытана в пробеге Ленинград—Москва—Тифлис, показав хорошие качества конструкции.

### Газогенератор АРА

Газогенератор АРА (рис. 19) является представителем установки со средним отбором газа и предназначен для обслуживания пятидесятисильного двигателя трактора (размер цилиндров  $90 \times 140$ ) и состоит из двух основных частей: бункера и шахты. В бункере, помимо топлива, загружаемого через люк (4), имеется водяной резервуар (5), подающий воду в испаритель (9). Топливник (7) снабжен снизу колосниковой решеткой, выполненной из плоских железных пластин, стянутых продольными болтами. Решетка может легко выниматься через зольниковый люк (11), через который также очищается зольник. Газ из топливника отсасывается через газосборную коробку (10) и трубу, проходящую через воду испарителя. Топливник окружен кожухом, имеющим асбестовую изоляцию. Между кожухом топливника и внешней стенкой проходит воздух, предварительно увлажненный в испарителе.

Емкость газогенератора равна 71 кг торфяного кокса. Для розжига служит ручной вентилятор. Время розжига — от 15 до 20 минут.

Газогенератор АРА в 1928 г. был испытан Инсторфом вместе с трактором. В качестве топлива был испытан торфяной кокс кучного обжига. Испытание трактора производилось путем пробега по шоссе и грунтовой дороге на протяжении 13 км. При весе трактора в 3,5 т расход кокса выразился в 1,42 кг на 1 км пробега при скорости 4,72 км/час. Кокса, загруженного в газогенератор, хватает на 9-часовой пробег.

### Газогенератор Шарль Ру

Шахта газогенератора Шарль Ру (рис. 20) внизу значительно сужается и образует топливник. Вокруг топливника расположены два кольцевых сосуда с водой. Между сосудами помещается газоотводящая труба. В промежутке между газоотводящей трубой и сосудах проходит питающий шахту воздух. Энергично подогретый и увлажненный воздух подводится под колосниковую решетку. Кроме воздуха, подводимого под колосники, газогенератор имеет подвод дополнительного воздуха по трубе, расположенной по оси шахты и доходящей до зоны горения. Отвод газа расположен в средней части шахты, в слое топлива. Топливо загружается сверху через два загрузочных люка.

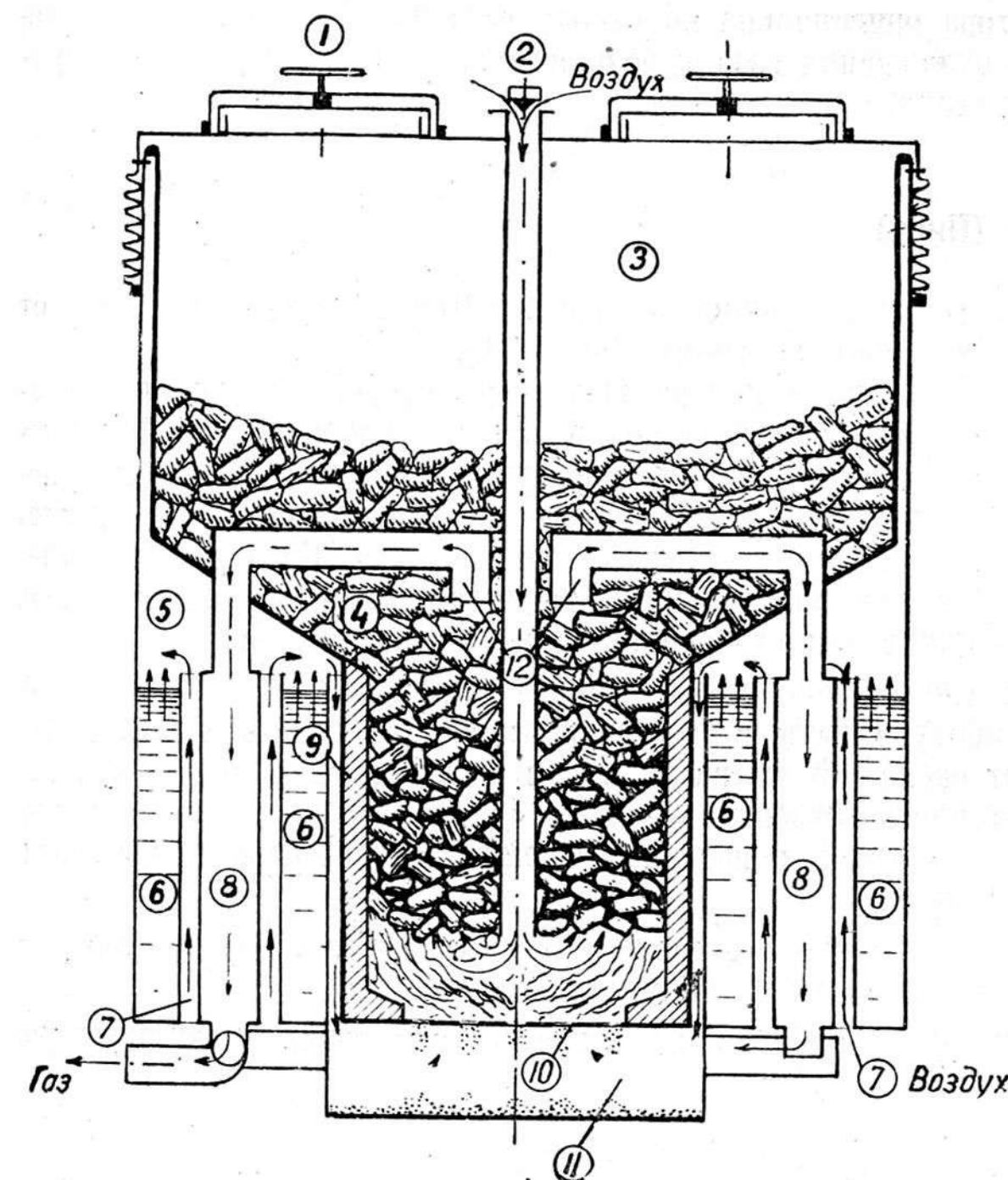


Рис. 20. Газогенератор Шарль Ру. 1 — загрузочные люки; 2 — труба центральной подачи добавочного воздуха; 3 — бункер; 4 — топливо; 5 — паровое пространство увлажнителя воздуха; 6 — испаритель; 7 — вход основного воздуха; 8 — газосборник; 9 — шамотная футеровка топливника; 10 — колосниковая решетка; 11 — зольник; 12 — центральный отсос газа

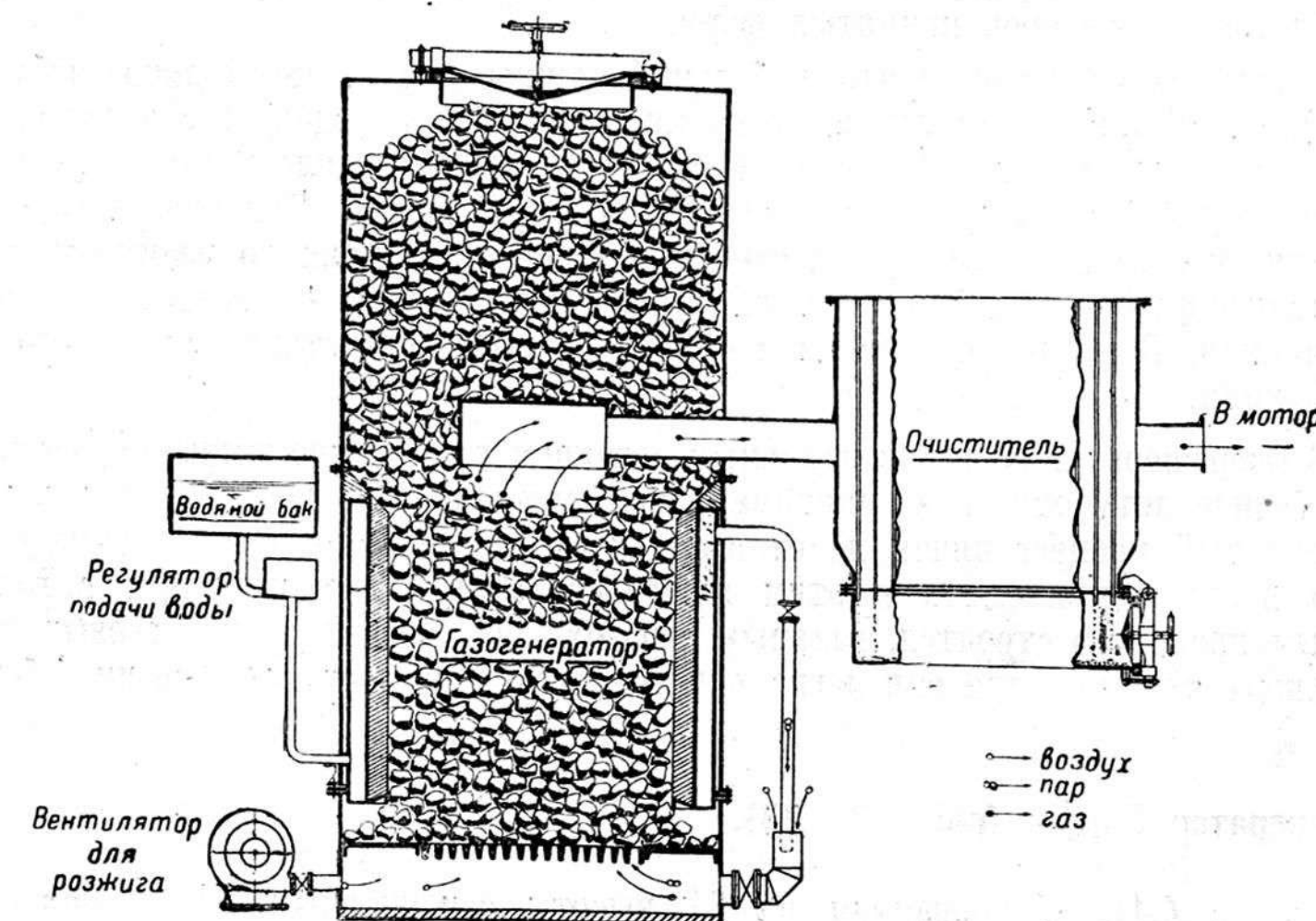


Рис. 21. Разрез газогенератора ИПАГНОМ (ПИНЧ)



Схема газогенератора оригинальна по отводу газа из середины шахты, с сочетанием интенсивного охлаждения газа и большего подогрева воздуха. Конструкция предложена во Франции.

### Газогенератор Ипагном (Пинч)

Этот газогенератор строится германской фирмой Юлиус Пинч и в отличие от больших конструкций называется «гном» (рис. 21).

Генератор имеет отвод газа в центре шахты и паровой котелок повышенного давления. Топливник газогенератора облицован огнеупорной массой и имеет три стенки, из которых две внутренних образуют паровой котелок. Пар подается в зольник через отверстие, в которое засасывается воздух, причем давление пара используется для эжекции (подсоса) этого воздуха. Сверху шахта имеет плотно закрывающийся люк для загрузки топлива. Такой же плотный люк имеется в зольнике и служит для его очищения от золы и мелочи.

Установка Пинч предназначена для 5-тонного грузовика. Объем шахты рассчитан на 5-часовую работу. Опыты с газогенератором показали, что расход древесного угля составляет около 0,5 кг на 1 л. с. в час, а расход древесного угля на 100 км пробега 5-тонного грузовика — около 45 кг против 30 кг бензина. Двигатель имел степень сжатия 8 и потеря его мощности, по сравнению с бензином, не превышала 20 проц.

Выход газа в этой конструкции составляет 5 куб. м с 1 кг древесного угля при расходе воды около 0,7 кг на 1 кг угля.

В заключение приводится таблица 12 наиболее известных газогенераторов прямого процесса.

### ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

Особенности монтажа газогенераторной установки на шасси автомобиля или на тракторе потребовали при наличии ограниченного места особого подхода к конструированию транспортных установок, создания конструкций, резко отличных от газогенераторов принятых форм.

Появилась форма генератора большой длины при сравнительно небольшой высоте. Необходимый для газообразования воздух стали подавать с одной стороны шахты, а получаемый газ отсасывать с другой. Это вынудило газ двигаться вдоль шахты горизонтально или с небольшим подъемом вверх. Топливо, загружаемое в шахту, пересекало движение газовых потоков и, вступая во взаимодействие с ним, газифицировалось. Характер движения потока газа и определил название конструкции. В настоящее время имеются четыре представителя такого рода конструкций.

В газогенераторе с горизонтальным сечением газа можно газифицировать топливо, бедное летучими, как, например, древесный уголь, его брикеты и т. п. Горизонтальный процесс ничем не отличается от прямого, поэтому сказанное выше можно целиком применить к этим газогенераторам. Газогенераторы с горизонтальным процессом строятся, главным образом, для грузовиков и легковых машин небольшого тоннажа, где они легко вписываются в предоставленные им габариты.

### Газогенератор Барбье (рис. 22—23).

Шахта (А), обмурованная на  $\frac{3}{4}$  высоты огнеупорным материалом, представляет коробку трапециoidalного сечения, сваренную из тонкого листового железа. В торце имеется с одной стороны крышка (В), прибалчиваемая к уго-

Таблица 12

Газогенераторы прямого процесса

Страна	Марка, фирма	Топливо	Характер обмуровки	Подогрев воздуха	Подача воды	Вес установки в кг		Время работы с одной загрузкой топлива	Сечение зеркала горения	Расход топлива в кг на 1 л. с./час	Мощность двигателя	Напряженность горения кг/кв. м	Характер очистки газа	Род фильтров	Объем шахты в куб. м	
						Общ.	На 1 л. с.								Общ.	На 1 л. с.
СССР . . . .	Проф. Наумова	Древесн. уголь кокс	Огнеупорная шамотная обмазка	Теплотой газа	Каплями на мгнов. испарит.	260	9,3	Непрерывно	0,112 кв. м	0,5	23 л. с.	150 кг/кв. м	Сухая	—	—	—
" . . . .	Проф. Наумова У-5	То же	Кольца	То же	То же	171	5,7	То же	0,08	—	25	156	То же	—	120	4,8
Германия . . .	Пинч	Древесн. уголь	Огнеупорная шамотная	—	Каплями в шахту	400	10	—	—	—	40	—	"	—	—	—
Англия . . .	Паркер	То же	То же	—	То же	200 150	5 6	3,5 ч.	—	0,5	40 25	—	"	—	—	—
Австрия . . .	АГ	"	"	—	"	250	8	2,0	—	0,5	30	—	"	Кокс и опилки	—	—
Бельгия . . .	Пип	"	Обмуровки нет	Нет	Капли на стенку топливн.	220	6,3	—	—	0,5	35	—	"	Металл. спирали	150 140 84	9 8 —
Франция . . .	ЕТИА	"	Огнеупорн. кирпич	—	Пар из испарит.	315	11	2,0	—	0,6	30	—	Мо-края	Шерсть	255	18
" . . .	СГБ	"	Обмуровки нет	—	Каплями в шахту	65 95 125	— 3 2,5	—	—	0,6	6 30 50	—	Сухая	Шерст. ткань	195 290	6,5 6,0
" . . .	АГС	"	То же	—	—	100	10	—	—	—	10	—	То же	—	—	—



вому фланцу 64 болтами. К крышке приварен испаритель (И), заполняемый водой до высоты контрольного краника (К). Через слой воды проходят две трубы: одна вертикальная — для воздуха, вторая, косо поставленная — для газа. Воздух подсасывается через патрубок (в) в паровое пространство испарителя, откуда вместе с паром по вертикальной трубе (Т) и с емной коробке (Л) подводится в горизонтальную трубу (Н), изолированную футеровкой. Значительно подогревшись на своем пути, воздух подводится к колосникам, расположенным у правого конца шахты. Колосники, выполненные в виде трубчатой подвесной конструкции, удерживаются на зольниковом люке (З), подтянутом через асбестовую прокладку двумя винтами (б). Отвинтив винты и отбросив зольниковый люк, можно освободить зольник от золы, собирающейся внутри трубчатого колосника. Газ отсасывается из шахты через газосборник (С) треугольного се-

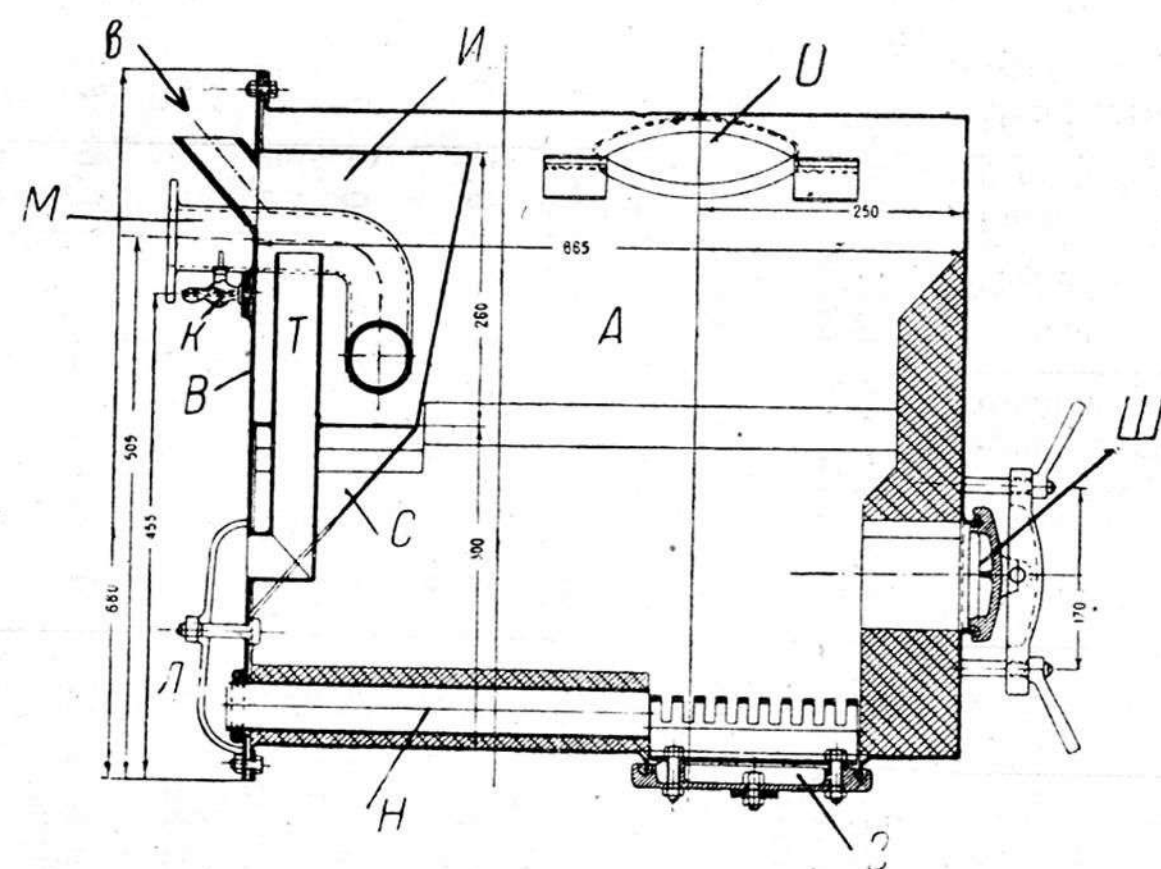


Рис. 22. Продольный разрез газогенератора Барбье

чения и наклонную трубу (М), проходящую через воду испарителя, в которой он, охлаждаясь, испаряет воду. Топливо загружается через верхний люк (О), расположенный непосредственно над колосниковой решеткой. Лючок (Ш) служит для розжига в момент пуска газогенератора.

Газогенератор Барбье строится, главным образом, для полугрузового автомобиля Форд, где он подвешивается сзади кузова на специальных кронштейнах. Несколько моделей этой конструкции были ввезены в Союз в 1928 г. и испытаны на тракторах Фордзон. Одна модель испытывалась в ВНИДИ (Ленинград), другая в Тимирязевской академии (Москва). Испытания в обоих случаях производились с нормальным керосиновым двигателем трактора Фордзон, имеющим степень сжатия 3,3. Падение мощности колебалось в пределах 30—45 проц. Расход древесного угля составлял 0,6—0,7 кг на 1 л. с. в час., расход воды — 0,3—0,4 кг на 1 л. с. в час. Плохие показатели мощности и расхода топлива следует отнести за счет малой степени сжатия, большого подогрева смеси и непригодности двигателя.

Газогенератор Барбье, измененный инж. Скалья, в настоящее время строится итальянской фирмой Дукс и выпускается несколькими моделями для различного рода транспортных установок. Схема этого газогенератора приведена на рис. 43 (глава 6).

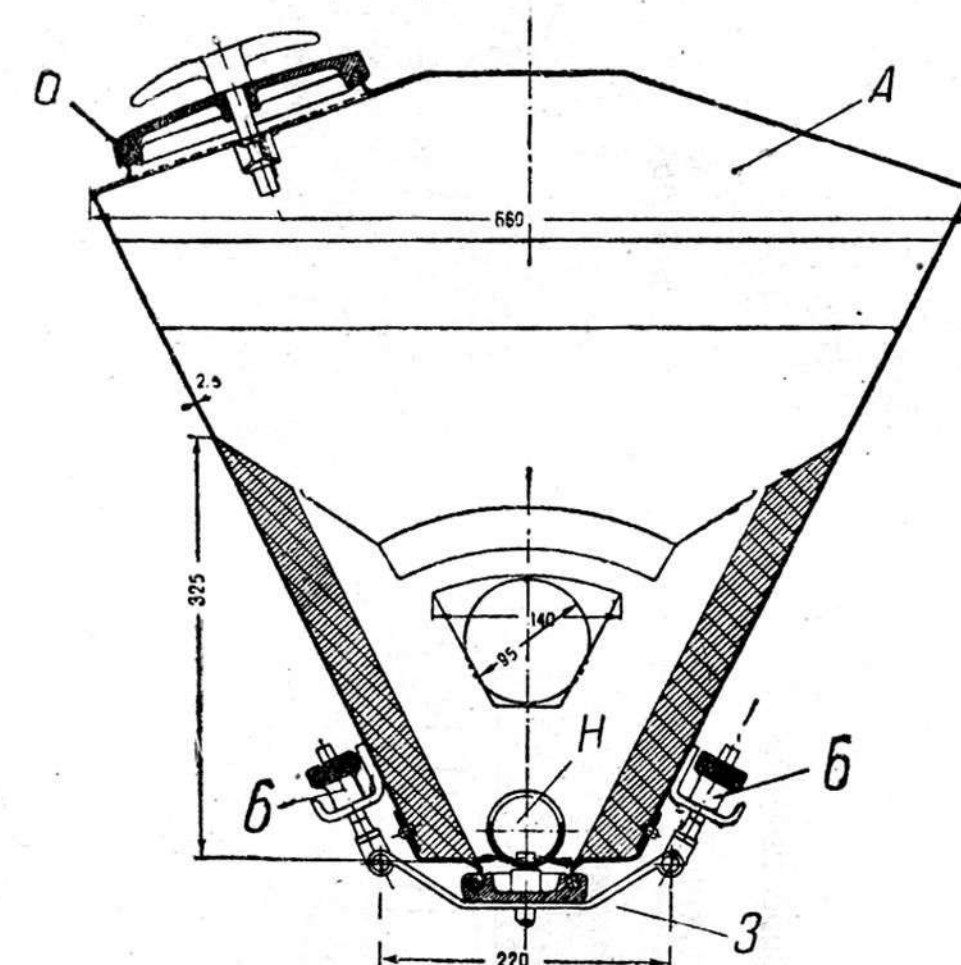


Рис. 23. Поперечный разрез газогенератора Барбье

### Газогенератор Автогаз

В отличие от конструкции Барбье газогенератор Автогаз (рис. 24) имеет шахту (А) прямоугольного сечения с овальным дном, приболоченной крышкой и круглым загрузочным люком (В). Шахта сделана из листовой стали с внутренней обмуровкой. Нижняя часть обмурованной шахты в поду имеет две узких продольных щели. Обмурованный под и щели образуют колосниковую решетку. Снаружи на торцевой стороне шахты имеется испаритель (И), уровень воды в котором устанавливается контрольным отверстием, просверленным сбоку испарителя. Внутри котелка проходят воздухоподводящая труба, имеющая сверху клапан для регулировки воздуха, и газоотводящий патрубок. Плотнo закрываемый люк (С) служит для очистки зольника и колосниковой решетки, а также для розжига шахты. Розжиг производится вентилятором (К), присоединенным к шахте гибким шлангом (Н).

Воздух всасывается через отверстия, сделанные снизу шахты и в торцах воздушного защитного кожуха. Пройдя защитный кожух, сильно подогретый воздух, используя тепло, излучаемое шахтой, подводится двумя каналами в паровое пространство испарителя. Оттуда, увлажнившись водяными парами, газ подводится через трубу к колосниковым щелям и, пройдя наклонную сетку, собирается в газосборнике. Затем газ по вертикальной щели, омыв внутреннюю стенку испарителя и частично охладившись, подводится по патрубку и гибкому шлангу к очистителю.

Установка Автогаз была опробована в работе с двигателем трактора Фордзон в Тимирязевской академии и с двигателем трактора Интернационал в ЦНИИМЭ (Центр. научно-исслед. ин-т механизации лесн. пром.). Оба двигателя не имели никаких переделок, работали с нормальной для керосина степенью сжатия и дали падение мощности на газе до 40 проц.

### Газогенератор Трактор

В газогенераторе Трактор (рис. 25) топливник сделан литым из жароупорного чугуна. Процесс газификации — явно выраженный горизонтальный.







Основные конструктивные данные газогенераторов горизонтального процесса приведены в таблице 13.

## ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ ОПРОКИНУТОГО ПРОЦЕССА

Газификация смолистого топлива и возможность получения газа с малым содержанием смолистых примесей не являются основными факторами распространения газогенераторов с опрокинутым процессом. Неменьшую роль сыграло удобство и простота загрузки топлива, которая легко производится на ходу машины и не требует сложных и громоздких приспособлений вроде загрузочного колокола или загрузочной шахты. Кроме того, распространению конструкции с опрокинутым процессом способствовали гибкость процесса и возможность газификации в одной шахте нескольких родственных видов топлива, а также компактность и простота устройства самой шахты.

## ОСНОВАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ОПРОКИНУТОГО ПРОЦЕССА

### 1. Форма шахты газогенератора

Из трех основных форм сечения шахты: круглой, овальной и прямоугольной, более широкое распространение получила круглая. Она дает наибольшую прочность, простоту в изготовлении и равномерное распределение всасываемого воздуха по всему сечению. Овальные и прямоугольные сечения шахты (генератор Италия, В-3, ОКБ-8) применяются в установках, которые требуют внесения в небольшой габарит максимального объема; они сложны и не обладают достаточной прочностью.

При конструировании шахты необходимо обращать особое внимание на простоту ее устройства и прочность, так как эта часть газогенераторной установки, работая при высоких температурах, наиболее подвержена износу.

### 2. Способ загрузки топлива и его подача в активную зону (топливник)

Все транспортные газогенераторы опрокинутого процесса не имеют специального загрузочного приспособления, как, например, колокола или клапана, что позволяет весь объем верхней части использовать как хранилище (бункер) топлива и сделать его максимально большим. Загрузка свежего топлива обычно производится через загрузочный люк с плотно закрывающейся крышкой. Для избежания излишних напряжений материала в некоторых конструкциях (Берлине, Имберт) поставлены предохранительные клапаны. Однако настоятельной необходимости в этом нет, так как напряжение при редких и слабых взрывах компенсируется за счет упругих деформаций стенок бункера.

Для того чтобы возможно больше разложить смолистые выделения, в некоторых конструкциях создаются две зоны горения путем подачи небольшого количества воздуха в верхние части бункера (Декаленков). Для подачи второго воздуха загрузочный люк делается без уплотнения, чем в значительной мере упрощается его конструкция, или воздух подается через специальные отверстия, сделанные во внутреннем кожухе бункера (старые конструкции Декаленкова). Оба эти способа вызывают неприятное «парение» люков, выделение смолистых веществ и загрязнение ими газогенератора. Потоки смол из-под неплотной крышки люка, стекая вниз по горячим стенкам, сгорают и отравляют обслуживающий персонал. Кроме того, подсасываемый воздух, при низко опустившемся топливе разжижает газ и частично сжигает его. При остановках и во время догрузок добавочный воздух способствует воспламенению газов в бункере и вызывает не-

ТАБЛИЦА 13

Характеристика газогенераторов горизонтального процесса

343505

Характеристика газогенератора	Б а р б ь е		Автогаз тип Р серия 26 № 12	Трактор
	Модель ВНИИДИ	Модель Тим. ак.		
1	2	3	4	5
Род топлива . . . . .	Древесн. уголь	Карбонит	Угольные брикеты	
Состав установки . . . . .	Генератор, очиститель, смеситель	Генератор, очиститель, смеситель	Генератор, очиститель, смеситель	Генератор, холодильник, очиститель-смеситель
Мощность двигателя (номинальная или бензиновая) в л. с. . . . .	22	—	20	22
Система подачи воздуха . . . . .	Всасывание без регулировки под колосники			Регулировочная подача под колосники
Подача воды . . . . .	Пар, увлажняющий воздух в испарителе. Обогрев газом			Каплями
Подача топлива . . . . .	Сверху через загрузочный люк. Периодическая загрузка			Периодическая загрузка
Род футеровки . . . . .	Огнеупорный шамотный кирпич			Футеровки нет. Жароуп. чугуны
Общий вес загруженного газогенератора в кг . . . . .	176	—	224	—
Вес газогенератора в кг . . . . .	126	—	186	—
Вес очистителя в кг . . . . .	50	—	83,1	—
Габаритные размеры в мм газогенератора . . . . .	650×770×770	—	—	1 500×500×850
очистителя . . . . .	660×620×300	—	—	700×300×500
холодильника . . . . .	—	—	—	850×150×800
Объем шахты газогенератора в л . . . . .	110	69,5	143	1 432
Вес загруженного древ. угля средн. влажности в кг . . . . .	13	20	24	22
Площадь колосниковой решетки в кв. м . . . . .	0,0034	0,0045	0,138	0,046
Объем воды в испарителе в л . . . . .	9	17	13,8	—
Объем воды в резервуаре в л . . . . .	—	—	—	18
Объем воды в очистителе в л . . . . .	12	10,8	24	—
Активная высота (горизонтальная) слоя топлива в см . . . . .	35	—	—	47
Удельный вес установки в кг на 1 л. с. . . . .	—	—	—	—
Полный вес установки в работе в кг . . . . .	352	410	307	—



приятные хлопки. Для улучшения процесса сухой перегонки бункер иногда подогревается горячими газами (Берлие, Имберт, НАТИ-3); это устройство утяжеляет и усложняет конструкцию, однако, улучшение газообразования и уменьшение выхода смол заставляют обратить на него серьезное внимание.

Бункер делается или круглым и является продолжением шахты, или прямоугольным с сильно развитым объемом (В-3, ОКБ-8). Увеличение объема бункера не всегда желательно, так как оно повышает вес установки и усложняет форму газогенератора.

### 3. Подача воздуха и его подогрев

В газогенераторах опрокинутого горения первичный воздух может подаваться четырьмя способами:

- а) через щель по всему периметру топлива;
- б) через фурмы, устанавливаемые по периферии топливника;
- в) через центральную трубку, проходящую через топливник снизу шахты или через шахту сверху или сбоку;
- г) комбинированной подачей фурмами и центральной трубой.

Воздух желательно подавать в шахту со скоростью около 20—30 м в сек. Это имеет особенное значение для газогенераторов с большим сечением зоны горения, предназначенных для влажного древесного топлива. Скорость всасывания в 5—10 м в сек. допустима для угольных газогенераторов, имеющих сравнительно малые сечения зоны горения.

Подача воздуха через щель по периферии топливника В-3, Панар-Левассор, Д-7 легко выполнима для металлических топливников круглого сечения; при огнеупорной футеровке щелевая подача обычно не применяется, так как выполнение щели в этом случае чрезвычайно сложно. Недостатком щели является трудность придания ей постоянного сечения вследствие ее склонности к деформации от высоких температур зоны горения. Кроме того, щель при больших сечениях топливника имеет большое проходное сечение, а, следовательно, дает малую скорость всасывания воздуха, что может вызвать образование «мертвых зон» в центральной части, т. е. недостаточное обугливание в ней топлива: это сопряжено со свободным проходом неразложившихся смол и загрязнением газа. Конструктивное выполнение узкой щели (высотой 1—2 мм) очень затруднительно.

Возможность образования «мертвых зон» в значительной мере снижает преимущества охвата топлива воздухом по всему сечению зоны.

Подача воздуха через фурмы не дает равномерного, всерного распределения его, как это имеет место при наличии щели. Достоинство фурм заключается в их простоте и более энергичном потоке воздушных струй (большие скорости всасывания), что обеспечивает отсутствие «мертвых зон» (Имберт, Берлие, Пава, Сагам, Рекс и другие).

Подача воздуха по периферии как через щель, так и через фурмы имеет серьезный недостаток, заключающийся в стремлении воздушных струек проходить около стенок топливника, не участвуя в процессе.

Борьба с «мертвыми зонами» и прорывами струй около стенок привела к необходимости центральной подачи воздуха через вертикальную трубу. Центральная подача требует высокосортных жароупорных материалов и сложной конструкции трубы, она плохо доступна осмотру во время работы, недостаточно прочна и надежна (Хумбольд-Дейц, Кромаг-Сагам, Рено и другие).

С точки зрения процесса лучшим способом подачи воздуха надо считать комбинированную подачу — через щель и центральную трубу (ОКБ-8, В-3, Дейц и

другие). Однако этот способ, который стал применяться только в последнее время, вследствие своей сложности большого распространения не получил.

Подогрев воздуха, улучшающий газообразование, часто применяется в газогенераторах опрокинутого процесса. Он осуществляется или в специальных подогревателях, где одновременно производится охлаждение газа, или внутри шахты (В-3). Чаще подогрев производится в воздушной рубашке, окружающей топливник (Рекс), шахту (Д-7) или газоход (Имберт). В первом случае воздух можно подогреть до 150—200° Ц, что происходит за счет больших поверхностей а следовательно, утяжеления газогенератора. Подогрев вторым способом доводится до 50—100° Ц.

### 4. Подача пара и воды

В газогенераторах опрокинутого процесса можно газифицировать не только смолистое топливо, но и различного рода угли, карбонит и т. д. В первом случае подавать в шахту воду не требуется, так как образующийся в шахте пар вполне достаточен для газообразования, а часто даже избыточен. Поэтому в случае высокой влажности газифицируемого топлива часть воды из шахты необходимо отводить искусственным путем (Имберт, последняя модель).

Газификация древесных углей или карбонита требует ввода воды, что производится тремя способами:

- 1) капельной подачей воды,
- 2) паром из испарителей,
- 3) увлажнением топлива перед загрузкой.

Все сказанное о первых двух способах в разделе установок прямого процесса целиком применимо и здесь.

Увлажнение топлива перед загрузкой широко применяется в практике транспортных установок как наиболее простой и дешевый способ. Однако этот способ очень примитивен и имеет ряд серьезных недостатков: во-первых, трудно учесть количество вводимой воды, что влечет к недостатку ее или избытку; во-вторых, интенсивное выделение пара в начале газификации и отсутствие его в конце дает неравномерный состав газа и перегревы шахты в конце газификации загруженной порции топлива, в то время как непосредственно после загрузки количество влаги может быть избыточным.

Эти обстоятельства, а также недостатки подачи воды двумя первыми способами, заставляют отказаться от подачи воды в газогенераторы опрокинутого процесса, тем более, что в топливе всегда имеется некоторый процент влаги.

### 5. Отсос газа

Способ и место отсоса газа из шахты газогенератора имеют огромное значение как с точки зрения работоспособности, так и с точки зрения эксплуатации установки. Существуют следующие способы отсоса газа:

- 1) отсос газа через колосниковую решетку,
- 2) отсос над колосниковой решеткой и
- 3) центральный отсос газа.

Первый способ получил применение на ряде заграничных конструкций (Рекс, Рено, Панар-Левассор и другие). Газ отсасывается непосредственно из зольника, куда он входит, пройдя через отверстия колосниковой решетки, примыкающей непосредственно к топливнику. При просачивании через колосниковую решетку и зольник газ захватывает с собой большое количество угольной пыли, золы и мелочи, которые затем осаждаются в газоходах и очистителях, загрязняя их и усложняя очистку. С другой стороны, над колосниковой решеткой постепенно скап-



ливается угольная мелочь и шлаки, загромождающие живое сечение решетки и препятствующие просасыванию газа, что вызывает снижение мощности двигателя. Ни встряхивание газогенератора во время движения автомашины или трактора, ни устройство специальных качающихся колосников не могут в достаточной мере устранить эти два основных недостатка. Односторонний отсос газа из зольника также нежелателен, так как это вызывает одностороннее (ближе к всасывающей трубе) течение газа в топливнике, что ухудшает процессы газообразования и создает местный перегрев топливника и шахты. Наконец колосниковая решетка, установленная вплотную к топливнику, усложняет чистку и разгрузку шахты. Приходится делать вторую дверку, выше колосниковой решетки (Рено, Панар-Левассор), или конструкцию решетки делать легко разбирающейся (ОКБ-8).

Отсос газа сверху колосниковой решетки устраняет все перечисленные недостатки. Он осуществляется в ряде конструкций новейшего происхождения (Имберт) и выполняется следующим способом: решетка опускается несколько ниже жерла топливника с таким расчетом, чтобы газ мог проходить в пространстве между решеткой и топливником, а зола и мелочь опускались сквозь решетку в зольник, не касаясь газа. Эта мера позволяет получить газ, менее загрязненный взвешенными примесями, а равномерное отсасывание по периметру улучшает процессы газообразования. В этом случае не требуется устраивать встряхивающего приспособления, что значительно упрощает и облегчает конструкцию. Боковой отсос газа или отсос по периферии топливника создают хорошие условия для прохода газа около стенок, что влечет за собой прорыв воздуха или невосстановленной углекислоты в зольник и снижает теплотворную способность газа.

В ряде конструкций для борьбы с этим явлением путь газа около стенок несколько удлинен, что осуществляется сужением топливника книзу (Рено), созданием порога (В-3, ОКБ-8) или сужением середины топливника (Имберт). Все эти меры направлены к центральному отводу газа, с устранением прорыва газов около стенок (так же как и центральный подвод воздуха).

Устройство специального всасывающего патрубка в центре шахты (НАУ-6) хотя и усложняет конструкцию и уход, но является рациональной мерой борьбы против приведенных недостатков других конструкций. Однако этот способ в транспортных установках появился сравнительно недавно и распространения пока не получил.

## 6. Удаление золы

Удаление золы производится, как и в газогенераторах прямого процесса, через зольниковый люк, открываемый только при остановке газогенератора.

## 7. Обмуровка

Сказанное об обмуровке газогенераторов прямого процесса целиком относится и к разбираемым газогенераторам. Можно отметить, что в установках последнего времени часто применяются топливники из жароупорной стали или чугуна.

## 8. Основные размеры активной зоны (топливника)

Пока нет строго обоснованных теоретических данных для выбора размеров топливника для различного рода топлив и конструкций. Основанием для выбора размеров служит так называемая жаронапряженность, показывающая количество килограммов топлива, сжигаемого в течение одного часа на одном

квадратном метре площади сечения фурменного пояса топливника. Жаронапряженность устанавливается на основе практических данных и для транспортных газогенераторов колеблется в довольно широких пределах:

Для древесного топлива от 400 до 800 кг на 1 кв. м в час. Высший предел относится к влажному топливу, низший — к сухому.

Для древесного угля от 100 до 250 кг на 1 кв. м в час.

Таблица 14 дает представление о жаронапряженности современных конструкций газогенераторов.

Таблица 14

Марка газогенератора	Мощность двигателя в л. с.	Сечение фурменного пояса		Часовой расход топлива в кг в час	Жаронапряженность в кг/кв. м в час	Форма сечения и размер попер. в мм	Топливо	Обмуровка топливника	Подача воздуха
		в кв. м	в кв. см на 1 л. с.						
Рекс . . . . .	40	0,10	25	24	240	кр. 360	Карбонит	Шамотная обмуровка	Фурмы
Сагам . . . . .	20	0,048	25	24	490	кр. 250	Древесина	То же	Щель
Д-7 . . . . .	50	0,096	19	60	625	кр. 350	„	Чугун	Фурмы
ПЭМ . . . . .	20	0,029	14	24	825	кр. 192	„	Шамотная обмуровка	„
НАТИ-III . . . . .	25	0,025	11,5	30	1 100	кр. 164	„	Сталь	„
ОКБ-8 . . . . .	60	0,193	33	72	360	750×420	„	Шамотный кирпич	„
В-3 . . . . .	50	0,28	60	60	260	600×500	„	То же	Щель
НАУ-6 . . . . .	—	0,09	—	—	140	кр. 340	Бурый уголь	„	Фурмы
Имберт . . . . .	46	0,07	15,5	34,5	495	кр. 300	Древесина	Сталь	„
Дейц К=VЗ . . . . .	16	0,196	120	23	120	кр. 500	„	„	Комбинир.
Немецкое о-во древес. газогенераторов . . . . .	44	0,15	29,0	35	235	кр. 435	„	„	„

Специально поставленные опыты над определением наивыгоднейшего сечения топливника газогенератора Имберт, работавшего на дровах с влажностью около 17 проц. (таблица 15), показали, что наиболее выгодная напряженность сечения фурменного пояса составляет около 500 кг на 1 кв. м в час.

Таблица 15

Размеры газогенератора в мм	Диаметр пояса фурм в мм	Сечение пояса фурм в м	Мощность двигателя в л. с.	Расход топлива кг/час	Жаронапряженность в кг/кв. м час	Общая высота газогенератора
150/550	300	0,07	34	40	570	1 100
190/600	400	0,125	31	37	295	1 100
200/700	410	0,130	32	38	290	1 100

Жаронапряженность газогенератора выбирается в зависимости от влажности и породы дерева, с таким расчетом, чтобы создать в топливнике условия для полного разложения смолистых веществ.



Это является непременным условием хорошей работы газогенератора. С другой стороны, увеличение напряженности влечет за собой рост температуры и сопротивления топливника, а следовательно, сравнительно быстрый износ газогенератора и потерю мощности двигателя. Учитывая эти обстоятельства и основываясь на последних работах, можно рекомендовать для воздушно-сухого древесного топлива напряженность около 500 кг на 1 кв. м в час.

Другим важным фактором хорошей работы газогенератора является высота активного слоя и объем топливника. В условиях транспортных габаритов создание необходимой высоты топлива сопряжено с большими трудностями. Топливник газогенератора Имберт имеет диaboлообразную форму<sup>1</sup>, причем восстановительный слой угля находится как внутри, так и снаружи топливника, что удлиняет путь газа почти в два раза. Для этой же цели в газогенераторе Дейц сделаны на топливнике боковые крылья, а в ряде других конструкций (В-3, ОКБ-8 и т. д.) снизу топливника устраивается порожек, который в сочетании с опущенной решеткой и отсосом газа сверху колосников значительно способствует удлинению пути газа.

Конструктивно высота активного слоя связана с сечением топливника и его формой. Соотношение между высотой ( $H$ ) и диаметром ( $D$ ) топливника для новейших конструкций приведено в таблице 16. В случае прямоугольного или овального сечения берется диаметр окружности, равновеликой площади сечения.

Таблица 16

Марка газогенератора	Мощность двигателя в л. с.	Высота ( $H$ ) слоя топлива в мм	Диаметр ( $D$ ) фурменного пояса в мм	Соотношение $H/D$	Удельный объем топлива в л./л. с.
Рекс	40	455	360	1,26	1,15
Сагам	20	390	250	1,56	0,98
Д-7	50	350	350	1,00	0,67
ПЭЕМ	20	340	122	1,78	1,30
НАТИ-III	25	320	168	1,91	0,5
ОКБ-8	60	400	350	1,10	1,3
В-3	50	310	480	0,60	2,5
НАУ-6	20	360	340	1,05	—
Имберт 150/500	46	300	300	1,00	1,63
Дейц К-VЗ	—	300	500	0,60	—
Нем. о-во дров. газогенераторов	44	300	450	0,67	1,60

## 9. Способы газификации влажного топлива и разложение смолистых веществ

Один опрокинутый процесс не обеспечивает полного разложения смол, особенно в случае применения влажных сортов топлива.

Для возможно лучшего разложения смол наиболее употребительны следующие способы:

1. Подогрев шахты физическим теплом газа или создание в шахте циркуляции горячих газов. Первый способ получил применение в конструкции Имберт. Второй осуществлен при помощи двух боковых экранов в газогенераторе В-3.

2. Отбор излишков влаги из шахты с целью возможно большего освобождения тепла для сухой перегонки и получения легких смолистых погонов. Этот способ применяется в германских газогенераторах Дейц, Имберт и других.

3. Ведение процесса с высокой жаронапряженностью, что обеспечивает полный охват фурменного пояса воздухом и интенсивное сжигание смолистых погонов. Применяется в ряде современных конструкций.

4. Увеличение восстановительного слоя с помощью металлического топливника и добавочного слоя угля, засыпанного в газосборник. При этом способе, благодаря тонкой стенке топливника, хорошо передающего тепло окружающему углю, происходит разогрев последнего до температуры около 700—800° и создаются условия для полного разложения смол и восстановительных процессов (установка Имберт, Дейц и другие).

5. Пропускание горячего газа через слой кокса и присадков небольшого количества воздуха, производящего дополнительное сжигание смол и их разложение (газогенератор Сагам).

6. Пропускание газа через катализаторы (необожженный фарфор, мелко наколотый шамот), разогретые до температуры 600° (В-3, Сагам).

7. Интенсивный подогрев воздуха и подвод его в центр топливника (Кромаг-Сагам, Имберт, Дейц).

До сих пор еще нет ни точно обоснованных теоретических данных, ни специально проведенных опытов, и поэтому трудно судить, какой из приведенных способов наиболее совершенен. В последнее время в транспортных установках больше всего применяются: подогрев воздуха, высокая жаронапряженность, увеличение восстановительного слоя и центральный подвод воздуха. Применение катализатора так же, как применение кокса с дополнительной подачей воздуха, не получило распространения, повидимому, вследствие сложной регулировки процесса и обслуживания.

## ОПИСАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ОПРОКИНУТОГО ПРОЦЕССА

Наиболее характерными чертами газогенератора опрокинутого процесса являются следующие:

1. Обмурованные топливники.
2. Металлические топливники.
3. Подача воздуха центральная, щелевая и фурменная.
4. Интенсивный подогрев воздуха и отбор влаги из верхних частей шахты.
5. Глубокая зона горения.
6. Высокая жаронапряженность.
7. Катализаторы.

Наиболее характерными представителями разных типов являются следующие конструкции.

### Газогенератор Рекс

Газогенератор Рекс (рис. 26) работает на древесном угле и карбоните. Цилиндрическая шахты имеет диаметр 560 мм и высоту 1 000 мм. Сверху шахта снабжена плотно закрывающимся загрузочным люком ( $A$ ) для топлива, расположенного высоким слоем на сферической качающейся колосниковой решетке ( $K$ ). Нижняя часть шахты на высоте 600 мм имеет шамотную облицовку, в которую на расстоянии 455 мм от решетки вделано 11 фурм ( $\Phi$ ) с отверстиями в 15 мм и пробками 50 мм для розжига шахты. Кожух шахты вокруг обмурованной части имеет две стенки, между которыми проходит воздух, всасываемый через воздушный патрубок, установленный снизу. Под колосниковой решеткой необмурованная часть цилиндра образует зольниковое пространство и газосборник. Газ из топливника просасывается через колосниковую решетку в зольник, откуда через трубопровод, охладитель и очиститель идет в двигатель. Очи-

<sup>1</sup> Два конуса, соединенные меньшими основаниями.



стка зольника производится через люк (М). При помощи трубы топливник сообщается с наружным воздухом во время остановок двигателя и тем самым в нем поддерживается медленное горение.

Газогенератор Рекс был вместе с 3,5-тонным грузовиком ввезен в Союз и был опробован в пробеге 1928 г. по маршруту Ленинград—Москва—Ленинград.

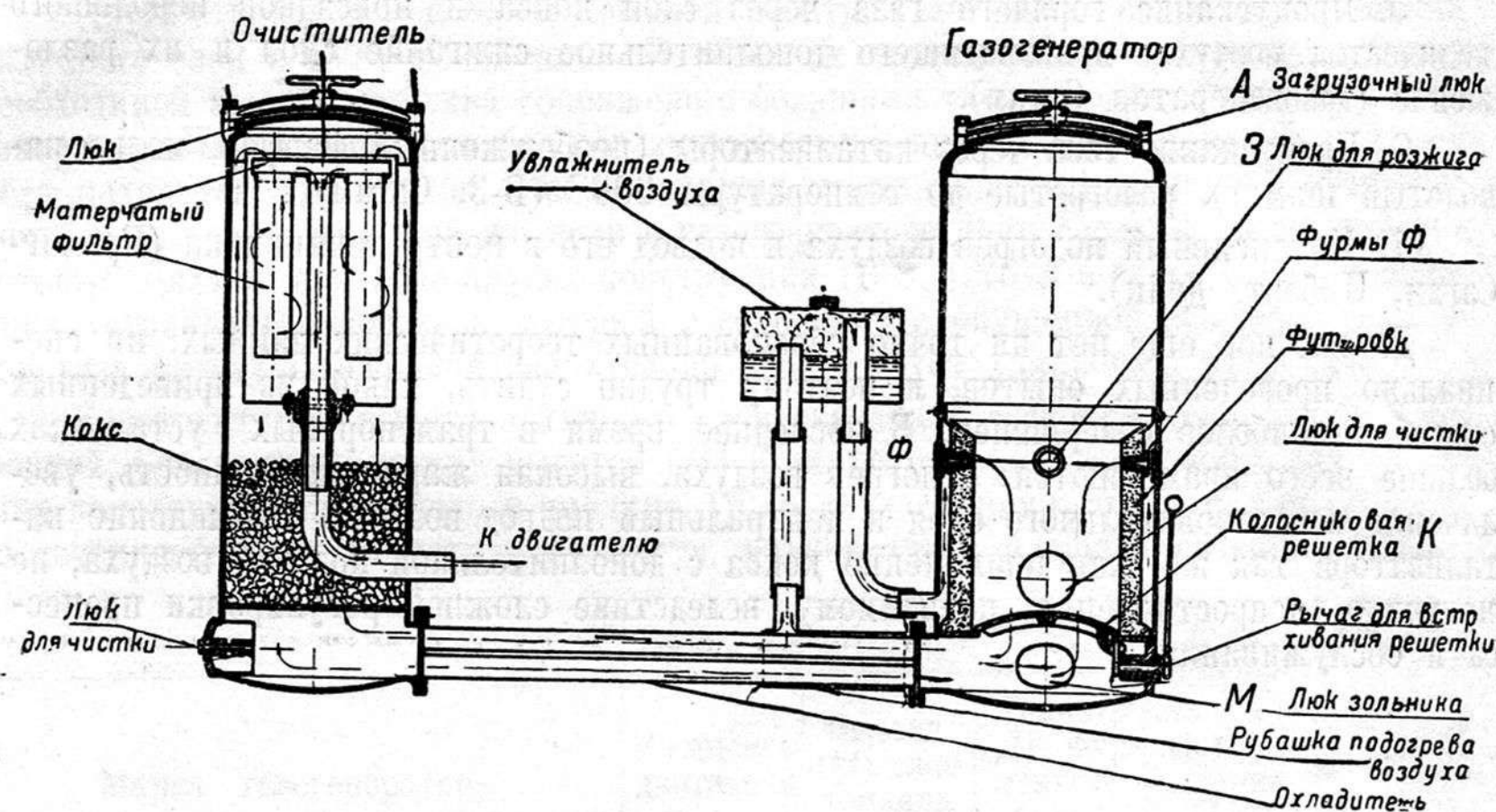


Рис. 26. Схема газогенератора Рекс

### Газогенератор Сагам

Газогенератор Сагам (рис. 27) предназначен для газификации воздушно-сухих древесных чурок. Характерная особенность этой конструкции заключается в применении двух рядов фурм, подающих в топливник воздух и образующих в нем углубленный пояс горения. Воздух засасывается каждой фурмой в отдельности особой трубой (В). Всего топливник имеет шестнадцать фурм, по восьми в каждом ряду. Концы каждого ряда покрыты подвижным поясом с отверстиями для регулировки подачи воздуха и степени его подогрева. Воздух при проходе по трубкам подогревается, используя тепло, излучаемое топливником. Для уменьшения потери тепла воздушные трубки снаружи окружены железным кожухом.

На рис. 28 показан общий вид газогенератора с опущенным вниз защитным кожухом. Шахта газогенератора имеет круглое сечение, книзу суженное и переходящее в обмурованный топливник (Б). Топливо загружается через плотно закрывающийся люк сверху шахты и, заполняя весь объем шахты, располагается на плоской горизонтальной колосниковой решетке. Снизу к шахте прибалчивается литой зольник, имеющий кольцевой канал (К), заполненный коксом или необожженными фарфоровыми трубками. Газ выходит из топливника через решетку в зольник и далее просасывается через кольцевое пространство зольника, где он частично сжигается воздухом, подающимся через калиброванное отверстие, сделанное во внешней стенке кольцевого канала. Частичное сжигание газа поддерживает материал канала (катализатора) в раскаленном состоянии, чем достигается разложение содержащихся в газе смоляных паров и дополнительное разложение просасываемого вместе с газом пара. Частицы золы и мелочи проваливаются сквозь отверстия решетки и собираются на дне зольника, откуда по мере необходимости удаляются через плоский затвор, сделанный в дне камеры.

Газогенератор Сагам был испытан в ВНИДИ с двигателем трактора Фордзон и показал малоудовлетворительные результаты, особенно в части разложения

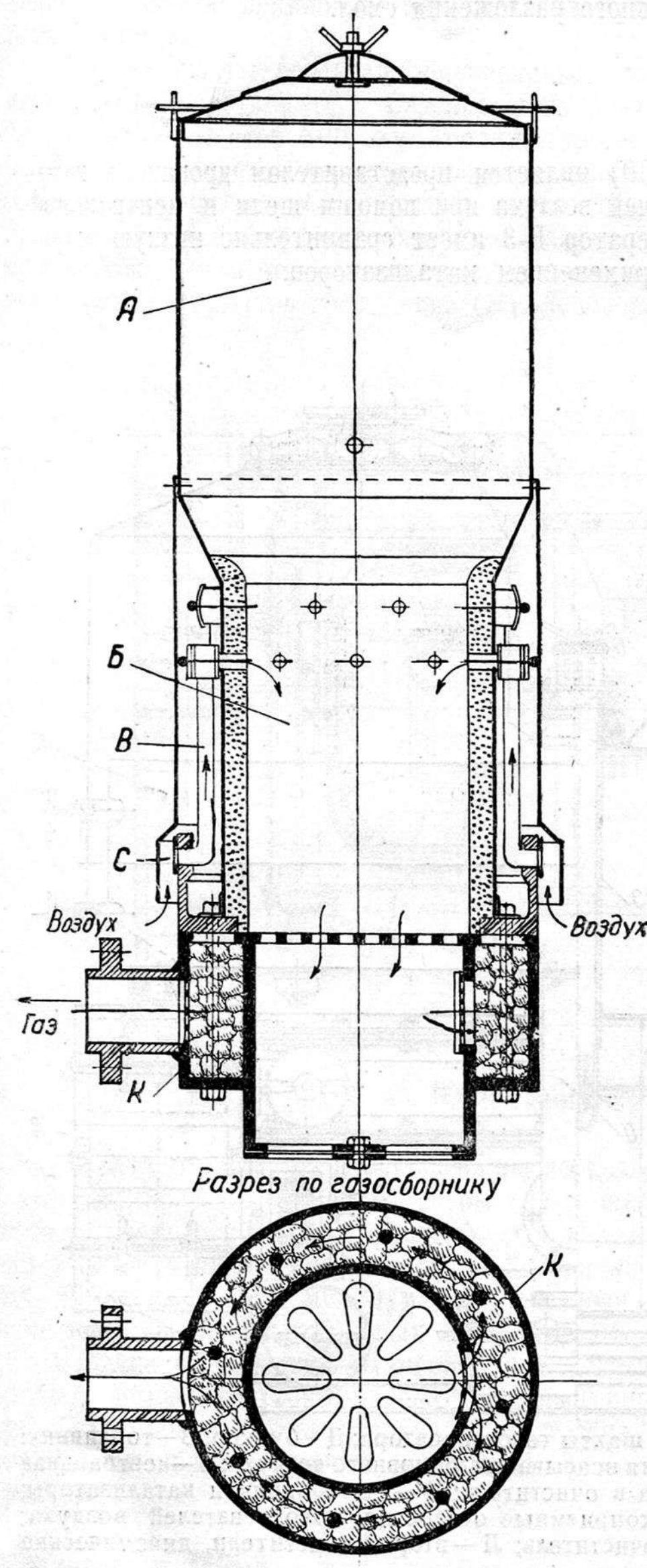


Рис. 27. Газогенератор САГАМ. А—бункер; Б—топливник; В—подводящая воздух трубка; С—кожух для подсоса воздуха; К—катализатор, кольцевой канал, заполненный коксом.

Рис. 28. Общий вид газогенератора САГАМ. Защитный кожух, окружающий фурмы, опущен вниз.



смола. Опыты, в дальнейшем подтвержденные работами в Германии, показали, что подвод вторичного воздуха в кольцевой канал зольника вреден, так как он ухудшает газ и не дает удовлетворительного разложения смол.

### Газогенератор В-3

Газогенератор В-3 (рис. 29—30) является представителем дровяного газогенератора с комбинированной подачей воздуха при помощи щели и центральной трубы добавочного воздуха. Газогенератор В-3 имеет сравнительно низкую жаро-напряженность, компенсируемую применением катализаторов.

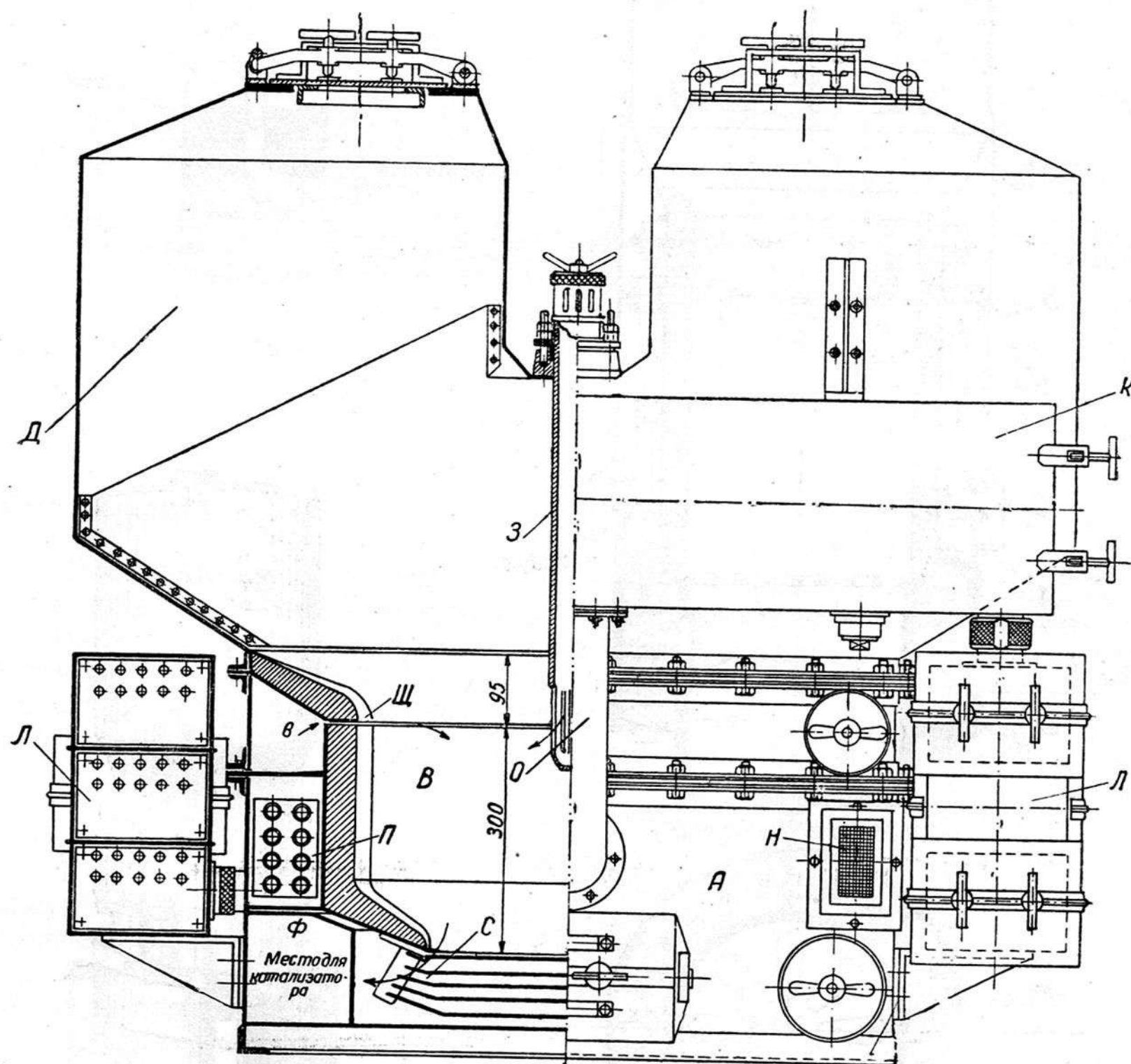


Рис. 29. Газогенератор В-3. А—кожух шахты газогенератора; Д—бункер; В—топливник; С—колосниковая решетка; Щ—щель для всасывания основного воздуха; З—центральная подача воздуха; О—труба отсоса газа в очиститель; Ф—газосборник и катализаторы; П—подогреватель воздуха; Н—воздухоприемные отверстия подогревателей воздуха; К—первый грубый поверхностный очиститель; Л—вторые очистители, динамические

Установка В-3 предназначена для газификации воздушно-сухих древесных чурок и построена для мощного гусеничного трактора Коммунар. Газогенератор помещается сзади кабины тракториста (вместо снятого керосинового бака), конструктивно влит в общий габарит трактора и представляет прямоугольный же-

лезный кожух (А) сечением  $900 \times 650$  мм и высотой 485 мм. Сверху к кожуху прибавляется бункер (Д), имеющий два загрузочных люка и окно для наблюдения за работой прицепного орудия. Объем бункера рассчитан на 2—3 часа работы трактора.

Внутри шахты вставлен обмурованный топливник (В), замыкаемый внизу ступенчатой решеткой (С). Сечение топливника овальное с размерами  $500 \times 600$  мм и высотой 300 мм. Топливо (древесные чурки размером  $100 \times 40 \times 70$  мм) засыпается через два верхних люка, заполняя бункер и шахту до колосниковой решетки (С). Воздух через два воздухоприемника (Н) всасывается в две батареи воздухоподогревателя (П), откуда он попадает в воздушную коробку (в) и через щель (щ), сделанную по всему периметру топливника, всасывается во внутрь топливника (В). Добавочный воздух, необходимый для луч-

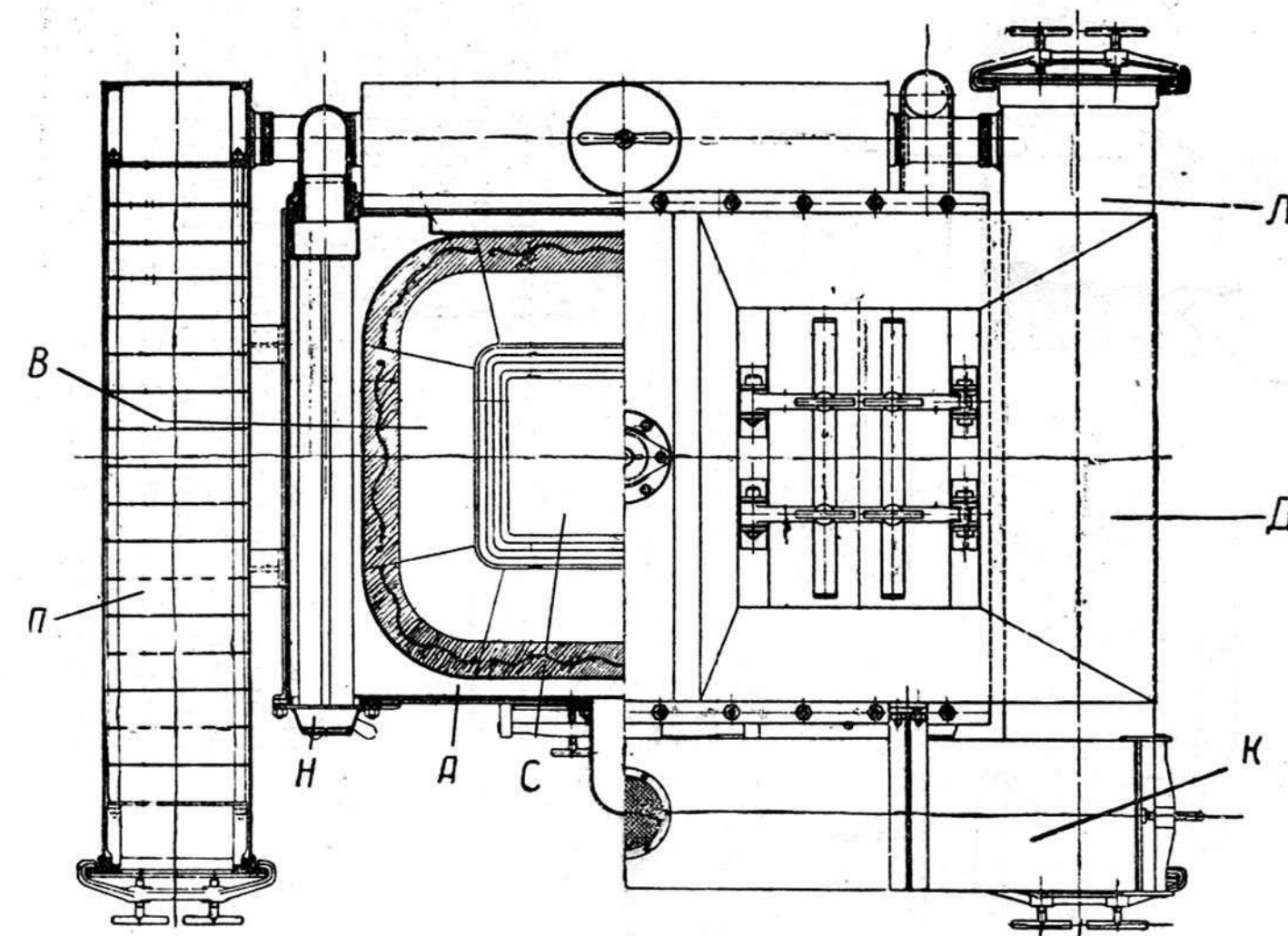


Рис. 30. План газогенератора В-3

шего охвата отплива по всему сечению зеркала горения, поступает в топливник через регулировочные каналы, трубы (З) и щели сопла. Газ отсасывается вниз через наклонные колосники решетки (С) в два хода катализаторов, расположенных с боков в нижней части шахты. Колосники решетки сделаны с таким расчетом, чтобы газ уносил минимум золы и мелочи. Решетка и катализаторы очищаются через два круглых боковых люка и среднюю прямоугольную дверцу.

Наличие огнеупорной футеровки и подогрева воздуха вместе с центральной подачей позволяет газифицировать в газогенераторе В-3 древесный уголь или дрова. Установка спроектирована и построена в Висхове, была несколько раз испытана и является первой установкой в Союзе, смонтированной на мощном тракторе.

### Газогенератор ОКБ-8

Представителем газогенератора с комбинированной подачей воздуха через фурмы и центральную трубу, с обмурованным топливником и интенсивным подогревом воздуха может служить конструкция ОКБ-8 (рис. 31 и 32). Установка ОКБ-8 предназначена для питания двигателя трактора ЧТЗ-С-60 газом, полученным из древесных чурок влажностью до 20 проц.



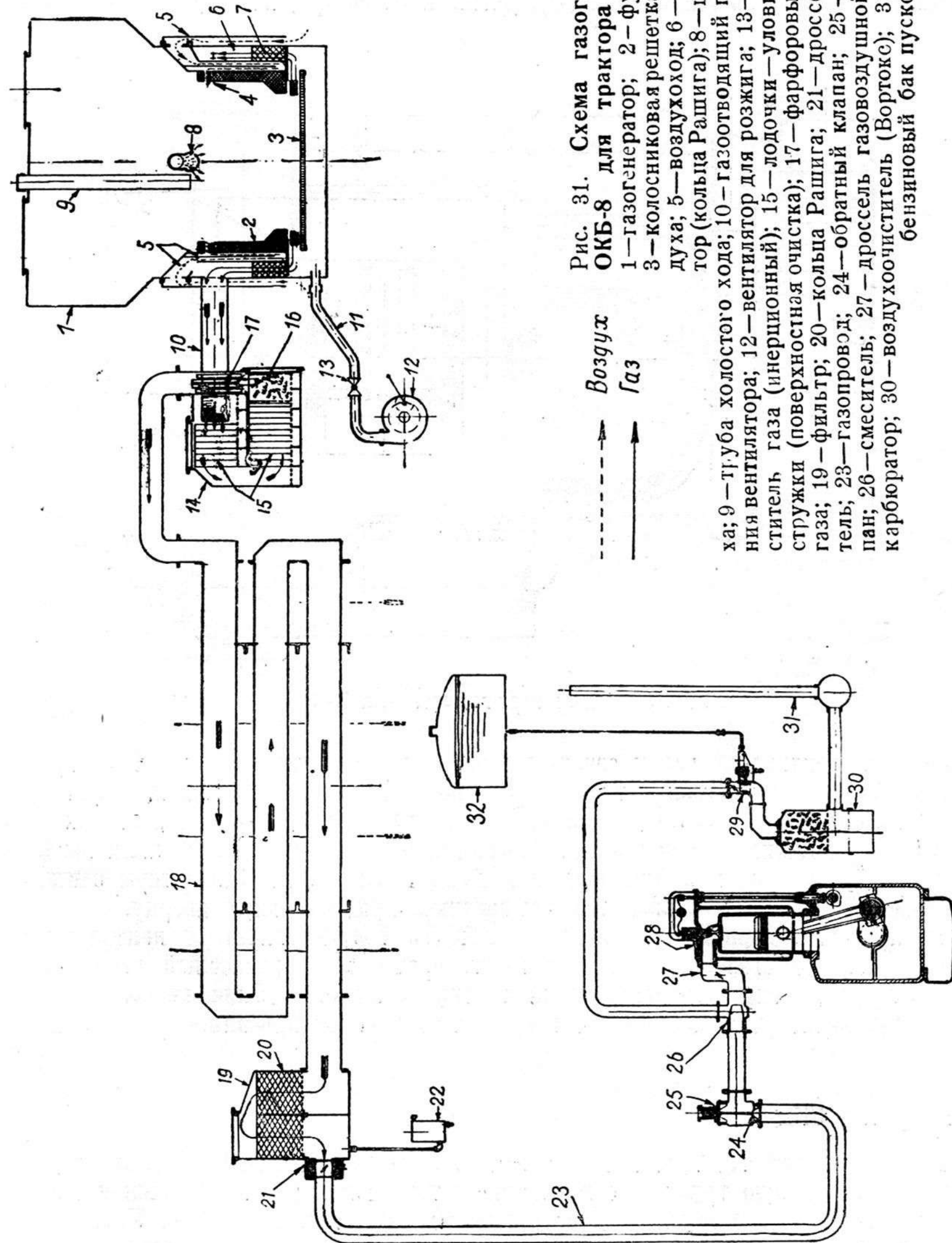


Рис. 31. Схема газогенераторной установки ОКБ-8 для трактора "Сталинец" - 60 ЧТЗ. 1—газогенератор; 2—футеровка газогенератора; 3—колосниковая решетка; 4—сопла для подачи воздуха; 5—воздухоход; 6—газосборник; 7—катализатор (кольца Рашига); 8—центральный подвод воздуха; 9—труба холодного хода; 10—газоотводящий патрубок; 11—присоединения вентилятора; 12—вентилятор для розжига; 13—запорный кран; 14—очиститель газа (инерционный); 15—лодочки—уловители золы; 16—железные стружки (поверхностная очистка); 17—фарфоровые трубки; 18—охладитель газа; 19—фильтр; 20—кольца Рашига; 21—дроссель газа; 22—водоотделитель; 23—газопровод; 24—обратный клапан; 25—предохранительный клапан; 26—смеситель; 27—дроссель газовой смеси; 28—мотор; 29—карбюратор; 30—воздухоочиститель (Вортокс); 31—воздушная труба; 32—бензиновый бак пусковой

Газогенератор монтируется на левом крыле трактора и состоит из двух частей: нижней шахты и бункера. Шахта (рис. 31) состоит из трех вставленных друг в друга железных прямоугольных коробов, образующих воздухоход (5) и

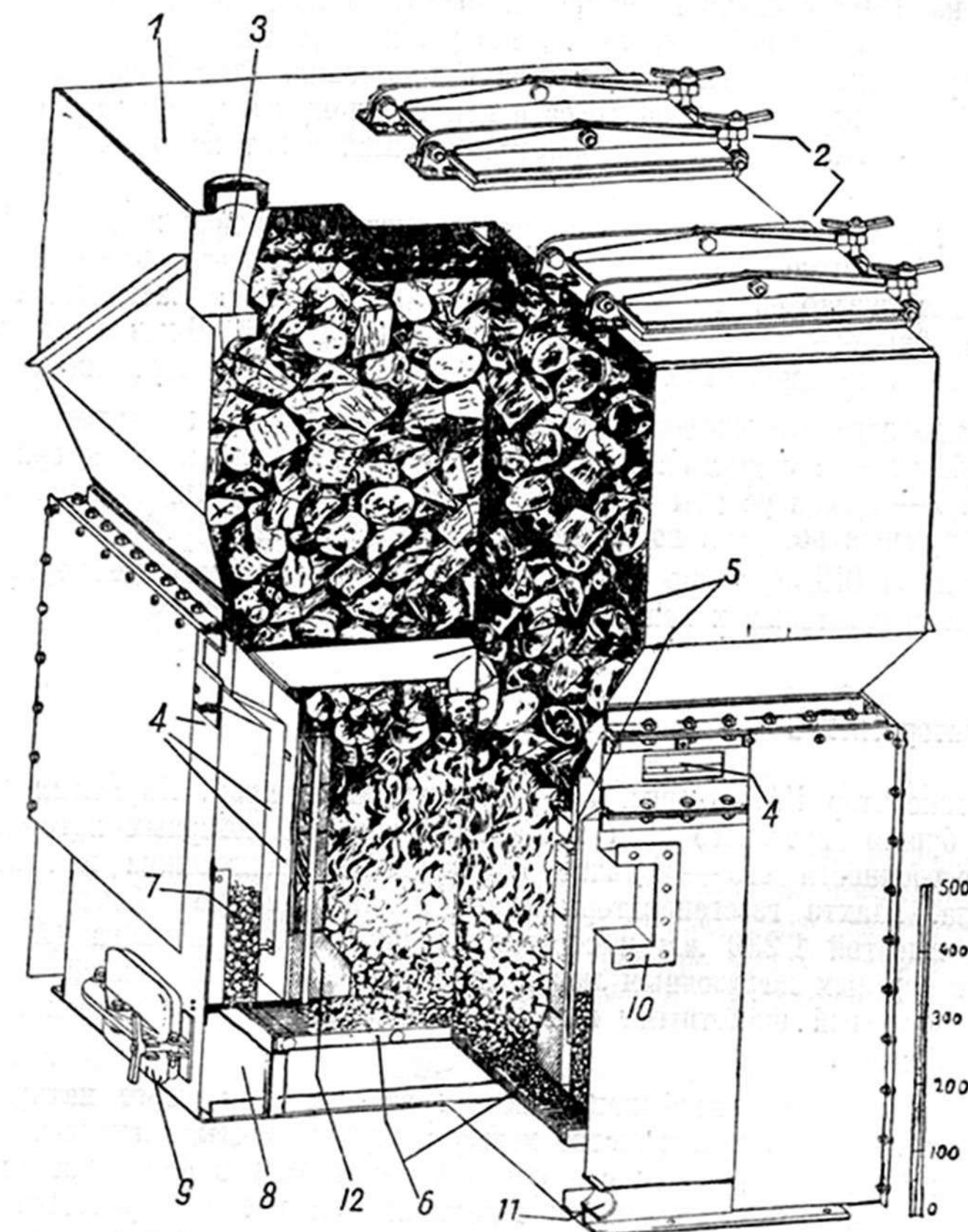


Рис. 32. Разрез газогенератора ОКБ-8 для трактора Сталинец ЧТЗ. 1—бункер; 2—загрузочные люки; 3—труба холодного хода; 4—воздушные каналы; 5—воздушное сопло; 6—колосниковая решетка; 7—катализаторы; 8—газосборник-зольник; 9—зольниковый люк; 10—газоотсасывающий патрубок; 11—патрубок для вентилятора; 12—шамотные кирпичи обмуровки

газосборник (6). Внутренний короб, образующий топливник, футерован на 400 мм высоты шамотными кирпичами толщиной 45 мм. Сечение топливника  $750 \times 420$  мм. Для предохранения футеровки от разрушения и для придания топливнику жесткости кирпичи насажены на железные болты, проходящие сквозь специальные отверстия, сделанные в кирпичах. Снизу топливник имеет железный лист, по периферии которого просверлены отверстия, соединяющие пространство катализаторов (7) с зольником.

Под топливником расположена колосниковая решетка (3), набранная из железных алитированных (для предохранения от коррозии) полос. Между решеткой



и футеровкой топливника устроен зазор для прохода газа, с помощью которого осуществляется отсос газа сверху решетки.

Необходимый воздух подсасывается под защитный кожух шахты (5), поднимается вверх к отверстиям в воздушной коробке, откуда, проходя по пространству, образуемому между вторым коробом и юбкой, он опускается вниз, поворачивается на 180° и опять поднимается вверх, омывая кожух топливника. Омыв на своем пути большие поверхности, воздух, подогретый до 370°, через отверстия в футеровке (фурмы) всасывается в топливник. Второй воздух из воздушной коробки по горизонтальной трубе и центральному соплу подается в центральные слои топлива. Этим осуществляется хороший охват воздухом всего сечения зеркала горения.

Газ из топливника через зазор между низом обмуровки и колосниковой решеткой (3), а также через отверстия горизонтального листа всасывается в помещение катализаторов (7), в котором на высоту 150 мм засыпаются неглазурованные фарфоровые кольца Рашига (15 × 15 мм). Омыв катализаторы и освободившись от смолистых погоней, газ собирается в газосборнике (6).

Топливо загружается через два плоских прямоугольных загрузочных люка в бункер, сболченный с шахтой при помощи углового фланца. Объем бункера рассчитан на 2—3 часа работы трактора. Труба (9) служит для сообщения топливника с наружным воздухом во время остановок двигателя.

Установка ОЖБ-8, запроектированная и построенная техотделом ОГПУ, участвовала в сравнительных испытаниях Автодора в 1932 г.

### Газогенератор НАУ-6

Газогенератор НАУ-6 (рис. 33) сконструирован проф. Наумовым для газификации бурого древесного угля и предназначен для моторных катеров. Характерные особенности его — наличие футерованного топливника и центральный отсос газа. Шахта газогенератора имеет цилиндрическую форму диаметром 500 мм, высотой 1 230 мм и состоит из двух частей: бункера (Б) высотой 600 мм с круглым загрузочным люком диаметром 250 мм и нижней части имеющей футерованный шамотными кольцами топливник (Т), диаметром 340 мм и высотой 395 мм.

Необходимый для газификации воздух засасывается через патрубок снизу шахты, поднимается в пространстве между кожухом шахты и стенкой топливника вверх к фурменному поясу с восемью фурмами (Ф) в футеровке (диаметром 30 мм). Омывая стенки зольника и топливника, воздух подогревается излучаемым теплом этих поверхностей. Образующийся в топливнике газ отсасывается вниз в газоприемник (Г), представляющий чугунную отливку с отверстиями для всасывания газа и плоскими колосниками с наклонными книзу ребрами. Колосники рассчитаны на свободный проход газа, золы и мелочи. Газоприемник соединен коленом с газотводящим трубопроводом.

Установка НАУ-6 построена в 1933 г. Результаты предварительного испытания дают возможность предположить ее хорошую работоспособность.

### Газогенератор Панар-Левассор

Конструкция Панар-Левассор (рис. 34) является представителем центрального щелевого подвода воздуха, совмещенного с огнеупорной шамотной обмуровкой топливника в виде стакана.

Шахта газогенератора имеет цилиндрическую форму с загрузочным люком, плотно закрываемым внутренней зажимной скобой. Загруженное в бункер топли-

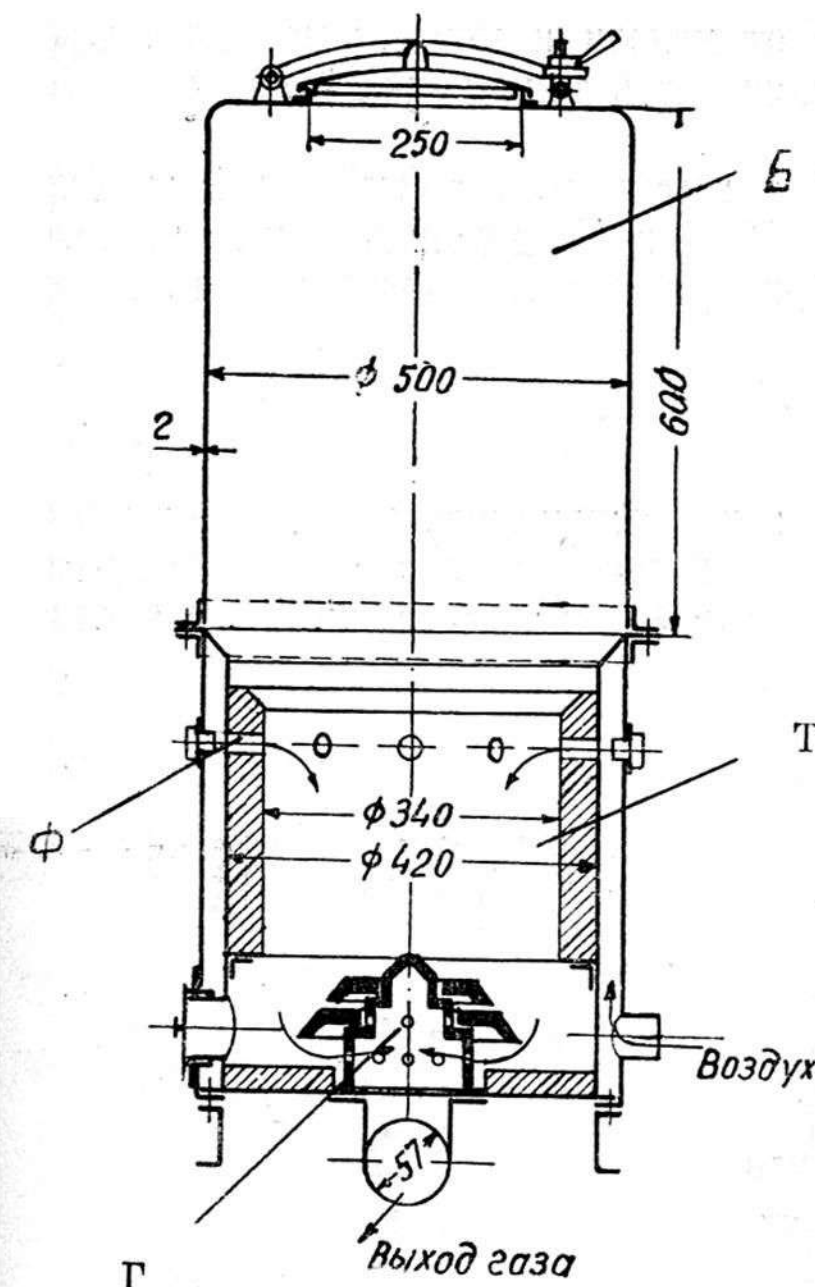


Рис. 33. Газогенератор НАУ-6

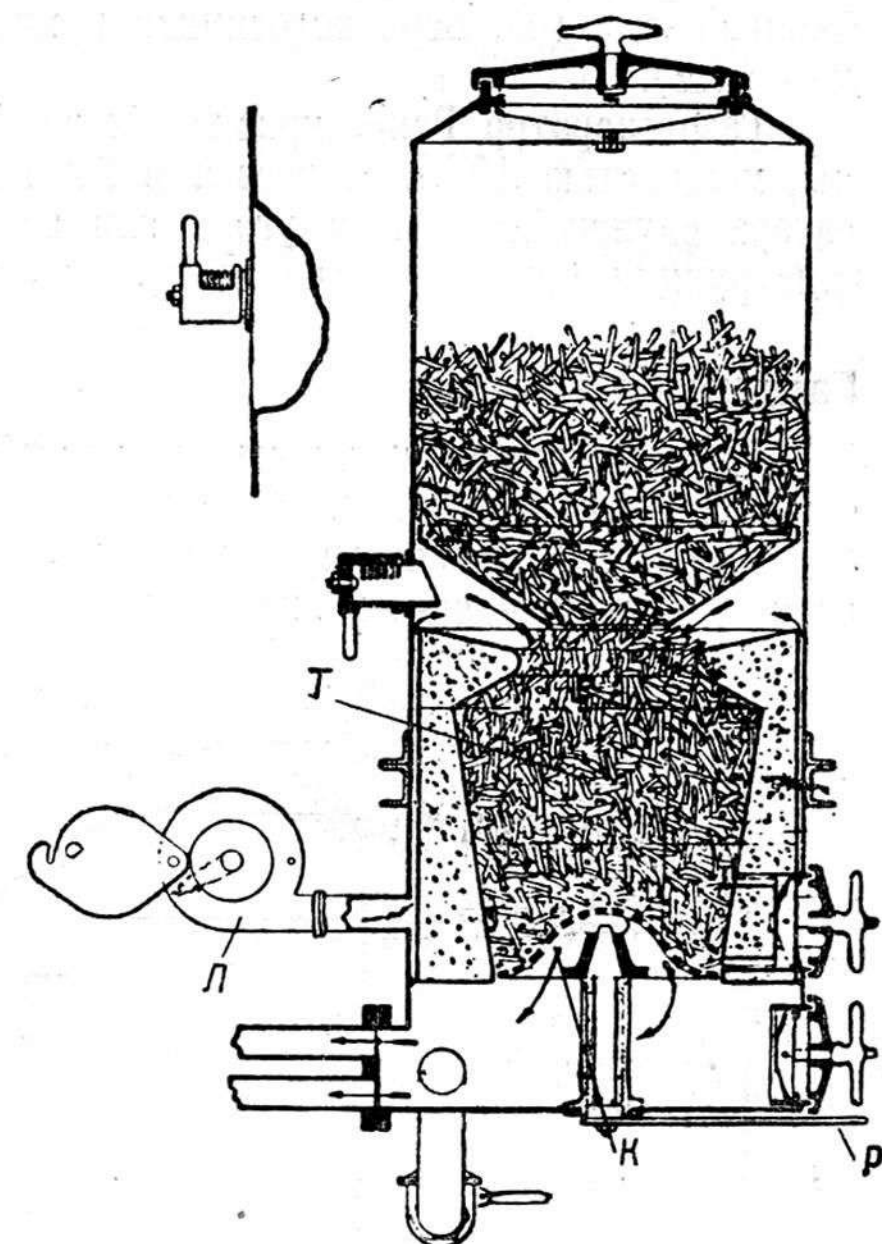


Рис. 34. Газогенератор Панар-Левассор

во просыпается в топливник (Т) через загрузочную открытую воронку, одновременно служащую для направления воздуха. Футеровка топливника, выполненная в форме двух конусов, сверху сильно сужена, что заставляет воздух всасываться в центральные слои топлива. Снизу футеровка также суживается и замыкается сваренной колосниковой решеткой (К), вращающейся при помощи рукоятки (Р).

Воздух всасывается снизу через ручной вентилятор (Л), имеющий откидной затвор и служащий для раздувки, затем проходит между кожухом шахты и топливником, подогревается и через щель между загрузочным кожухом и верхом футеровки всасывается в топливник. Газ отсасывается через решетку (К) в зольник и дальше через холодильник и очиститель в двигатель.

Газогенератор предназначен для газификации воздушно-сухих мелко наколотых древесных чурок.

### Газогенератор Рено

Представителем конструкции с металлическим топливником и центральной подачей воздуха может служить газогенератор Рено (рис. 35). Цилиндрическая шахта состоит из двух частей: бункера размером 500 × 7 000 мм с круглым загрузочным люком и трубой для подачи воздуха, и нижней части, изолированной слоем асбеста, куда вставлен топливник (Т), отлитый из жароупорной стали с толщиной стенки 10 мм. Снизу топливник замыкается качающейся колосниковой решеткой (К).

Воздух через горизонтальную трубу, укрепленную в бункере и сопло (С), поступает в среднюю часть топливного слоя. Сопло имеет ряд каналов; проходя их, воздух получает интенсивный подогрев. Газ отсасывается через колосниковую решетку в зольник, откуда через холодильник и очиститель он подводится



к цилиндрам двигателя. Очистка зольника от мелочи и золы производится через большой люк (З). Верх колосников и нижняя часть топливника очищается через лючок (Л).

Газогенератор Рено, приспособленный к гусеничному трактору той же фирмы, мощностью 40 л. с. ввезен в Союз в 1933 г. Топливом для этого газогенератора служит древесный уголь или карбонит. Интересно отметить, что в этой конструкции присадка воды не производится.

### Газогенератор Берлие

Представителем цельнометаллической конструкции дровяного газогенератора с высокой жаропрочностью и фурменной подачей воздуха служит установка Берлие (рис. 36), испытывавшаяся в 1933 г. в Уральском научно-исследовательском лесопромышленном институте.

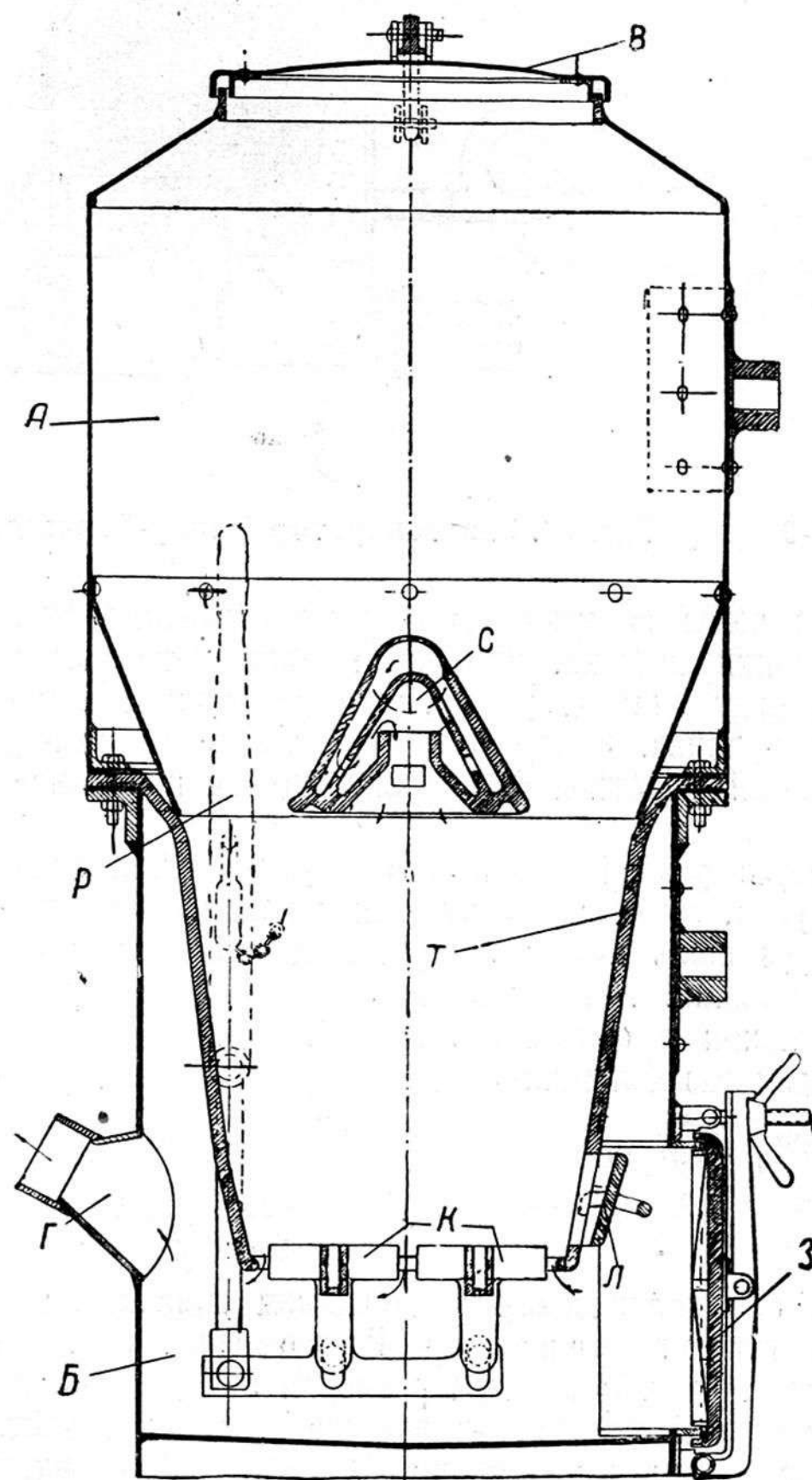


Рис. 35. Газогенератор Рено для трактора Рено. А—бункер; Б—шахта; Т—топливник; К—качающиеся колосники; Р—ручка для встряхивания колосников; З—зольниковый люк; Л—люк для чистки топливника. В—загрузочный люк; Г—газоотсасывающий патрубок; С—воздушное сопло

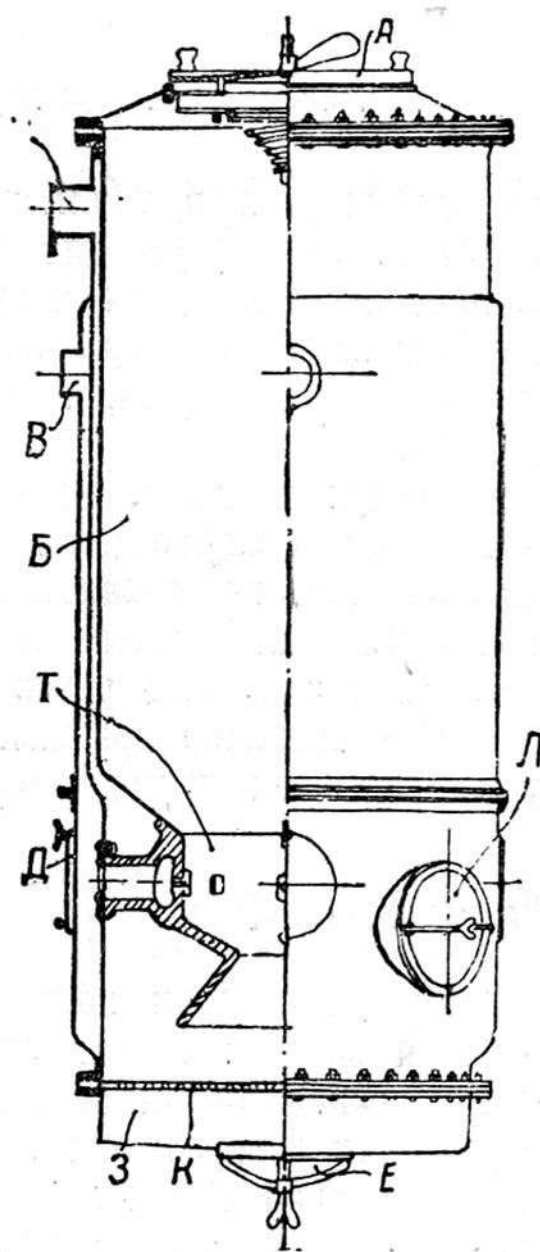


Рис. 36. Разрез газогенератора Берлие

Газогенератор представляет стальной тонкостенный цилиндр диаметром 600 мм и высотой 1,500 мм, замыкающийся сверху крышкой загрузочного люка, одновременно выполняющей роль предохранительного клапана. Топливник Т имеет диаволообразную форму и отлит целиком из жаропрочной стали. Сверху топливника устроен кольцевой канал овального сечения, имеющий восемь вставных фурм диаметром 10 мм; четыре фурмы поставлены с небольшим уклоном вверх. Ниже топливника на расстоянии 285 мм от фурменного пояса расположена плоская колосниковая решетка, перекрывающая зольник и предназначенная для отсеивания золы и мелочи (газ через решетку не проходит). Бункер (Б) обогревается горячими газами, поднимающимися вверх.

Дополнительно к основному топливу, расположенному толстым слоем в бункере (Б) и топливнике (Т), в нижнюю часть шахты через два специальных лючка (Л) производится засыпка древесного угля, заполняющего пространство вокруг топливника примерно до уровня его перегиба. Это сделано для того, чтобы удлинить путь газам, что вызывает улучшение процесса и разложение смолистых погонов. Засыпка добавочного угля увеличивает высоту активного слоя с 285 до 470 мм.

Отсасываемый из топливника газ проходит сквозь дополнительный слой угля, поднимается вверх в пространстве между стенками шахты и через патрубок (Г) подводится к очистителям. На своем пути он, охлаждаясь, подогревает шахту и воздух. Воздух всасывается через воздухоприемный патрубок (В), опускается вниз по каналу, образуемому внешней рубашкой и стенкой шахты, к четырем штуцерам кольцевого канала топливника, и, пройдя через фурмы, проникает в слой топлива. Рациональное использование тепла для улучшения процесса газификации и компактность установки заставляют обратить на конструкцию серьезное внимание. Однако она все же не дает возможности использовать топливо с повышенной влажностью. С достаточной надежностью в этом газогенераторе можно газифицировать древесину, имеющую влажность не выше 25 проц.

Для возможности работы с повышенной влажностью топлива немецкий химик Имберт, по патенту которого фирма Берлие строит свои газогенераторы, ввел приспособление для отбора лишней воды непосредственно из бункера. Это приспособление, позволяющее увеличить процент влажности до 35, в настоящее время широко применяется в Германии.

### Газогенератор Имберт

В газогенераторе Имберт (рис. 37) так же, как и в Берлие, топливник выполнен литым диаволообразной формы. Шахта газогенератора высотой 1 800 мм имеет диаметр 550 мм и состоит только из двух частей: верхней, имеющей два кожуха, и нижней, состоящей из топливника и наружного кожуха.

Верхняя часть (1) имеет газонепроницаемый загрузочный люк (2) с предохранительным клапаном (3). Внутренняя рубашка бункера (4) выполнена из тонкой листовой стали, имеет ряд отверстий (5), шипообразно продавленных внутрь бункера. Выделяющийся в шахте пар через эти отверстия проходит в пространство, образуемое кожухом бункера, где он конденсируется на охлаждаемой наружным воздухом стенке, а конденсатор через гидравлический затвор (У-образную трубку) вытекает наружу. Это устройство дает возможность газифицировать дрова повышенной влажности (до 30—35 проц.).

Конструкция Имберт, в отличие от Берлие, не имеет колосниковой решетки и воздушной рубашки вокруг газохода. Чтобы увеличить высоту активного слоя, здесь также требуется подсыпать древесный уголь через лючок (11).

Для более равномерного течения газа по всему сечению газохода, а следовательно, для создания равномерного обогрева шахты и равномерного сема газа от слоя топлива, вокруг шахты имеется кольцевой канал (13). Этот канал соединен с газоходом отверстиями, увеличивающимися по мере удаления от выходного штуцера (14).



## Газогенератор Кромаг-Сагам

Недостаточный эффект от применения катализаторов и частичного сжигания газа, как это описано в конструкции Сагам типа С-1, заставил фирму выпустить новую конструкцию типа С-3 (рис. 38). Газогенератор типа С-3 имеет цельнометаллическую конструкцию с большим подогревом и центральным подбо-

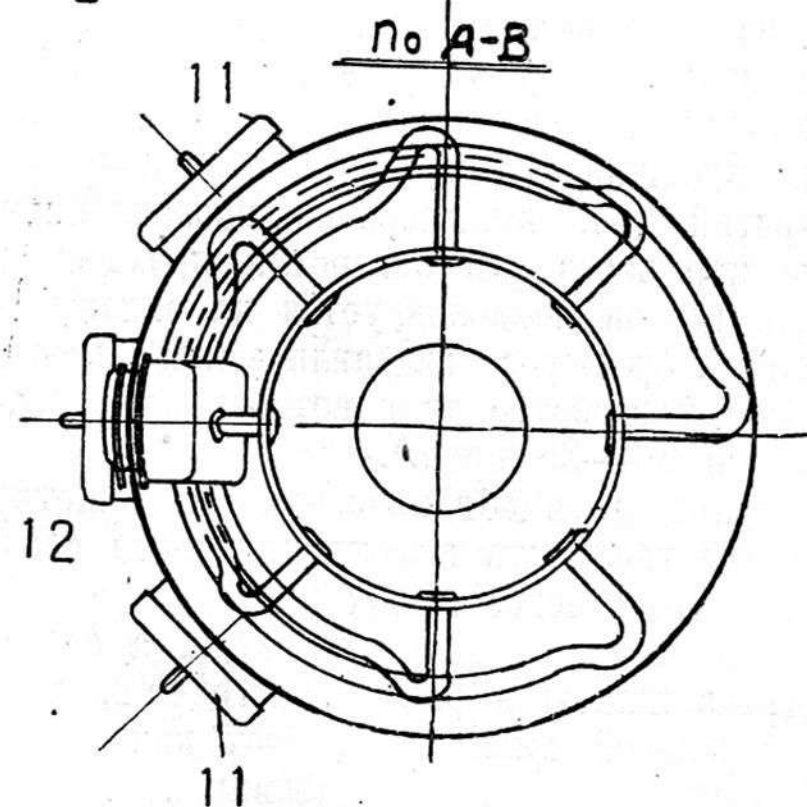
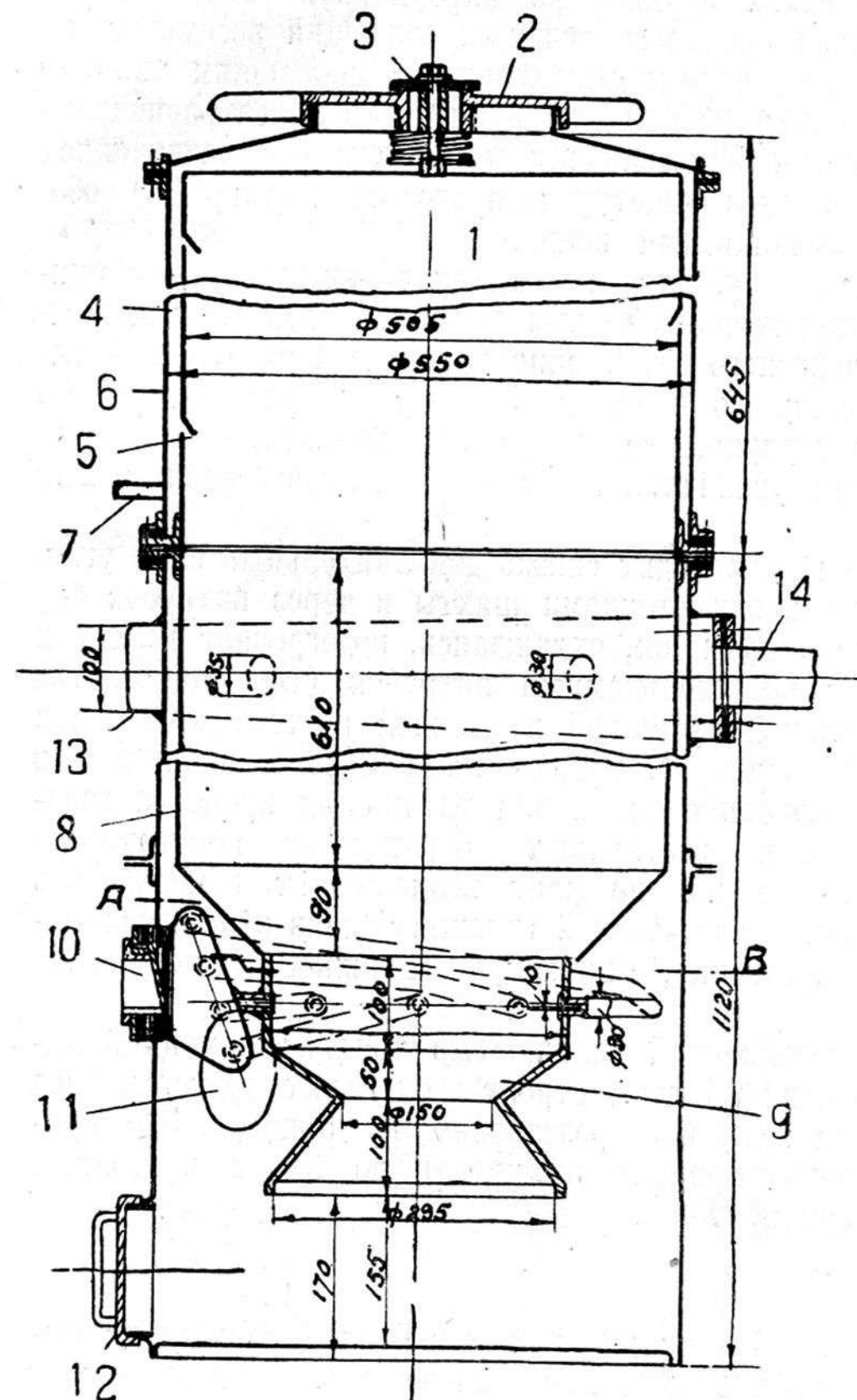


Рис. 37. Разрез газогенератора Имберт. 1—бункер верхняя часть; 2—загрузочный люк; 3—предохранительный клапан; 4—внешняя стенка бункера; 5—отверстия для прохода паров воды; 6—пространство для конденсации паров воды; 7—трубка, отводящая из бункера конденсат; 8—внутренняя стенка шахты; 9—топливник (диаболообразной формы); 10—воздуховсасывающее отверстие с обратным клапаном; 11—люк для засыпки в газосборное пространство; 12—зольниковый люк; 13—кольцевой канал для равномерного отсоса газа; 14—газоотводящий штуцер

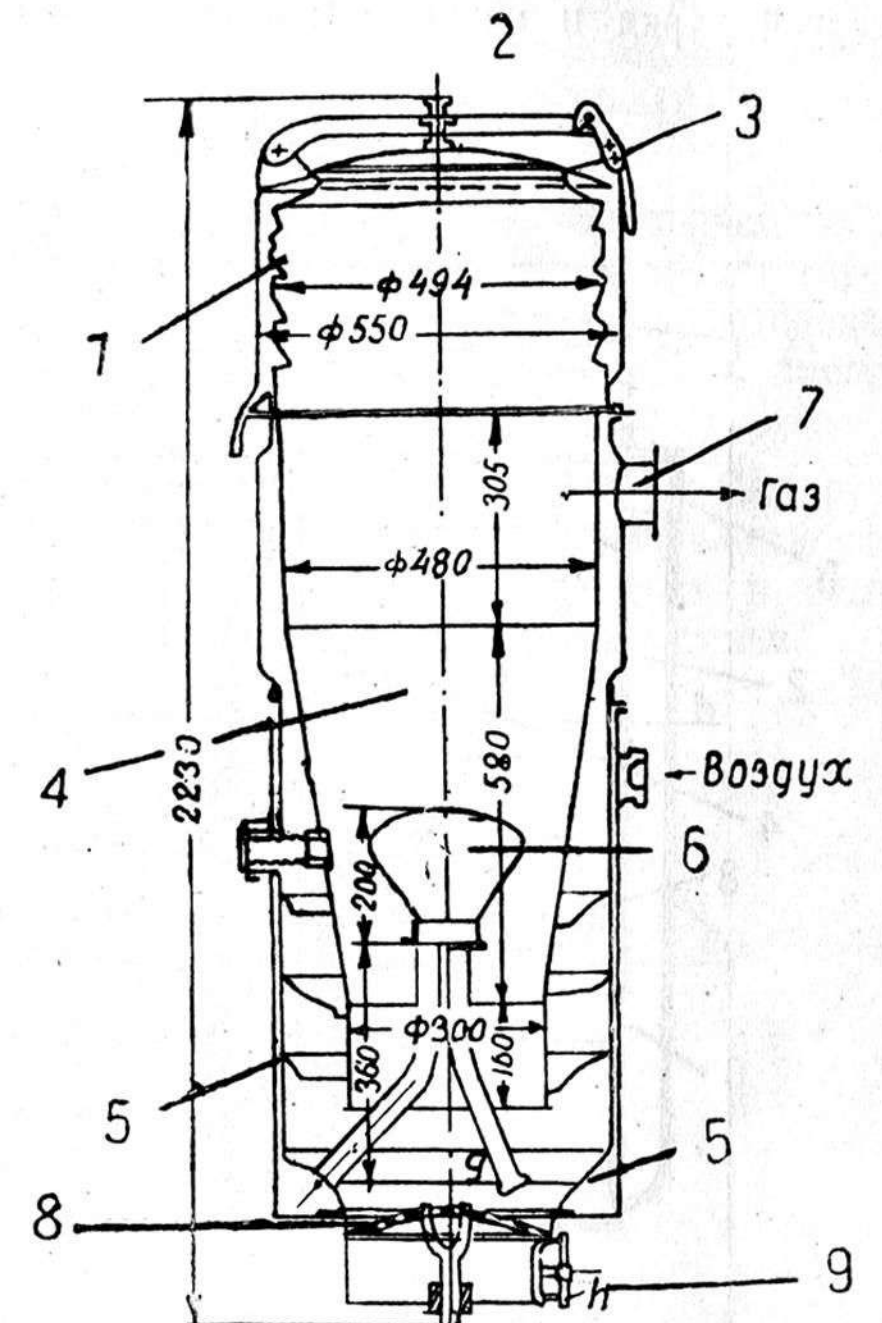


Рис. 38. Газогенератор Кромаг-Сагам тип С-3, № 100. 1—бункер с отверстием для прохода паров воды; 2—скоба загрузочного люка; 3—накидной рычаг (замок); 4—топливник; 5—воздухоподводящий канал; 6—шипообразное сопло; 7—штуцер для отсоса газа; 8—качающийся колосник; 9—зольниковый люк

дом воздуха, со сборником конденсата верхних частей бункера. Цилиндрическая шахта высотой до 2300 мм и диаметром 550 мм состоит из следующих частей: бункера с устройством для отвода конденсата, средней части с центральной трубой воздуха и зольника с качающейся колосниковой решеткой.

Устройство для отвода из бункера (1) конденсата аналогично конструкции Имберт. Крышка загрузочного люка легкой штампованной конструкции плотно закрывается скобой (2) и накидным рычагом (3).

Топливник (4) имеет форму усеченного конуса, расширяющегося кверху и выполненного из жароупорной стали.

Снизу топливник заканчивается цилиндрической частью.

Воздух поступает в воздушную рубашку (5) через три обратных клапана, расположенных под углами  $120^\circ$ . Воздух подогревается поднимающимися вверх газами и по трем трубам, через грибообразное сопло, всасывается в топливник. Верхняя шарообразная часть сопла (6) имеет 43 отверстия диаметром 5 мм. Три трубы, являясь опорами сопла, служат также для перегрева воздуха. Для равномерного отсоса и постепенного омывания воздухоподводящего канала в шахте сделаны спиральные перегородки вокруг топливника. Газ, отсасываемый вверх, омывается воздухом и среднюю часть шахты, охлаждается и через штуцер (7) подводится к очистителям установки.



Зола и угольная мелочь проваливаются сквозь выпуклую колосниковую решетку (8) в зольник, и, по мере необходимости, выгребаются через люк (9) наружу.

### Газогенератор Дейц К-V3

Конструкция газогенератора Дейц (рис. 39) рассчитана для газификации мелкой чурки и является представителем цельнометаллических газогенераторов

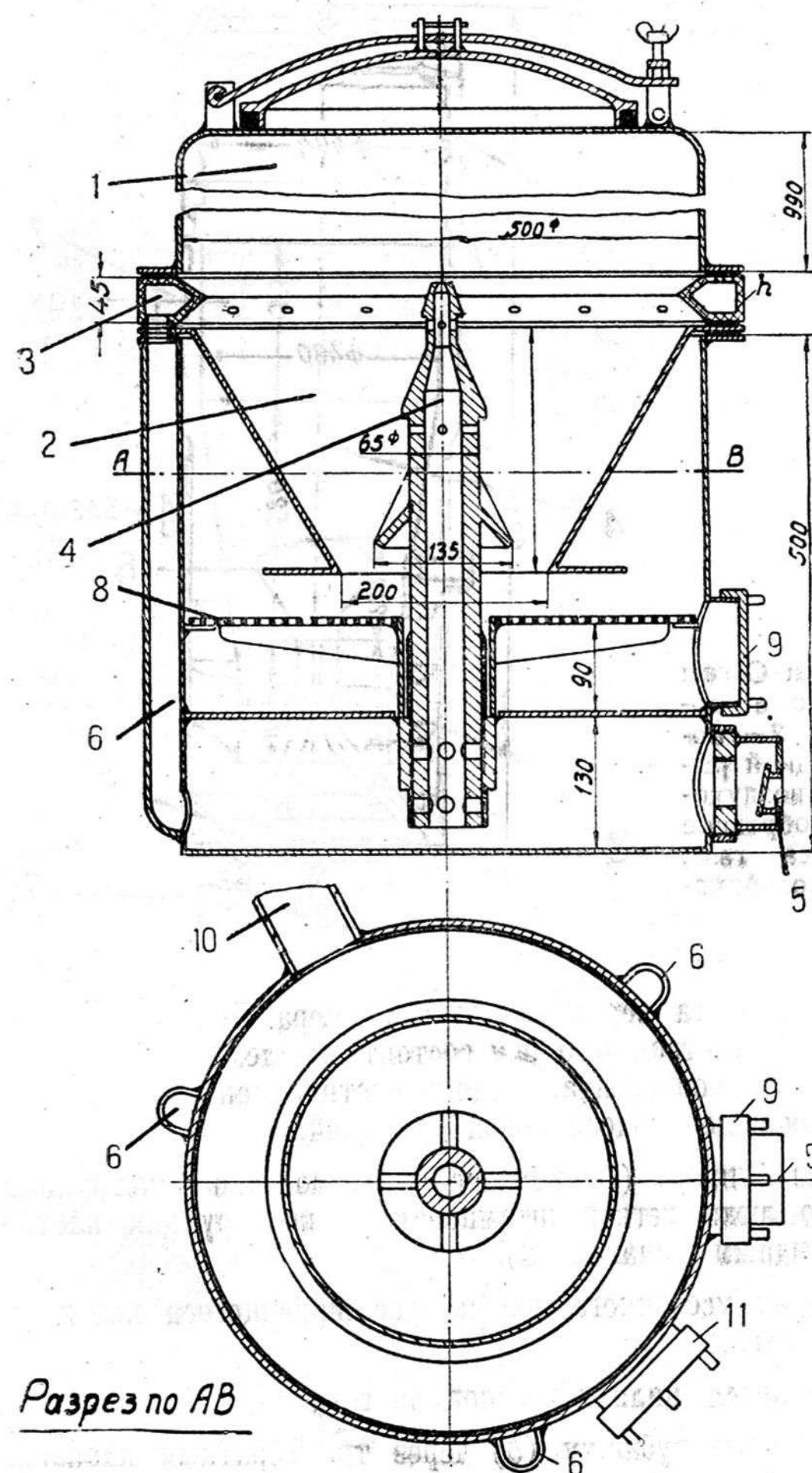


Рис. 39. Разрез газогенератора Дейц К-V3. 1—бункер; 2—топливник; 3—кольцевой канал (сопло) для подвода воздуха по периферии; 4—центральное воздухоподводящее сопло; 5—воздухоприемное отверстие с обратным клапаном; 6—вертикальные каналы воздухохода; 7—загрузочный люк; 8—колосниковая решетка; 9—зольниковый люк; 10—газоотводящий штуцер; 11—люк для досыпки угля в газосборное пространство

с интенсивным подогревом и комбинированной подачей воздуха. Шахта цилиндрической формы высотой около 1 500 мм и диаметром 500 мм, имеет две части: верхнюю — бункер (1) с круглым загрузочным люком, одновременно выполняющим роль предохранительного клапана, и нижнюю — куда вставлен конический топливник (2), отлитый из жароупорного материала с горизонтальным крылом для удлинения пути газа в слое топлива. На рис. 39 бункер не имеет приспособ-

ления для отвода конденсата, хотя выпускаемые фирмой последние модели снабжены приспособлением, аналогичным устройству Имберт.

Газогенератор имеет два воздушных сопла: кольцевое верхнее (3), отлитое из жароупорного материала, с 24 отверстиями диаметром 5 мм и среднее вертикальное сопло (4), проходящее через восстановительный слой топливника и имеющее три ряда сверлений диаметром 5 мм (сверху одно сверление и ниже два ряда сверлений по восьми отверстий).

Воздух поступает через приемный клапан (5) в воздухоприемник под зольниковой камерой, откуда он, слегка подогретый, всасывается в топливник частью через среднее сопло (4), а частью через три вертикальных канала (6) и через кольцевое сопло (3).

Благодаря наличию двух сопел (кольцевого и среднего), в топливнике устанавливается равномерная зона горения по всему сечению, что препятствует образованию в середине сечения холодного ядра. Кроме того, перестановка среднего сопла кверху дает возможность менять сечение топливника, а вместе с тем и жаронапряженность, в зависимости от нагрузки двигателя.

Плоская колосниковая решетка (8) может встряхиваться при помощи ручного рычага. Упавшая через решетку мелочь и зола удаляются через плотно закрываемый люк (9). Газ отсасывается сверху колосниковой решетки в газосборник вокруг топливника. Штуцер (10) соединяет шахту с очистителем.

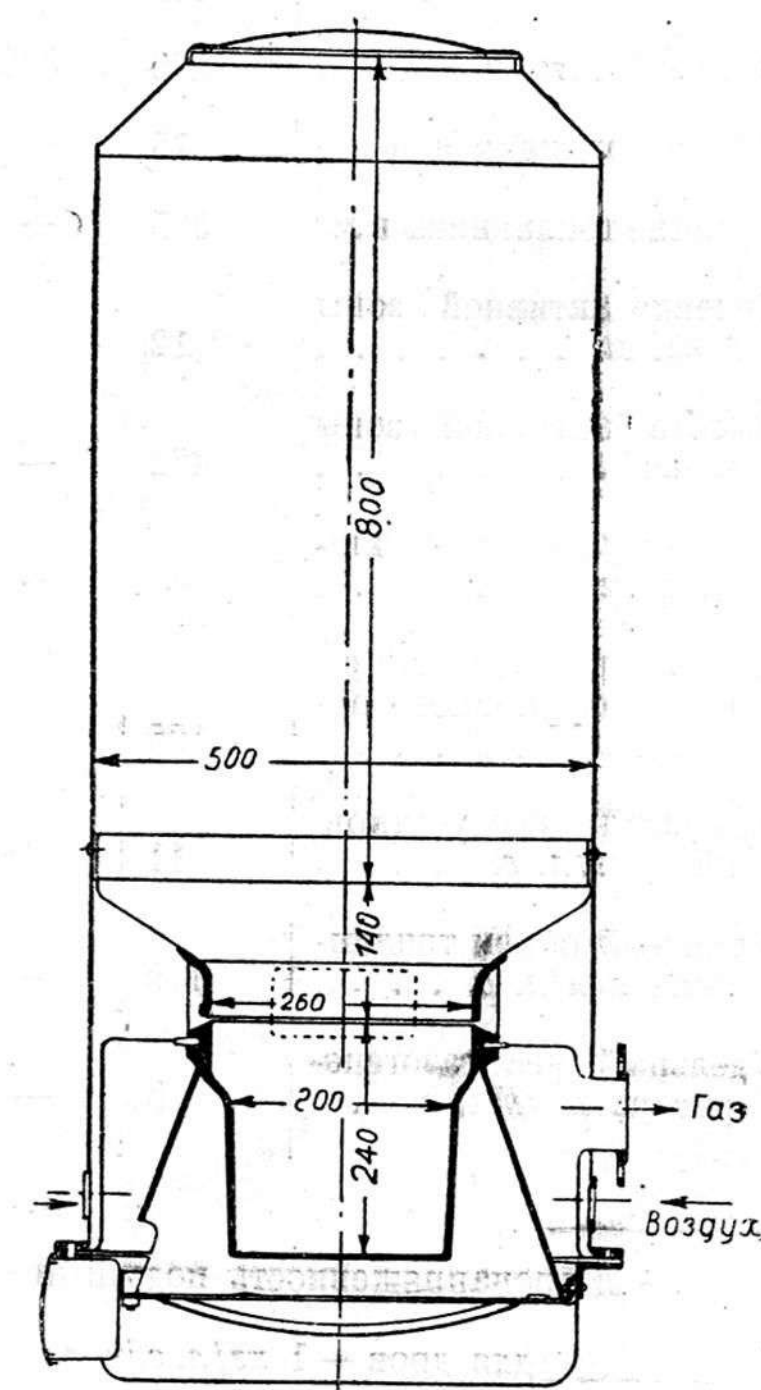


Рис. 40. Газогенератор Цнимэ-2, конструкция Д-6 С. И. Декаленкова. Установка для 1,5-тонного грузовика ГАЗ

Описание газогенератора Цнимэ-2 конструкции С. И. Декаленкова дается на странице 72



Характеристика газогенераторов

Наименование	М а р к а						
	Рекс	Сагам	ОКБ-8	В-3	НАУ-6	Павар-Левас-сор	ГПНЕА
Род топлива . . . . .	Древ. уголь	Дерево	Дерево	Дерево	Бур. уголь	Дерево	Древ. уголь
Мощность двигателя . .	40	40	60	60	20	50	40
Высота шахты в мм . .	1 630	—	1 200	1 200	1 230	—	—
Сечение шахты в мм . .	560	—	830×1200	600×900	500	—	—
Система подачи воздуха	Фурмы	Фурмы	Фурмы	Комбин. и щель	Фурмы	Щель	Фурмы
Род футеровки . . . . .	Шамот	Шамот	Шамот	Шамот	Шамот	Шамот	Шамот
Вес газогенератора в кг	205	—	499,2	356	100	—	200
Вес установки в кг. . .	450	320	861,3	619	180	400	—
Объем шахты в л . . . .	200	330	650	790	120	—	—
Объем топливника в л. .	75	—	125	127	33	—	—
Сечение топливника в мм	395	—	750×420	500×600	340	—	—
Сечение активной зоны в кв. м . . . . .	0,12	—	0,315	0,23	0,9	—	—
Высота активной зоны в мм . . . . .	472	—	350	300	360	—	—
Вес загруженного топлива в кг . . . . .	40	—	223	178	25	—	—
Жаронапряженность <sup>1</sup> сечения фурменного пояса . . . . .	165	—	—	260	140	—	—
Удельный вес установки в кг/л. с. . . . .	11	8	14,3	8	9	9	—
Удельный объем топливника в л/л. с. . . . .	1,9	—	2,1	2,54	6,0	—	—
Удельный вес газогенератора в кг/л. с. . .	5	—	8,5	5	5	—	5

<sup>1</sup> Жаронапряженность подсчитана, считая расход топлива:

для дров — 1 кг/л. с./час.;

для древесного угля — 0,500 кг/л. с./час.;

для бурого угля — 0,650 кг/л. с./час.

Таблица 17

опрокинутого процесса

г а з о г е н е р а т о р а									
Авто-дор-I	Рено	Берлие	Имберт	Кромаг-Сагам	Дейц	Д-7 Пионер	ЦНИИМЭ-2	НАТИ-3	Авто-дор-II
Дерево	Древ. уголь	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево
60	40	40	40	40	40	50	25	25	20
1 482	1 400	1 530	1 800	2 000	1 540	1 500	1 300	1 550	—
616	500	600	550	550	500	635	500	560	—
Фурмы	Центр. сопло	Фурмы	Фурмы	Центр. сопло	Комб. и фурмы	Щель	Щель	Фурмы	Фурмы
Шамот	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь	Чугун	Чугун	Сталь	Сталь
284	—	205	140	150	150	222	90	204	—
—	—	450	200	300	200	400	—	—	—
500	160	250	280	250	210	322	167	170	—
70	26	20	11	—	8	22	9,5	23,5	23,5
400	360	300	300	300	500	350	250	200	200
0,4	0,10	0,07	0,07	0,07	0,19	0,096	0,05	0,031	0,031
592	350	350	450	500	300	250	250	365	365
130	30	65	80	80	60	75	50	52	—
476	200	570	570	570	200	525	500	800	800
—	—	11	5	7,5	5	8	—	—	—
1,2	0,6	0,5	0,3	—	0,2	4,5	4,7	0,95	—
4,7	—	5	3,5	3,7	3,7	4,5	4,5	8,7	—



К цельнометаллическим конструкциям причисляются советские газогенераторы Пионер и ЦНИИМЭ-2. Первый сконструирован для мощного трактора типа Коммунар, а второй, усовершенствованной конструкции, предназначен для грузовика ГАЗ-АА.

Обе конструкции имеют щелевую подачу воздуха и чугунное литье топливника.

Газогенератор ЦНИИМЭ-2 (рис. 40 на стр. 69) представляет собой цилиндр высотой 1 300 мм, диаметром 500 мм. Загрузочный люк имеет крышку без уплотняющего шва, закрывающуюся собственным весом. В нижней части шахты имеется чугунный топливник с постоянным кольцевым каналом (щелью) для просасывания воздуха, поступающего снизу шахты. Воздух хорошо подогревается о внутреннюю стенку газоприемной коробки. Топливник имеет диаметр 260 мм и высоту активного слоя около 300 мм. Снизу шахта замыкается зольниковой коробкой. Топливник, зольниковая коробка и шахта соединены при помощи одного шва внизу газогенератора. Газ отсасывается сверху колосниковой решетки, проходит дырчатый конус (пылеотделитель) и через круглый штуцер диаметром 70 мм подводится к очистителям.

В таблице 17 (см. стр. 70—71) приведена характеристика некоторых газогенераторов опрокинутого процесса.

## ГАЗООХЛАДИТЕЛИ

### Значение охлаждения газа

При выходе из зоны газообразования генераторный газ имеет высокую температуру, которая при прямом процессе газообразования может находиться примерно в пределах от 250 до 500°, а при опрокинутом процессе достигает 700 и даже 800°. Сравнительно низкая температура газа при прямом процессе является одним из главных его преимуществ. Горячий газ необходимо охладить и притом возможно быстрее, чтобы уменьшить обратные химические реакции, которые направлены к обращению части окиси углерода (горючий газ) в углекислоту (негорючий газ) с одновременным выделением чрезвычайно мелкого химического угля в виде сажи, сильно загрязняющей части установки. Очистка газа от сажи представляет к тому же трудную задачу.

Обратные реакции почти прекращаются при температурах ниже 400°. Охлаждение газа способствует лучшей степени наполнения цилиндров двигателя, что значительно уменьшает потерю мощности, являющуюся характерным недостатком питания двигателя газовой смесью.

Если принять температуру наружного воздуха в 15° и охладить газ до такой же температуры (температура газовой смеси будет составлять также 15°) и полученную при таких условиях мощность двигателя считать за 100 проц., то на основании теоретических исследований при более высоких температурах смеси можно ожидать следующих потерь мощности (таблица 18):

Таблица 18

Температура смеси в градусах	Потеря мощности в %
15	0
20	5
40	8
50	11
60	14
70	16

Таблица эта составлена для сухого газа. Если же учитывать влажность газа, то цифры, показывающие потери мощности, увеличатся примерно в 1,5—2 раза. Из этого следует, что потери мощности должны быть особенно велики при применении в качестве горючего влажного топлива, например дров, когда генераторный газ содержит значительное количество паров.

Приведенная таблица показывает насколько могут быть велики потери мощности, если не произвести интенсивного охлаждения газа, на которое, кстати сказать, до последнего времени обращалось мало внимания. Особенно важно охлаждение газа в установках, работающих на дровах.



## Способы охлаждения газа

Охлаждение газа частично может быть выполнено в газогенераторной шахте. Обычно теплоту газа используют для подогрева входящего в шахту первичного воздуха или для подогрева испарителя, если он входит в состав установки.

Для подогрева входящего воздуха он обычно пропускается в кольцевое пространство, образуемое стенками камеры горения и наружным кожухом. Иногда в шахте устраиваются специальные воздушные коробки, окружающие камеру горения, где воздух отнимает часть теплоты генераторного газа.

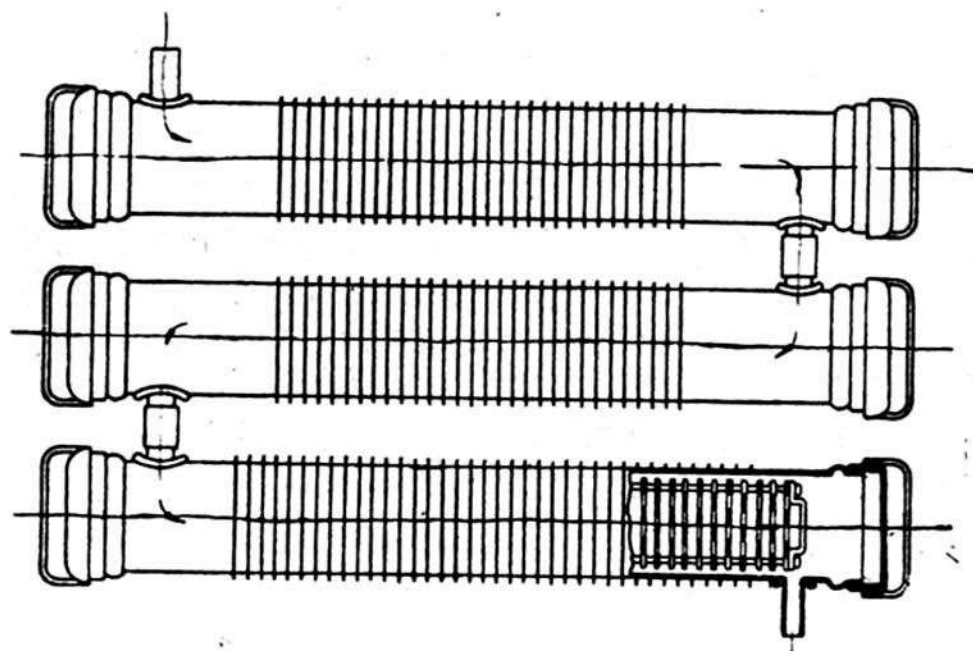


Рис. 41. Очиститель-охладитель установки Имберт-Дитрих

Охлаждение газа в генераторной шахте, связанное с использованием ее теплоты для подогрева воздуха или испарителя, увеличивает коэффициент полезного действия генератора, но одновременно усложняет устройство шахты, что крайне нежелательно. Шахта становится более дорогой и трудной в производстве, а промежуточные стенки или воздушные коробки, как показал опыт, быстро сгорают, что сильно сокращает срок службы шахты. Таким образом подогрев воздуха в шахте практически может оказаться невыгодным, и от него приходится отказываться. В газогенераторной установке Автодор-1, описание которой поме-

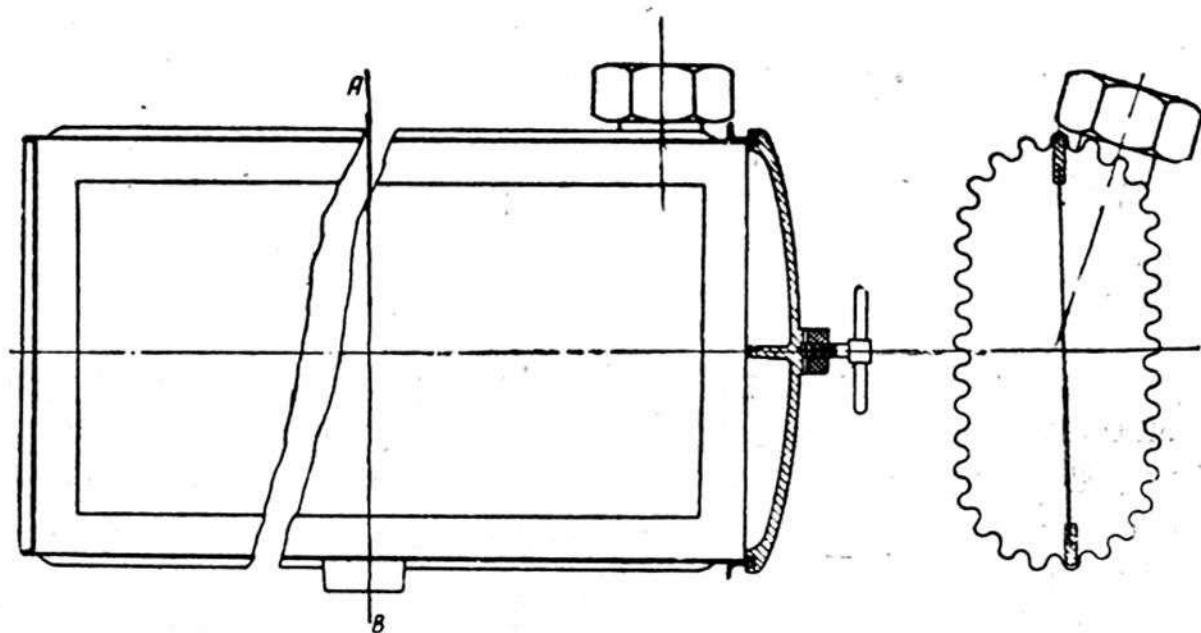


Рис. 42. Очиститель-охладитель конкурсного проекта Автодора

щено в главе 11-й, конструкторы отказались от подогрева воздуха, что позволило значительно упростить конструкцию шахты и сделать ее более надежной.

По выходе из газогенераторной шахты газ, в зависимости от того, в какой степени он охлажден, имеет температуру, практически изменяющуюся в пределах от 200 до 600°. Дальнейшее охлаждение газа может быть выполнено в приборах, служащих для очистки газа, а также в соединительных трубопроводах или в специальных холодильниках — газоохладителях.

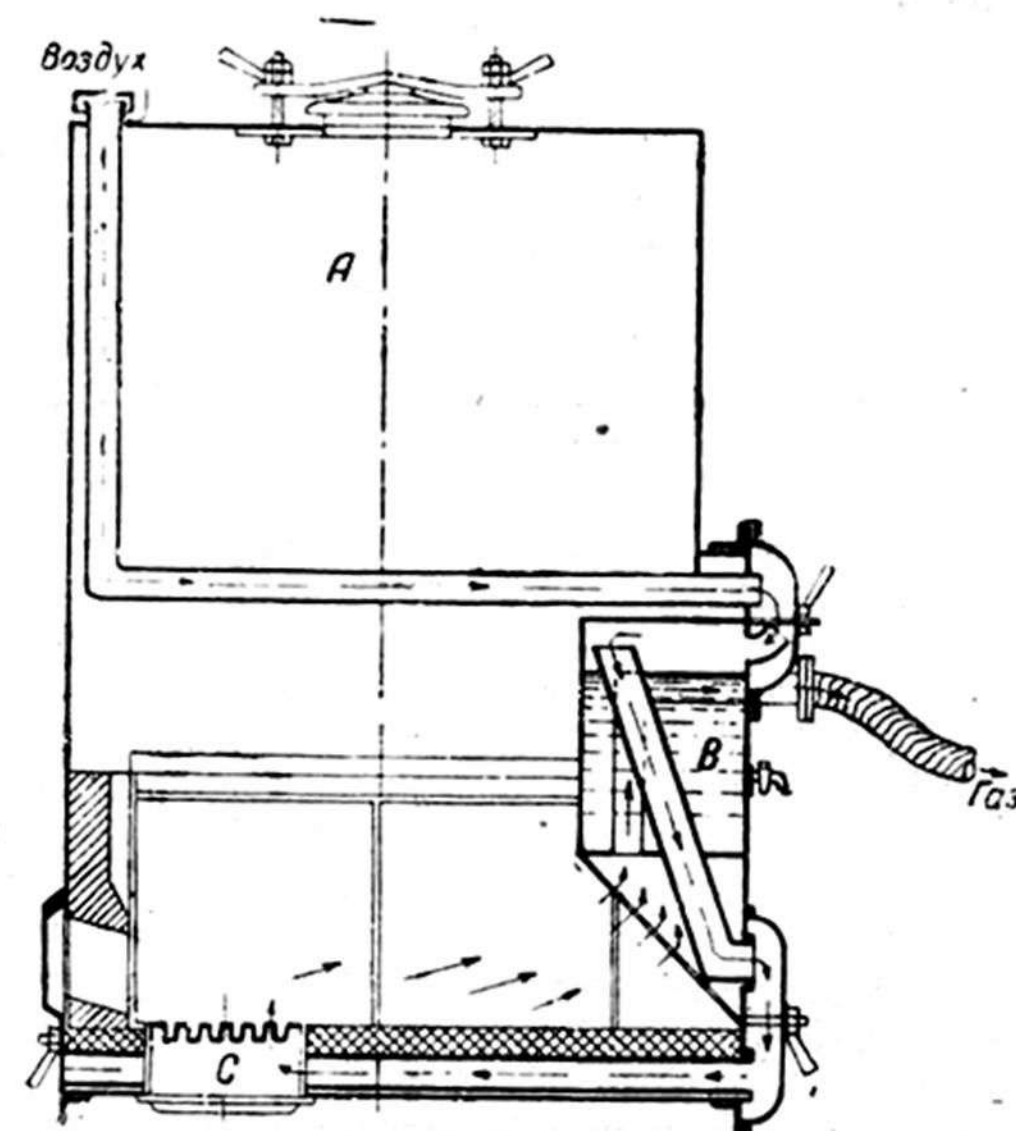


Рис. 43. Схема газогенератора ДУКС. А—бункер; В—испаритель; С—решетка

В первоначальных газогенераторных установках охлаждение газа велось обычно попутно с его очищением. Для этого очистители газа делали с большими наружными поверхностями, благодаря чему газ одновременно с очисткой подвергался охлаждению.

Но такой способ охлаждения, однако, не мог считаться удовлетворительным. Чтобы получить надлежащую охлаждающую поверхность, размеры очистителей и число их пришлось бы увеличить в такой степени, что они стали бы очень громоздкими. Кроме того, очистители обычно монтируются в местах, мало отвечающих условиям охлаждения. При очистке газа от примесей в очистителях накапливается много пыли и сажи, а так как пыль и сажа имеют малую теплопроводность, то очистители по мере накопления пыли и сажи все хуже и хуже охлаждают газ. Это вполне подтвердилось опытами НАТИ с одной из газогенераторных установок, где очистители служили одновременно охладителями. После 25—35 часов работы температура выходящего из очистителей газа повысилась примерно на 30°, причем первоначальная мощность двигателя на газе понизилась на 20 проц.

Для увеличения поверхности охлаждения очистителей стали снабжать их ребрами.

На рис. 41 показано устройство, очистителей, принятое для газогенератора системы Имберт-Дитрих и заменяющее прежнее устройство с гладкими поверхностями очистителей.



На рис. 42 изображен проект очистителя, представленного на конкурс Автотора. Очиститель этот служит одновременно и охладителем, для чего он имеет волнистую наружную поверхность.

На рис. 43 показана схема устройства генератора и очистителя системы Дукс, где газ в генераторе охлаждается, подогревая испаритель, а затем, проходя через водяной очиститель, подвергается дальнейшему охлаждению.

### Специальные газоохладители

Конструкции охладителей по принципам устройства не представляют большого разнообразия. Все охладители—трубчатой системы, причем по форме сечения и наружному устройству труб они разбиваются на следующие основные категории:

1. Охладители с гладкими трубами круглого сечения.
2. Охладители с ребристыми трубами круглого сечения.
3. Охладители с гладкими трубами прямоугольного сечения.

Для охлаждения наружных поверхностей труб приходится пользоваться исключительно воздухом, так как при применении водяного охлаждения потребовалось бы такое значительное количество воды, какое возить с собой затруднительно. Воздушное охлаждение может быть получено путем: 1) использования вентилятора автомашины; 2) омывания наружным воздухом (при его естественном движении) труб охладителя; 3) принудительного пропускания воздуха около охладительных труб с значительной скоростью помощью специальных приборов.

Первый способ применяется, главным образом, в таких случаях, когда газогенератор поставлен вблизи радиатора автомашины. В противном случае придется прибегнуть к очень длинной и путанной системе трубопроводов, что является крайне нежелательным как с конструктивной точки зрения, так и со стороны увеличения потерь в давлении при проходе газа по длинным трубопроводам.

Второй способ является наиболее простым и наиболее употребительным в современных установках, хотя и требует более значительных охлаждающих поверхностей.

При третьем способе должны применяться или специальные вентиляторы для сообщения струям воздуха, омывающим трубы газа, больших скоростей движения, или эжекторы для нагнетания воздуха, действующие от выхлопных газов двигателя. Подобные способы охлаждения практически не получили распространения.

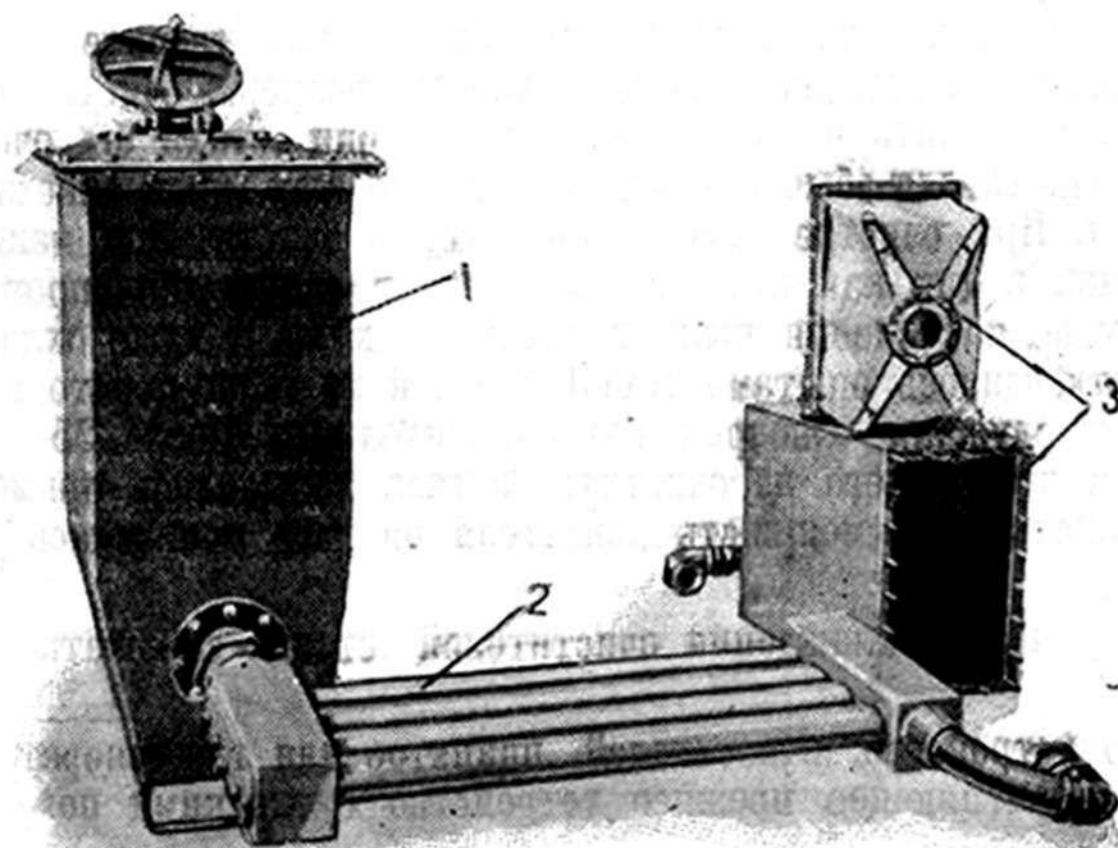


Рис. 44. Охладитель газа установки Трактор. 1 — газогенератор; 2 — охладитель; 3 — очиститель

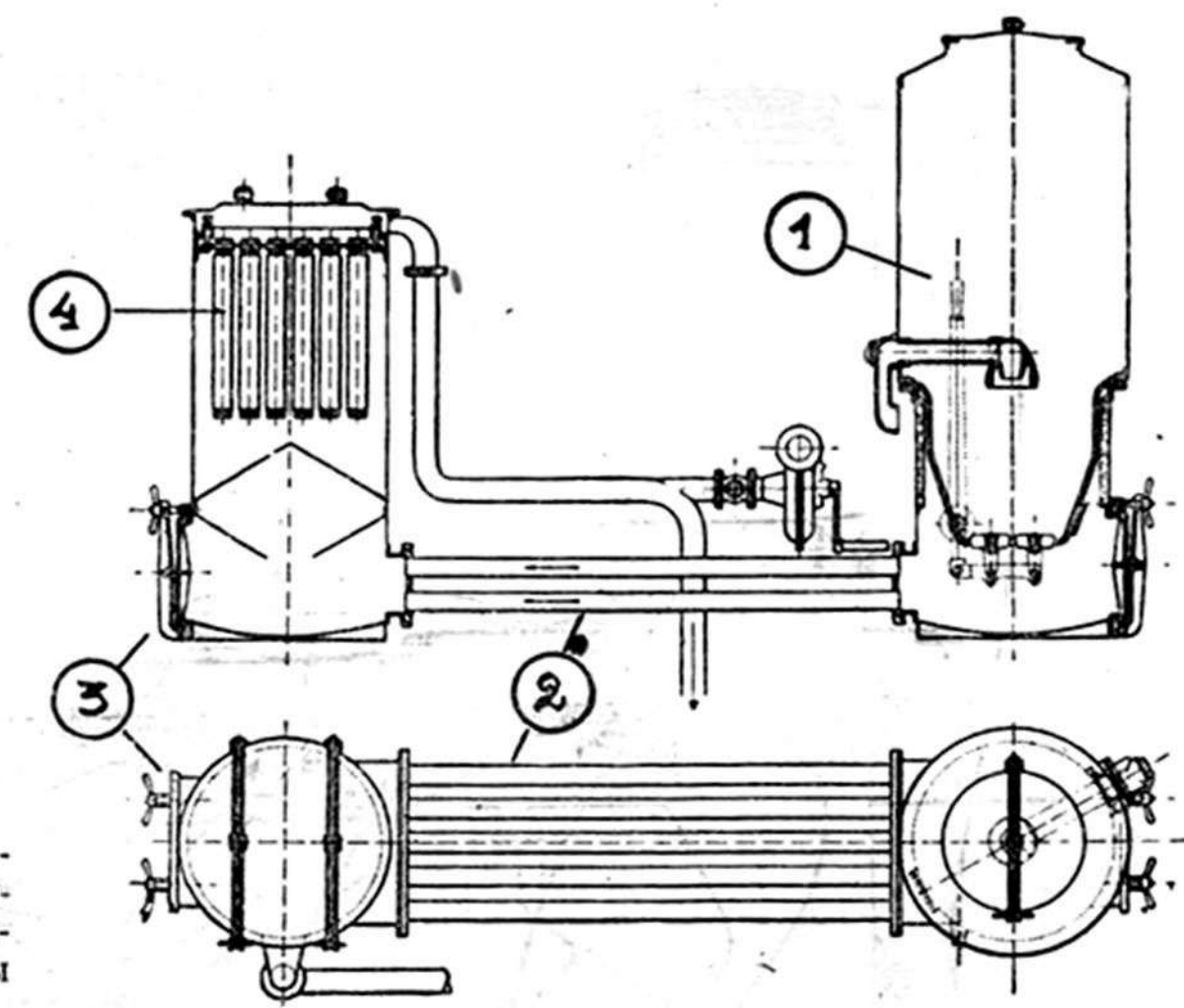


Рис. 45. Схема установки Рено. 1 — газогенератор; 2 — охладитель; 3 — пылеуловитель; 4 — фильтры

Что касается расположения охладителя, то трубы, его составляющие, могут помещаться в самых разнообразных местах машины и идти в разных направлениях. Желательно, однако, чтобы при расположении охладителя были по возможности выполнены условия последовательности перехода газа из одного прибора в следующий и возможного сокращения длины трубопроводов.

На рис. 44 показан вид охладителя газогенераторной установки системы Трактор. Охладитель состоит из круглых гладких труб с мало развитой поверхностью и помещен между генератором и очистителем, составляя, помимо своего прямого назначения, и соединительный трубопровод.

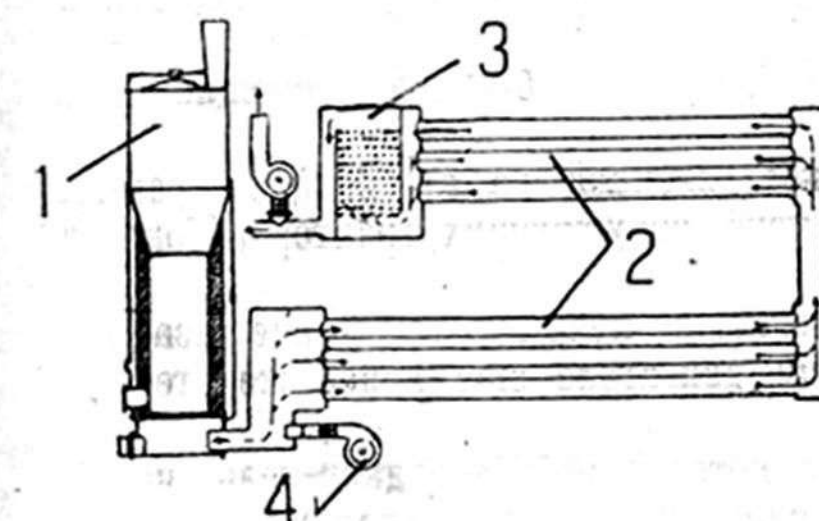


Рис. 46. Схема установки Вирзон. 1 — газогенератор; 2 — охладитель; 3 — очиститель; 4 — вентилятор

На рис. 45 изображен охладитель такого же типа, но уже с более развитой поверхностью труб. Охладитель этот составляет принадлежность газогенераторной установки Рено и представляет некоторое развитие первоначально применявшегося типа.

На рис. 46 показана схема охладителя газогенераторной установки Вирзон. Из схемы видно, что охладитель является специальным устройством, необходимость в котором ясно ощущается. Генератор Вирзон назначен для работы на дровах с влажностью до 20 проц., а в этом случае, как было указано раньше, охлаждение газа особенно важно для уменьшения потерь мощности двигателя.



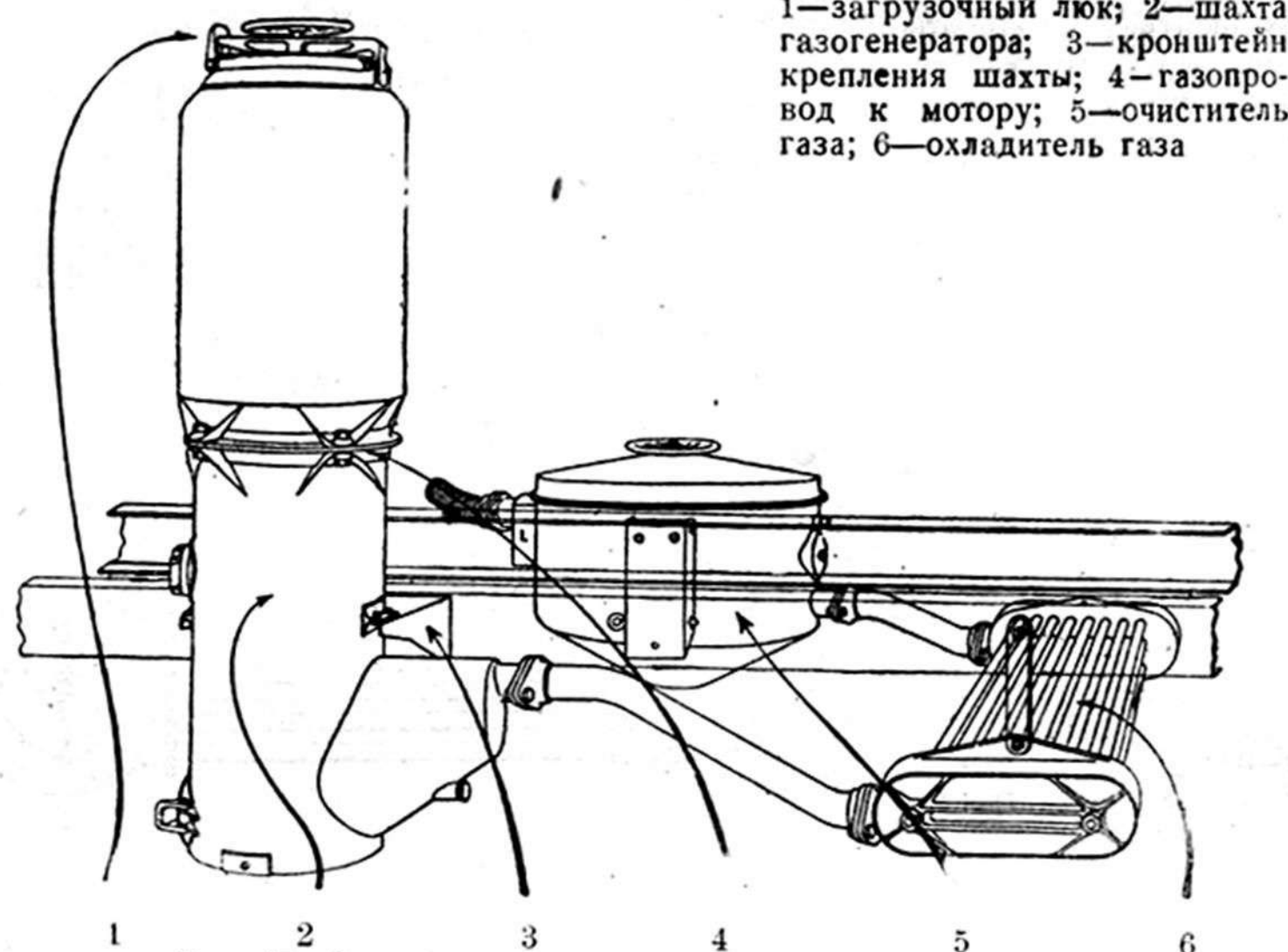


Рис. 47. Схема установки газогенератора ГЕПЕА

На рис. 47 показана схема главных частей газогенераторной установки ГЕПЕА, где поставлен специальный трубчатый охладитель с гладкими трубами и довольно сильно развитой поверхностью охлаждения.

Рис. 48 представляет разрез генератора одной из установок, представленных на конкурсе Автодора. Газ при выходе из камеры горения движется снизу вверх в кольцевом промежутке между стенками бункера и шахты, подогревая воздух, идущий в обратном направлении. При этом происходит охлаждение газа, который затем выходит из шахты через горизонтальные патрубки и поступает в охладитель, состоящий из шести ребристых труб диаметром 40 мм, общей длиной 7,3 м и четырех гладких труб общей длиной 2,5 м. Трубы расположены как вертикально, так и горизонтально.

На рисунке видны две вертикальные ребристые трубы, составляющие часть охладителя.

В газогенераторной установке Рено, поставленной на гусеничный трактор, охладитель состоит из длинных ребристых труб, окружающих трактор с боков и сзади.

Здесь уже видно стремление получить возможно лучшее охлаждение газа, так как большая потеря мощности в тракторном двигателе еще менее желательна, чем в автомобильном.

Для автомобиля средняя мощность, при которой работает двигатель, колеблется в пределах 30—40 проц. его нормальной мощности, между тем как для трактора средняя мощность достигает 65—70 проц. от нормальной, а иногда и выше.

На рис. 49 показана схема шведской современной газогенераторной установки, в которой охладитель газа помещен перед радиатором автомашины, а на рис. 50 — вид 6-тонного грузовика, на котором поставлена эта газогенераторная установка с охладителем.

Шведская фирма, изготовляющая газогенераторы, указывает на важность возможно большего охлаждения газа, и, по данным этой фирмы, охлаждение газа в ее машинах настолько совершенно, что температура охлажденного газа иногда подходит достаточно близко к температуре окружающего воздуха.

Образцом охладителя с трубами прямоугольного сечения может служить охладитель газогенераторной установки Автодор-1, описание которой помещено в гла-

ве 11. Трубы такого сечения имеют то преимущество, что при определенном объеме охладителя поверхность его получается наибольшей. Газ охлаждается за счет естественного омывания воздухом наружной поверхности труб. Опыт применения такого охладителя в газогенераторной установке на тракторе показал, что охладитель может давать хорошие результаты при размерах, хотя и довольно громоздких, но позволяющих сделать установку его на тракторе, не выходя из габаритов последнего.

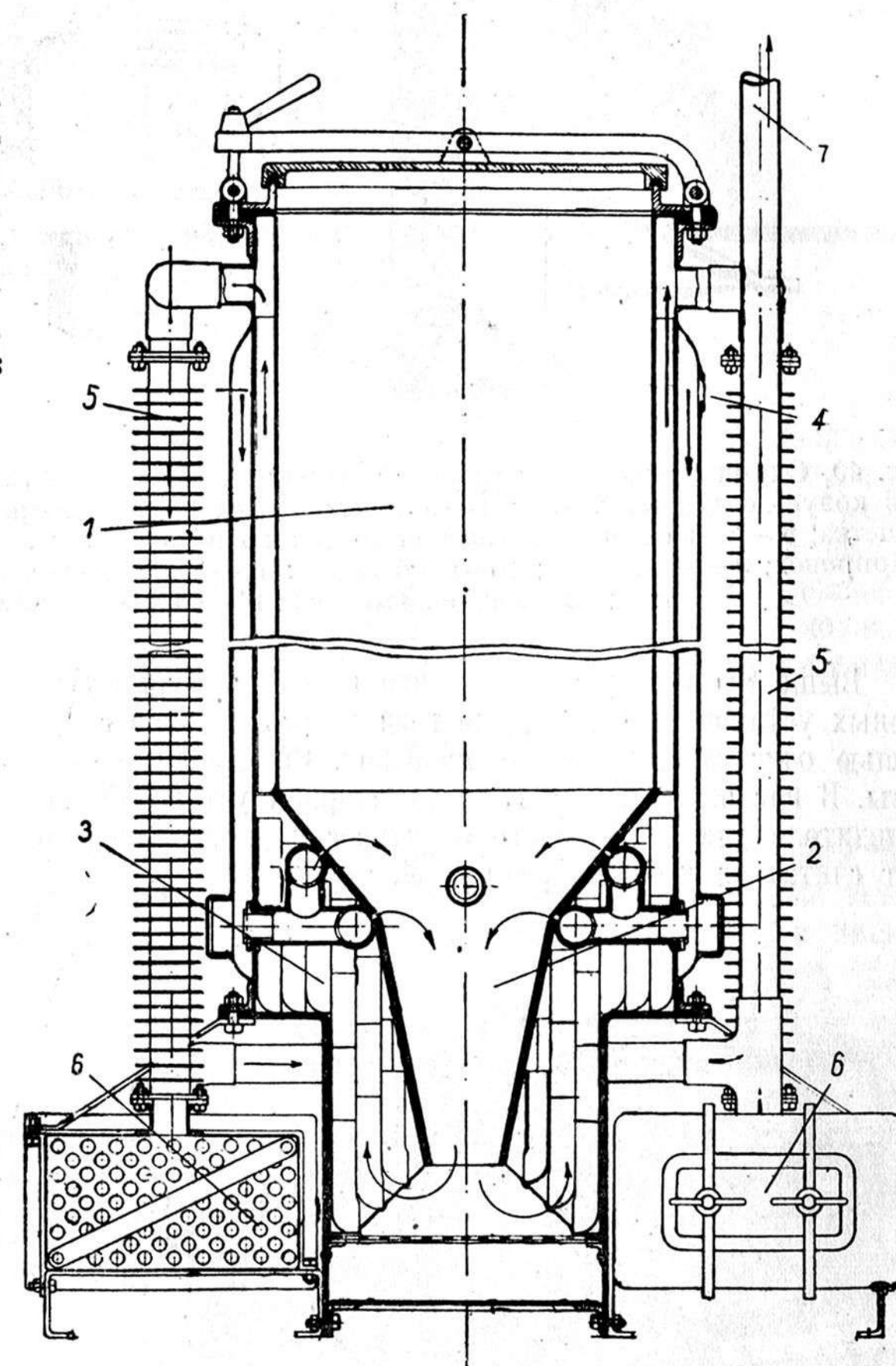


Рис. 48. Газогенератор НАТИ-4. 1 — шахта; 2 — топливник; 3 — катализаторы; 4 — вход воздуха; 5 — охладители газа; 6 — очистители газа; 7 — выход газа

### Конечная температура охлажденного газа

Приведенная выше таблица 18 показывает, что чем больше температура охлажденного газа приближается к температуре охлаждающего воздуха, тем меньше потери в мощности двигателя.

Однако слишком сильное охлаждение газа ведет к непомерному увеличению охлаждающей поверхности. Когда разница температур между газом и воздухом становится достаточно малой, то для дальнейшего охлаждения газа требуется прибавление очень значительной площади охладителя, что увеличивает его объем и вес сверх допустимых пределов. Ввиду этого в настоящее время считается наиболее рациональным вести расчет охлаждения таким образом, чтобы конечная температура газа превышала температуру охлаждающего воздуха не более чем на 25—30°. Требовать еще большего охлаждения газа трудно.



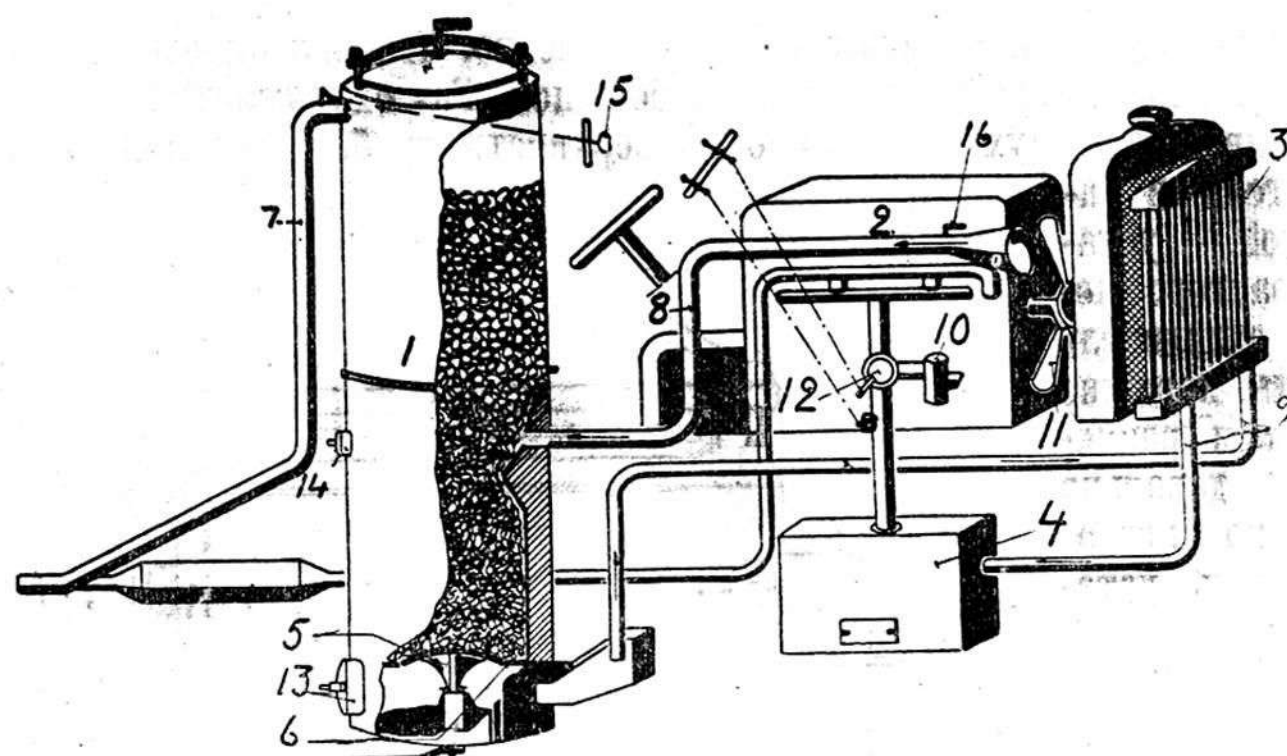


Рис. 49. Схема газогенераторной установки ОРЕБРО. 1—газогенератор; 2—приемный конус воздушной трубы; 3—охладитель газа; 4—очиститель газа; 5—колосниковая решетка; 6—ручка для встряхивания колосниковой решетки; 7—труба розжига; 8—воздухопровод; 9—газопровод; 10—карбюратор; 11—вентилятор для радиатора; 12—смеситель; 13—зольниковый лиск; 14—контрольный лючок

Выше мы уже указывали, что в первоначальных транспортных газогенераторных установках охлаждение газа велось попутно с другими установками с помощью очистителя и других приборов. Специальные охладители были мало развиты. В настоящее время газогенераторная установка, не имеющая специального охладителя для наибольшего практически достижимого охлаждения газа, не может считаться удовлетворительной.

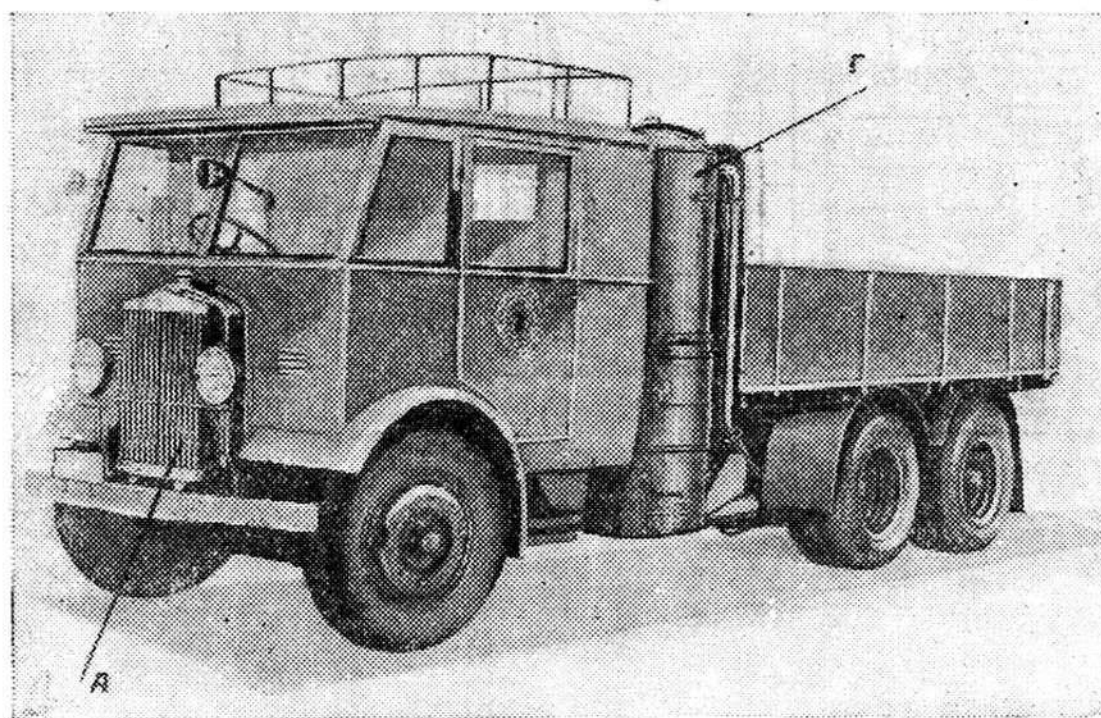


Рис. 50. Трехосный 6-тонный грузовик с газогенератором ОРЕБРО

Общие условия, которые должны быть приняты в расчет при проектировании современного охладителя для газа, следующие:

1. Охлаждение газа должно быть произведено до температуры, превышающей не более чем на  $25-30^{\circ}$  температуру охлаждающего воздуха.
2. Охладитель должен давать возможно меньшее сопротивление свободной циркуляции охлаждающего воздуха и прохождению газа при ограниченном практическими пределами объеме охладителя.
3. Охладитель должен быть удобен для обслуживания и периодической чистки.
4. Охладитель должен устанавливаться на машине без нарушения габаритов.
5. Охладитель должен быть прочен, прост в изготовлении и дешев.

## ГАЗООЧИСТИТЕЛИ

### Вредные примеси газа и их влияние на работу двигателя

Получаемый в газогенераторе газ всегда имеет вредные примеси, количество и состав которых зависит от вида топлива, конструкции генератора и процесса газообразования. Примеси эти, входя в двигатель, приводят к излишнему износу его движущихся частей, снижают его мощность и служат причиной неисправной работы двигателя и даже его остановки. Поэтому, прежде чем попасть в цилиндры двигателя, газ должен быть основательно очищен от вредных примесей с помощью приборов, входящих в состав установки и называемых газоочистителями.

Вредные примеси газа состоят из влаги, смолы и пыли.

#### Влага газа

Влажность неочищенного газа зависит, главным образом, от влажности топлива и в некоторых случаях может достигать  $250 \text{ г/куб. м}$  газа и даже выше. В нормальных условиях работы влажность газа значительно меньше, а именно от 50 до  $150 \text{ г/куб. м}$ .

Очищенный газ содержит такое количество воды, которое соответствует температуре насыщения очищающей среды. Температура охлажденного и очищенного газа составляет летом около  $70-80^{\circ}$ , причем влажность газа не может превышать  $200-250 \text{ г/куб. м}$  сухого газа. При охлаждении в зимних условиях температура газа составляет  $20-30^{\circ}$ , что соответствует содержанию водяных паров в количестве  $20-40 \text{ г}$  на  $1 \text{ куб. м}$  сухого газа.

Влага в газе может содержаться в виде водяных паров и в виде мелких водяных брызг (так называемая «механическая» влага). Механической влагой газ может обогатиться в газоочистителях (главным образом водяных) и в газопроводах холодильника от конденсации водяных паров.

Содержание влаги в виде водяных паров не влияет на теплотворную способность газа. Каждые  $10 \text{ г}$  механической воды, приходящиеся на  $1 \text{ куб. м}$  сухого газа, уменьшают его рабочую теплотворную способность на  $6 \text{ кал.}$  При этом понижается теплотворная способность горючей смеси и уменьшается температура горения, в результате чего падает мощность двигателя. С повышением влажности увеличивается количество продуктов сгорания на  $1 \text{ куб. м}$  сухого газа, что вызывает излишние потери в выхлопных газах двигателя, а следовательно, снижает его коэффициент полезного действия.

Таблица 19 дает картину влияния влажности на теплотворную способность газа, на температуру горения и мощность двигателя. Цифры подсчитаны для принятого состава и теплотворной способности сухого газа.

В большинстве транспортных установок влажность газа перед охладителем составляет около  $10-20 \text{ проц.}$ , что соответствует примерно  $100-200 \text{ г}$  на  $1 \text{ куб. м}$  газа.



Таблица 19

Название величины	Разм.	Влажность газа в г на 1 куб. м									
		0	10	20	40	80	100	150	200	250	300
Теплотворная способность рабочего газа	Кал.	1 355	1 340	1 311	1 301	1 232	1 199	1 140	1 085	1 030	985
Теплотворная способность сухого газа, считая влагу механической . . . . .	„	1 355	1 349	1 343	1 331	1 307	1 295	1 265	1 235	1 205	1 175
Теплотворная способность рабочей смеси	„	605	600	595	595	580	580	560	545	530	520
Температура горения	В град. Ц	1 490	1 480	1 470	1 455	1 415	1 400	1 360	1 320	—	—
Снижение теплотворн. способн. газа . . .	В %	0	1,1	3,2	4,0	9,1	11,5	15,9	20,0	24,0	27,4
Падение мощности двигателя по отношению к бензину .	„	9	10	12	13	18	20	23	27	32	34

## См о л а

Наиболее нежелательной примесью газа является смола. Смолистые примеси представляют собой смесь многочисленных составных частей, имеющих точку кипения от 70 до 350°. Эти примеси начинают выделяться из газа при температурах выше 250° и, осаждаясь на стенках газопрохода твердым стойким налетом блестяще черного цвета, быстро заполняют его сечение. Смоляной налет, осаждающийся на тарелках и штоках всасывающих клапанов, заклинивает их, уничтожает плотность клапанов, что выводит из строя двигатель. Более легкие фракции смол, проникнув в цилиндры двигателя, оседают на свечах, стенках камеры сжатия и поршне в виде твердого нагара и могут заклинить (часто почти намертво) поршень.

Удалить смолистый налет очень трудно; практически возможно это сделать только выжиганием.

Отсутствие длительных эксплуатационных и лабораторных наблюдений над работой двигателя, питаемого газом со смолистыми примесями, не дает пока возможности определить максимально допустимое количество смол в газе, практически не влияющее на работоспособность двигателя.

Короткие опыты, проведенные УралЦНИЛИ (Уральский научно-исследовательский лесной ин-т) с газогенераторной установкой системы Берлие, показали, что содержание смолистых примесей в количестве 0,55—0,60 г на 1 куб. м газа практически не оказывает вредного влияния на двигатель. Для стационарных газовых двигателей допустимой цифрой содержания в газе смолистых примесей считают 0,5 г на 1 куб. м газа.

## Пы л ь

Пыль, загрязняющая газ, состоит в основном из мельчайших частиц золы, шлака, материала обмуровки топливника, кремнистых частиц, попадающих в газогенератор вместе с топливом, и кусочков топлива. Пыль, попадая в цилиндры двигателя, осаждается на штоках и тарелках клапанов и, смешиваясь со смазочным маслом, способствует быстрому истиранию движущихся частей. Быстрый износ частей двигателя, вызываемый разрушающим действием пыли, увеличивает

расход на ремонт, вызывает падение мощности и может совершенно вывести из строя машину.

Опыты показали, что некоторые газогенераторные установки, имевшие плохую очистку газа, выводили из строя двигатели через одну тысячу километров пробега.

Изучением влияния дорожной пыли на работу двигателя занимался немецкий профессор Дюль, который пришел к следующим выводам:

1. Величина износа пропорциональна количеству засасываемой двигателем пыли, причем тонкая пыль оказывает такое же действие, как и грубая.

2. Один грамм пыли, попадая в цилиндр, увеличивает их диаметр на 0,01 мм, или один грамм пыли истирает стенки цилиндра в среднем на 2,3 г.

3. Износ всех поршневых колец от одного грамма пыли выражается в 0,75 г.

4. Износ, вызываемый одним граммом пыли, попадающим в цилиндры, влечет за собой падение мощности на 0,5 проц.

Эти выводы, относящиеся к дорожной пыли, могут быть применимы и для газогенераторной пыли, более опасной. Помимо вредного влияния на двигатель, пыль весьма нежелательна с точки зрения очистки газа от влаги и смолистых примесей, которые, конденсируясь на пылинках, вместе с ними уносятся, даже при низких температурах газа, в двигатель. Допустимое содержание в газе пыли для транспортных установок пока точно не выяснено. Ряд французских испытаний и пробегов газогенераторных автомобилей показал, что содержание пыли от 0,06 до 0,15 г на 1 куб. м газа не оказывает заметного влияния на двигатель. Содержание пыли в газе, питающем мощные стационарные газовые двигатели, колеблется около 0,03—0,05 г на 1 куб. м газа, и его стремятся снизить до 0,015 г на 1 куб. м газа.

Таким образом к результатам французских испытаний надо относиться с осторожностью и считать нежелательной примесь пыли в размере свыше 0,03 г на 1 куб. м газа.

Размер пылинки, летящей с газом в двигатель, обычно колеблется от 0,005 до 0,01 мм в поперечнике.

## Способы очистки газа

Очистка газа транспортного газогенератора производится по трем направлениям:

1. Обессмоливание газа.
2. Осушение газа.
3. Обеспыливание газа.

Все три процесса очистки неразрывно связаны друг с другом, являясь дополнением один другого.

## Обессмоливание газа

В случае газификации топлива, богатого летучими (дрова, торф и т. д.), самой радикальной мерой борьбы со смолой является метод термического разложения смолистых погонов, получаемых в зоне сухой перегонки топлива.

Опрокинутый процесс дает возможность смолам действовать в нем, обогащая газ горючими частями и повышая его теплотворную способность. Сам по себе процесс опрокинутой газификации не дает, однако, полного разложения смол. Содействием этому процессу могут оказать следующие дополнительные меры:

1. Повышение температуры сухой перегонки топлива для получения более легких смолистых фракций перегонки.
2. Интенсивное ведение процесса горения с помощью высокого подогрева воздуха и полного охвата им поверхности горения.
3. Увеличение времени пребывания в восстановительном слое смолистых погонов, что осуществляется увеличением высоты топливника, диаметра восстано-



вительного пояса или созданием дополнительных слоев угля, расположенного вокруг топливника.

4. Создание дополнительных зон разложения смол в присутствии катализаторов (необожженный фарфор или кокс) с частичным сжиганием газа и без него.

Все эти меры, значительно снижая процент смолы в газе, все-таки не могут уничтожить его полностью. В зависимости от влажности топлива, содержания в нем летучих погоней и нагрузки газогенератора, газ всегда имеет смолы в том или ином количестве. Так, опыты УралЦНИЛИ с газогенератором Берли показали, что содержание в газе смол в зависимости от влажности дров находится в пределах от 12,6 г на 1 куб. м газа при влажности чурок 11,5 проц. до 23,3 г на 1 куб. м газа при влажности чурок 32 проц.

Эти смолистые остатки, обычно имеющие низкую температуру кипения, улавливаются вместе с водой в холодильнике и очистителях.

#### Осушение газа

Осушение газа производится следующими методами: 1) охлаждением и конденсацией водяных паров; 2) удалением механической влаги в поглотителях; 3) осушкой топлива; 4) отбором воды из бункера газогенератора.

Первый способ широко используется в транспортных установках с двойной целью: повысить объемное наполнение двигателя и его мощность, снижая температуру газозооушной смеси, и осушить газ.

Этот способ осуществляется в специальных холодильниках газа, где влажность доводится до состояния насыщения, и пары в виде капель оседают на охлаждающих поверхностях, постепенно скатываясь вниз и собираясь в специальных водоприемниках. Момент начала конденсации, называемый точкой росы газа, обычно наступает при температуре 40—80° и зависит от первоначальной влажности газа. Вместе с водой обычно конденсируются и пары смолы, образуя так называемую подсмольную воду. В практике охладить газ удается не ниже чем до 30—40°, следовательно, в газе будет всегда некоторое количество паров воды, соответствующих насыщению при температуре охлаждения.

Второй способ служит для поглощения конденсата и механической воды газа. Он осуществляется в очистителях, где вода поглощается различными пористыми материалами — древесная стружка, пробка, солома и т. д.

Третий способ, по видимому, наиболее радикальный и дешевый, осуществляется использованием для газификации сухого или специально высушенного топлива.

Четвертый способ стал употребляться только в последнее время и он только косвенным образом служит делу осушения газа. Главная его цель — улучшить процессы в газогенераторе.

#### Обеспыливание газа

Наиболее трудной задачей является удаление из газа тонких, мельчайших частиц пыли, наносящих огромный вред двигателю.

Выделение пыли из газа производится разными способами, часто совмещающими очистку от пыли с поглощением воды и очисткой от смол. Все эти способы можно свести в следующие четыре основные группы:

1. Сухое фильтрование горячего или осушенного газа.
2. Фильтрование газа через материалы, пропитанные или смоченные водой и маслом.
3. Промывка газа водой или маслом.
4. Динамическая очистка газа.

#### Требования, предъявляемые к газоочистителю

Правильно сконструированный очиститель должен обладать следующими показателями:

1. Очиститель должен освобождать газ от вредных примесей всех видов.

2. Очистка газа должна быть настолько полной, чтобы остатки примеси не могли оказывать заметного вредного действия на работу двигателя.

3. Сопротивление просасыванию газа через очиститель должно быть возможно малым.

4. Очиститель должен быть простой, компактной, легкой конструкции, хорошо вписываться в габариты машины и удобно обслуживаться.

5. Очиститель должен быть надежен в работе и дешев.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗООЧИСТИТЕЛЕЙ

В зависимости от применяемого способа очистки газа очистители транспортных газогенераторных установок можно разбить на следующие основные группы:

1. Жидкостные очистители (промыватели).

2. Поверхностные очистители:

а) без специального увлажнения поверхностей,

б) с увлажнением поверхностей,

в) самоочищающиеся.

3. Сухие фильтры.

4. Динамические очистители:

а) отстойники,

б) инерционные,

в) центробежные.

#### Жидкостные очистители (промыватели)

В зависимости от рода применяемой жидкости очистители разделяются на водяные, масляные и т. д. Жидкостные очистители обычно ставятся с газогенератором прямого или горизонтального процесса и требуют предварительного охлаждения газа, так как в противном случае жидкость начнет испаряться.

Транспортные очистители газа работают на принципе статической промывки, т. е. газ мелкими пузырьками проходит через жидкость, оставляя в ней механические примеси.

Промыватели имеют ряд отрицательных сторон и в наших условиях большим распространением пользоваться не могут. Их недостатки следующие:

1. Очищающая жидкость загрязняет газ (увлажнение, захват масляных капель и т. д.). Для устранения этого недостатка газ после промывки проходит фильтрующий материал. Обычно газ проходит через несколько слоев жидкости, чередующихся с фильтрами.

2. Промыватели не могут дать хорошей очистки, так как пузырек газа, проходя сквозь жидкость, омывается ею только с поверхности и, имея внутри частицы пыли или смолы, может свободно пронести их через очиститель в двигатель. Измельчением пузырьков и увеличением числа ходов газа через жидкость можно несколько улучшить очистку, но с одновременным повышением сопротивления.

3. В климатических условиях наших северных районов мокрый очиститель может перестать работать вследствие замерзания воды, обледенения фильтрующих материалов и сгущения масла.

4. Очиститель требует тщательного и внимательного ухода, дорог и тяжел.

Типичным представителем жидкостного очистителя (промывателя) является очиститель установки Автогаз (рис. 24).

Очиститель Автогаз представляет овальную коробку, связанную из тонкой листовой стали и разделенную вертикальными перегородками на две камеры. Снизу обе камеры имеют горизонтальную решетку. Первая, большая, камера наполняется водой до уровня контрольного краника. Сверху решетки помещается слой пробковой стружки. Вторая камера, меньшая, заливается смесью отработанного масла и керосина, а поверх решетки помещается слой проволоочных спиралей (рис. 51).



Газ вступает в газоприемный колокол первой камеры, открытый снизу и погруженный в воду. Для направления газовых струй колокол имеет три вертикальные перегородки, не достигающие доверху. Нижняя кромка колокола имеет волнистое очертание для разбивания газа на мелкие струйки. Проходя сквозь слой воды, газ промывается и мелкими пузырьками поднимается вверх через решетку в слой пробки. Пробка служит для поглощения захваченной газом воды и задерживания частиц смол и пыли (поверхностная очистка).

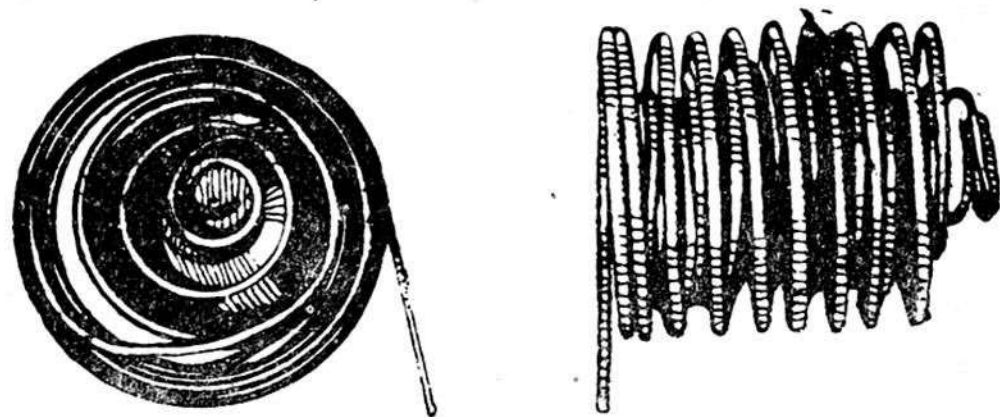


Рис. 51. Проволочные спирали очистителя

Из первой камеры по каналу, образуемому двумя вертикальными листами, из которых первый имеет сверху отверстия, а второй не доходит до дна, газ вступает во вторую камеру, где, пройдя через слой масла с керосином и проволочные спирали, получает окончательную, более тонкую очистку. На спиралях осаждаются захваченные газом капли масла и оставшиеся после первой очистки частицы смол и пыли. По мере накопления они стекают вниз, чем осуществляется так называемая самоочистка поверхностей осадения пыли.

Очиститель, испытывавшийся в Тимирязевской академии инж. Карнеевым, имел следующую характеристику:

1. Объем всего очистителя — 105,0 л.
2. Объем большого отделения — 85,0 л.
3. Объем, занимаемый пробками — 35,0 л.
4. Объем, занимаемый водой — 24,0 л.
5. Объем малого отделения — 16,7 л.
6. Объем, занимаемый спиралями — 7,4 л.
7. Объем, занимаемый смесью масла и керосина — 5,2 л.
8. Вес очистителя — 83,1 кг.
9. Вес пробковых стружек — 1,0 кг.
10. Вес спиралек — 6,2 кг.
11. Вес смеси из керосина и масла — 4,5 кг.

Десятичасовые наблюдения за работой этого очистителя дали возможность сделать следующие выводы:

Воду первой камеры задерживаются: твердые примеси газа в количестве около 8,1 г на литр, уксусная кислота — 0,1 г на литр, зола — около 2,6 г на литр, смола — около 4,6 г на литр.

Смесь керосина с маслом задерживает влагу и золу, количество которых за 10 часов повышалось: влаги с 0,29 до 0,61 проц.; золы — с 0,018 до 0,139 проц.

#### Поверхностные очистители

Очистка газа поверхностными очистителями заключается в следующем: газ омывает поверхности разных очищающих материалов, на которых остаются липкие примеси, главным образом смола и вода. Осажденные примеси способствуют выделению из газа пыли. С этой же целью производят искусственное увлажнение очищающих поверхностей, причем это увлажнение может производиться автоматически во время работы очистителя с последующей самоочисткой очищающего материала.

Поверхностные очистители дают хорошую очистку газа в начале работы, но по мере накопления пыли на очищающих поверхностях очистка ухудшается и начинается загрязнение газа задержанной пылью. Для устранения этого приходится

прибегать к частой очистке материалов или увеличивать очищающие поверхности, а вместе с тем объем и вес очистителей, что для подвижных установок нежелательно.

#### Виды очищающих материалов и их характеристика

##### Кокс

Одним из видов очищающих материалов является мелко раздробленный, хорошо промытый, высушенный, просеянный и свободный от пыли кокс.

Но кокс требует сравнительно большого объема очистителя, а потому в подвижных газогенераторных установках он широкого применения не получил.

##### Кольца Рашига

Кольца Рашига представляют мелкие металлические или фарфоровые полые цилиндрики размером примерно  $10 \times 10$  мм. При сравнительно небольшом объеме они дают значительную поверхность и легко очищаются от приставших к ним частиц примесей.

##### Растительное волокно

Растительное волокно имеет довольно широкое применение в очистителях, но требует сильного охлаждения газа и регулярного ухода (промывка массы). При сравнительно небольшом сопротивлении очиститель с растительным волокном показывает высокую степень очистки газа. Недостатком этого материала являются малая прочность его и быстрота износа.

##### Металлическая сетка

Компактная и легкая конструкция из сеток дает худшую очистку, чем растительное волокно. Сетки требуют частого очищения, внимательного ухода и чаще всего ставятся в самоочищающихся конструкциях. Сетка обычно имеет 1600 отверстий на 1 кв. см.

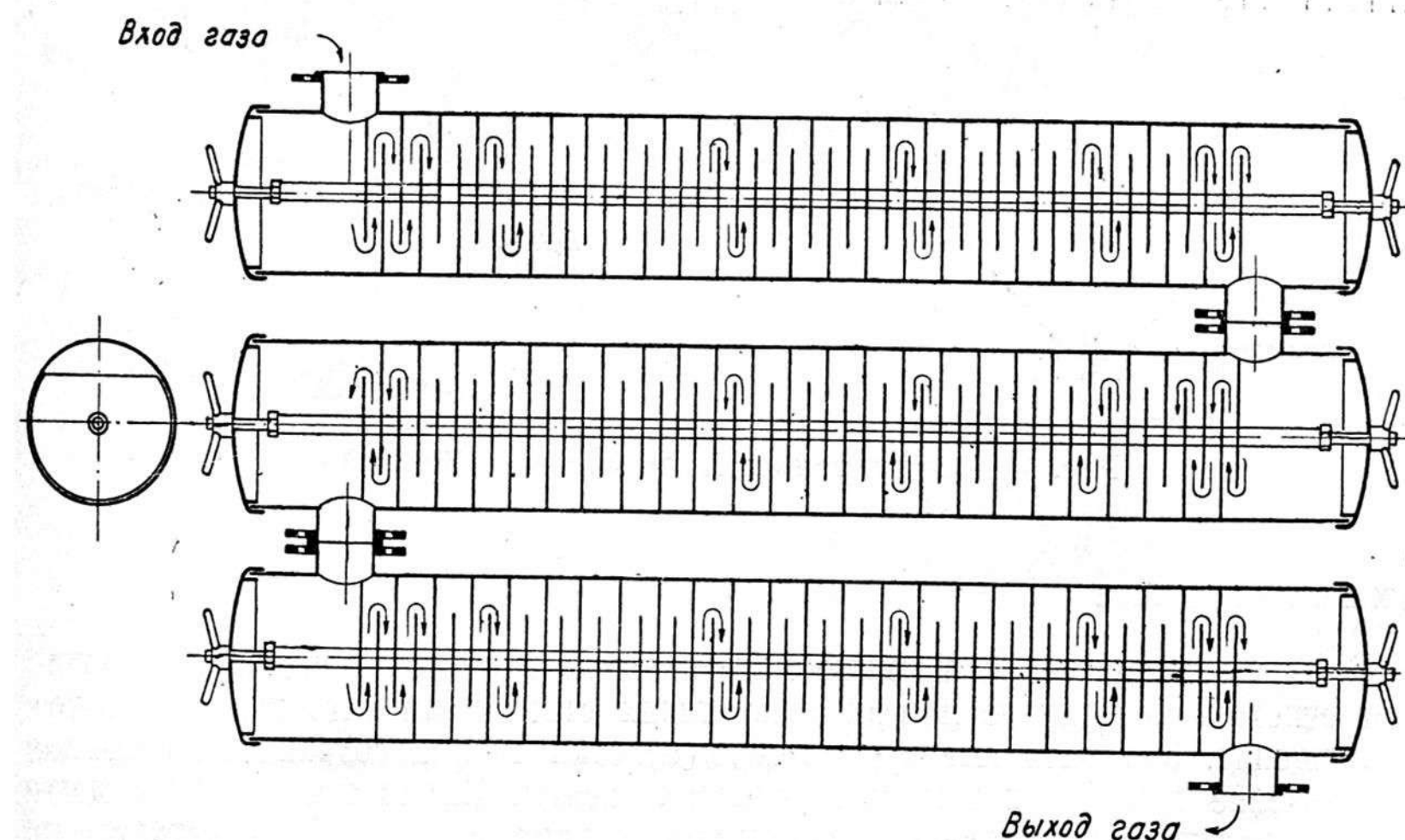


Рис. 52. Газоочиститель газогенератора Пионер Д-7



Металлическая витая лента, проволока, металлический волос или шерсть

Этого рода материалы часто применяются для очистителей благодаря своей дешевизне, компактности, прочности, долговечности. По качеству очистки они занимают среднее место между растительным волокном и сеткой. Из них на первое место надо поставить металлический волос и шерсть, обладающие большими поверхностями при малом занимаемом ими объеме.

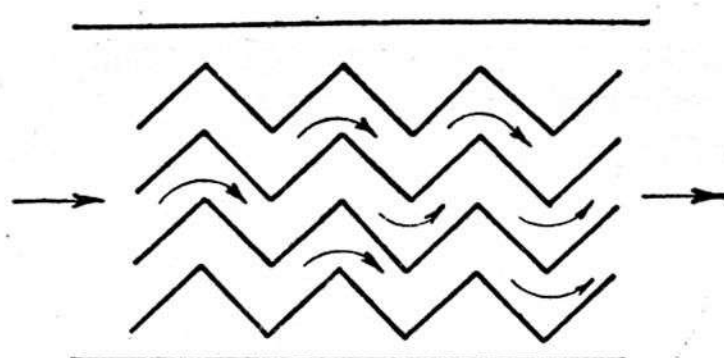


Рис. 53. Гофрировка поверхностей очистителя Автодор-1

### Металлические пластины

Желание получить сравнительно хорошую очистку при небольших сопротивлениях очистителя вызвало появление поверхностных очистителей с рядом перегородок (рис. 52) или параллельных стенок, имеющих гофрировку (рис. 53). По степени очистки эти приборы приближаются к сетчатым типам, а потому обычно применяются совместно с другими видами очистителей, выполняя грубую очистку.

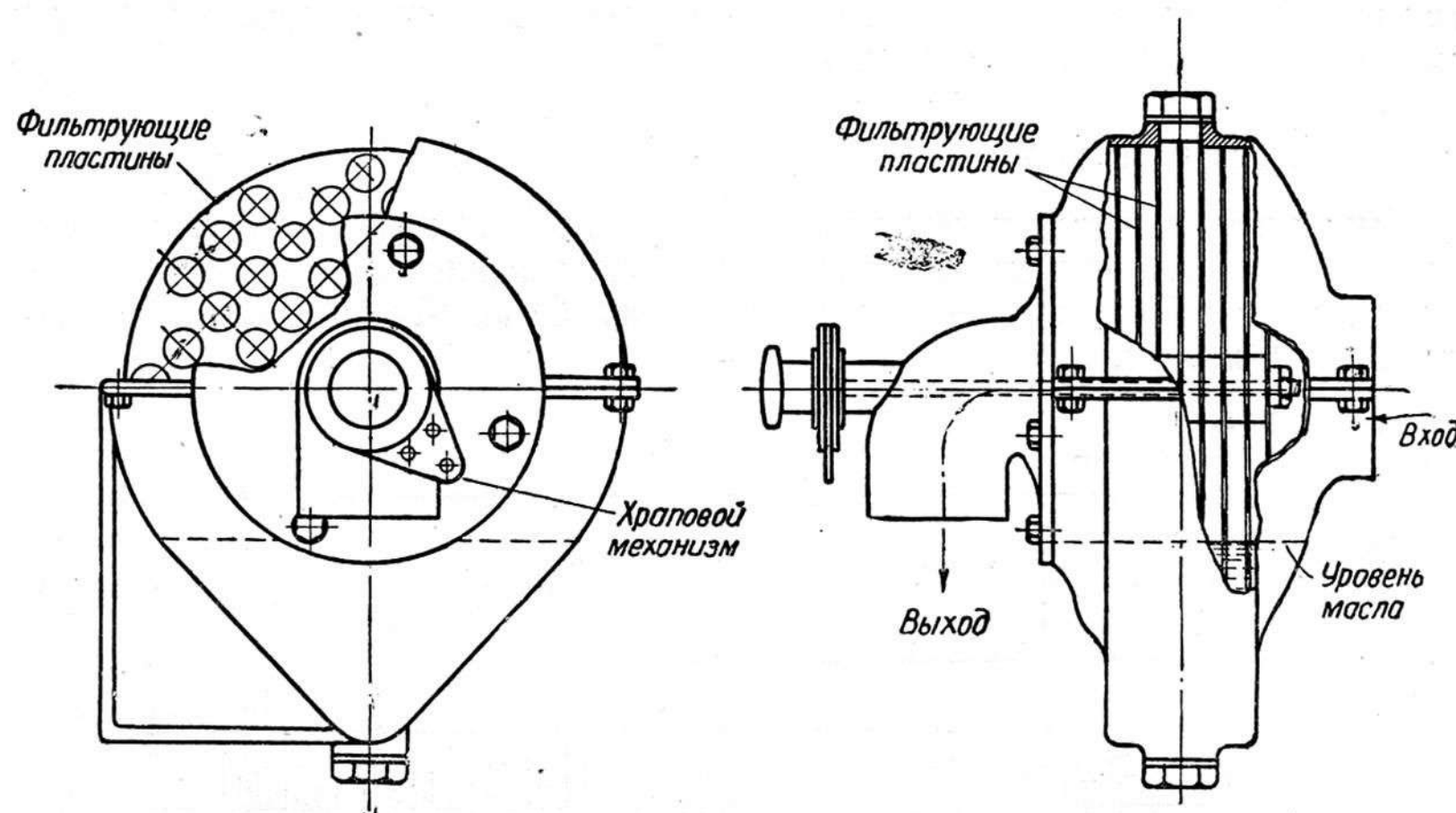


Рис. 54. Воздухоочиститель системы ВИСКО

### Самоочищение

Все перечисленные очищающие материалы по мере загрязнения резко ухудшают очистку. Поэтому во многих очистителях стали применять так называемое самоочищение. Это дает высокую степень очистки газа и сохраняет постоянное сопротивление при самых тяжелых условиях работы. Недостатками самоочищающегося очистителя являются его значительные размеры и необходимость строго определенного положения. Подобные очистители изготавливаются из самых разно-

образных материалов, включая и перечисленные выше. Способность хорошо очищать газ сохраняется у самоочищающихся очистителей до тех пор, пока происходит хорошее смывание очищающих поверхностей.

Самоочищение осуществляется двумя способами:

1. Принудительным вращением очищающего материала в омывающей его жидкости.
2. Разбрызгиванием очищающей жидкости газом с целью обмывания очищающих поверхностей.

Первый способ осуществлен в воздухоочистителе ВИСКО (рис. 54), состоящем из алюминиевого корпуса, внутри которого на оси насажен ряд дисков с отверстиями, расположенными в шахматном порядке по отношению к отверстиям на соседних дисках. С помощью храпового механизма, соединенного тягой с педалью акселератора, диски периодически вращаются при применении акселератора. В других конструкциях диски вращаются или вручную или от удара газовых струй.

Второй способ самоочистки осуществлен в очистителе Автогаз, описание которого приведено выше.

### Конструкция поверхностных очистителей

Очиститель Панар-Левассор (рис. 55) представляет комбинацию поверхностного очистителя с фильтром. Очиститель состоит из трех частей: нижней, которая является приемником газа и резервуаром для сбора масла; средней, наполненной измельченным и хорошо просеянным коксом, являющейся собственно поверхностным очистителем, и третьей части, где помещен фланельный фильтр, производящий окончательную очистку газа.

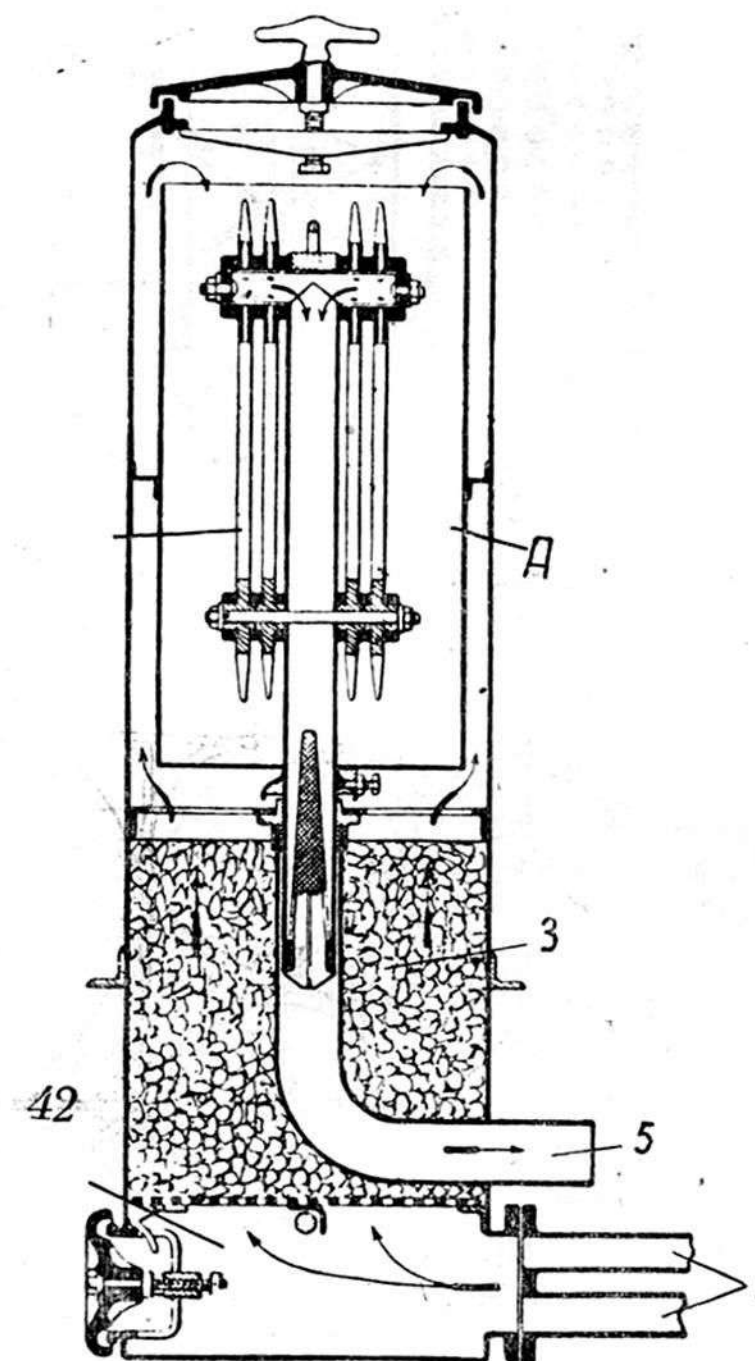


Рис. 55. Комбинированный поверхностный очиститель Панар-Левассор. 1 — вход газа; 2 — приемник газа и резервуар для сбора грязи; 3 — слой кокса; 4 — фланельный фильтр; 5 — выход газа



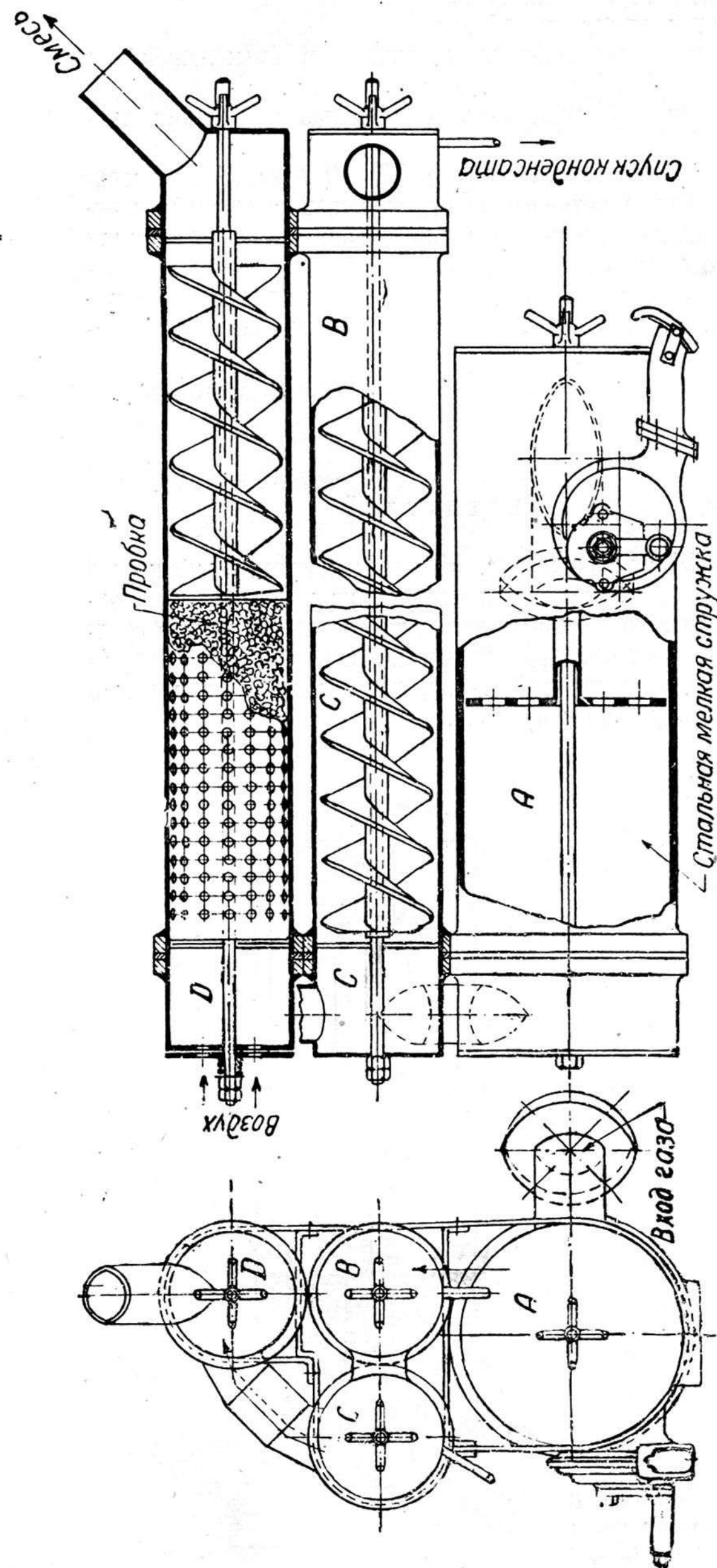
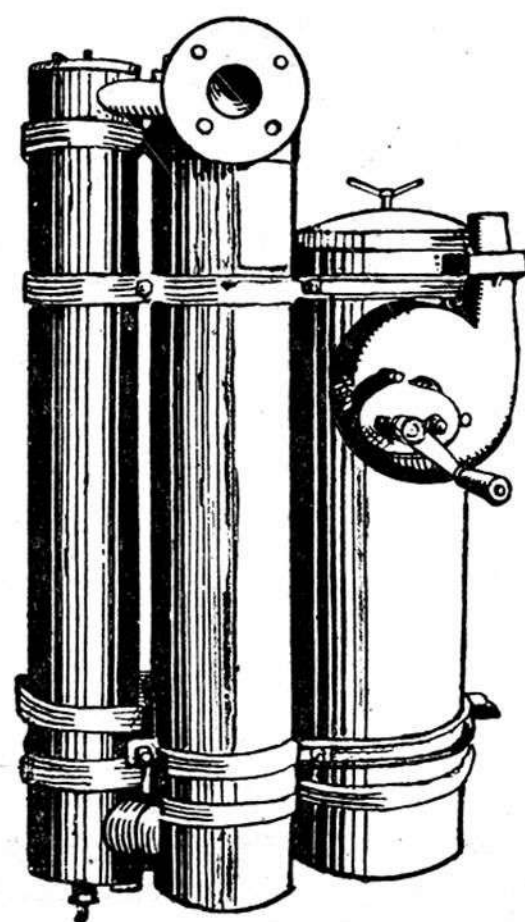


Рис. 56. Схема очистителя газогенераторной установки САГАМ

Рис. 57. Общий вид очистителя САГАМ



Фильтр состоит из трех замкнутых колец, соединенных с трубой. На концах натянута фланель. Вокруг фильтра устроен кожух (А), имеющий два назначения: 1) дать газу направление сверху вниз, что обеспечивает полный охват материала фильтра газом; 2) служить приемником пыли, спадающей во время встряхивания, и не дать ей возможности падать вниз, засорять кокс и загрязнять газ.

Очиститель Рекс (рис. 26, глава 5). По принципам работы и по конструкции очиститель Рекс похож на предыдущий. Интересным в этой конструкции является сухой фильтр, о котором будет сказано ниже.

Очиститель Сагам (рис. 56). Характерным представителем поверхностного очистителя служит очиститель Сагам, состоящий из системы четырех цилиндрических очистителей, сваренных друг с другом. Первый цилиндр (А) наполнен мелкой стальной стружкой, помещенной между двумя дисками, легко вынимаемыми для чистки через торцевой круглый люк. В два следующих цилиндра меньшего диаметра (С) и (В) вставлены наборы из винтообразно расположенных пластин, также вынимаемых для очистки через торцевые круглые лючки. В четвертом цилиндре (D) имеется пробка, помещенная в дырчатый или проволочный кожух, и набор пластин, как во втором и третьем цилиндрах. Кожух с пробкой и набор пластин сидят на одном стержне и могут через торцевой люк выниматься для чистки. Четвертый цилиндр одновременно выполняет роль очистителя и смесителя газа с вторичным воздухом, поступающим через регулируемый клапан. Все цилиндры соединены трубками с небольшим резервуаром (на рисунке не показано), куда отводится конденсирующаяся на стенках влага. Резервуар конденсата сообщен со всасывающей трубой двигателя; разрежение в этой трубе облегчает соби́рание воды в резервуаре.

Газ поступает в первый цилиндр и, проходя через стальную стружку, получает первую грубую очистку, дополняемую винтовыми поверхностями, на которых конденсируются влага и смола. Окончательная очистка газа вместе с первичным воздухом осуществляется в четвертом цилиндре.

Рис. 57 изображает общий вид очистителя Сагам. Громоздкость, большой вес и требования тщательного ухода не дают возможности предполагать, что этот тип очистителя получит большое распространение. С винтовой поверхности очистителя оседающая сверх нормы пыль легко сдувается газом и одновременно загрязняет его, поэтому винтовые поверхности могут применяться только при условии тщательного ухода за ними.

Очиститель Автодор-І. В качестве представителя сухого поверхностного очистителя с двумя ступенями очистки приводится очиститель Автодор-І, описанный в главе 11 и схематически изображенный на рис. 111.

Очиститель Вортонс (Помона). Характерным представителем самоочищающегося поверхностного очистителя может служить воздухоочиститель Вортонс (рис. 58), по принципу которого осуществлен целый ряд очистителей газа.

Очиститель имеет вид цилиндра (2) высотой около 500 мм и диаметром 200 мм с флянцем (1 и 9). Неочищенный воздух всасывается через патрубок (3), расположенный таким образом, что воздух получает вихревое движение. В вихревой камере (6) большая часть крупных тяжелых частиц отбрасывается к стенкам, откуда они смываются в чашку (4) и падают в масляный резервуар (10). Налитое в резервуаре (10) масло (13) приводится в быстрое вращение действием круговорота воздуха и разбрызгивается в мелкие капли. Масляные капли, подхваченные вихрем воздуха, разбрасываются по всей вихревой камере (6). Часть их оседает на стенках камеры и, смывая осевшую здесь пыль, стекает вниз. Другая часть капель уносится вместе с воздухом вверх в поверхностный очиститель (8), наполненный металлическим волосом, который покрывается тонкой пленкой масла. Легкие пылинки, вместе с воздухом и маслом, осаждаются на огромной поверхности, прилипая к пленке масла, и по мере накопления вместе с маслом стекают вниз в резервуар (10).



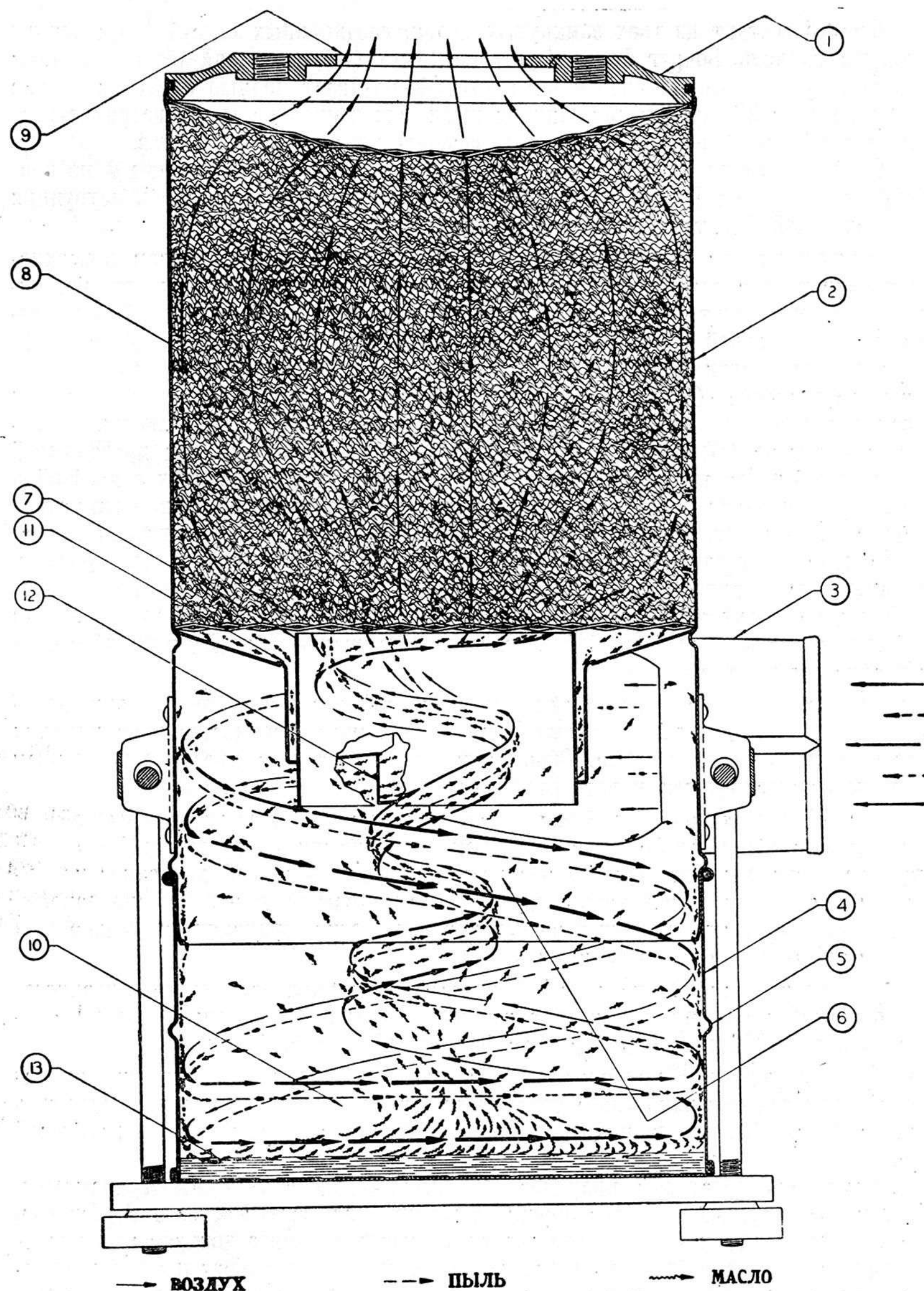


Рис. 58. Воздухоочиститель Вортокс. 1 — фланец воздухоочистителя; 2 — корпус воздухоочистителя; 3 — входная воздушная труба; 4 — чашка очистителя; 5 — уровень наполнения чашки маслом; 6 — вихревая камера; 7 — внутренний цилиндр перегородки; 8 — проволочный фильтр; 9 — выход воздуха; 10 — масляный резервуар; 11 — возвратная труба; 12 — отверстие возвратной трубы; 13 — осадочные слои.

Для обеспечения плавного стекания грязного масла в центре камеры устроена возвратная труба (11). Нижний конец этой трубы обрезан по винтовой линии и имеет загиб, плотно примыкающий к наружной поверхности внутренней стенки

трубы (7). Грязное масло через отверстие (12), образуемое между началом и концом винтового канала (11), стекает в вихревую камеру. Входящий в этом же месте воздух подхватывает грязные капли масла и отбрасывает их на стенки камеры. Это не дает возможности грязному маслу перемешиваться с чистым. Подобного типа очистители устанавливаются на тракторах СТЗ, ХТЗ и ЧТЗ для очистки воздуха.

Рис. 59 дает представление о приспособлении подобного фильтра для очистки газа в газогенераторной установке СЖ-2. Очиститель Помона переделан только

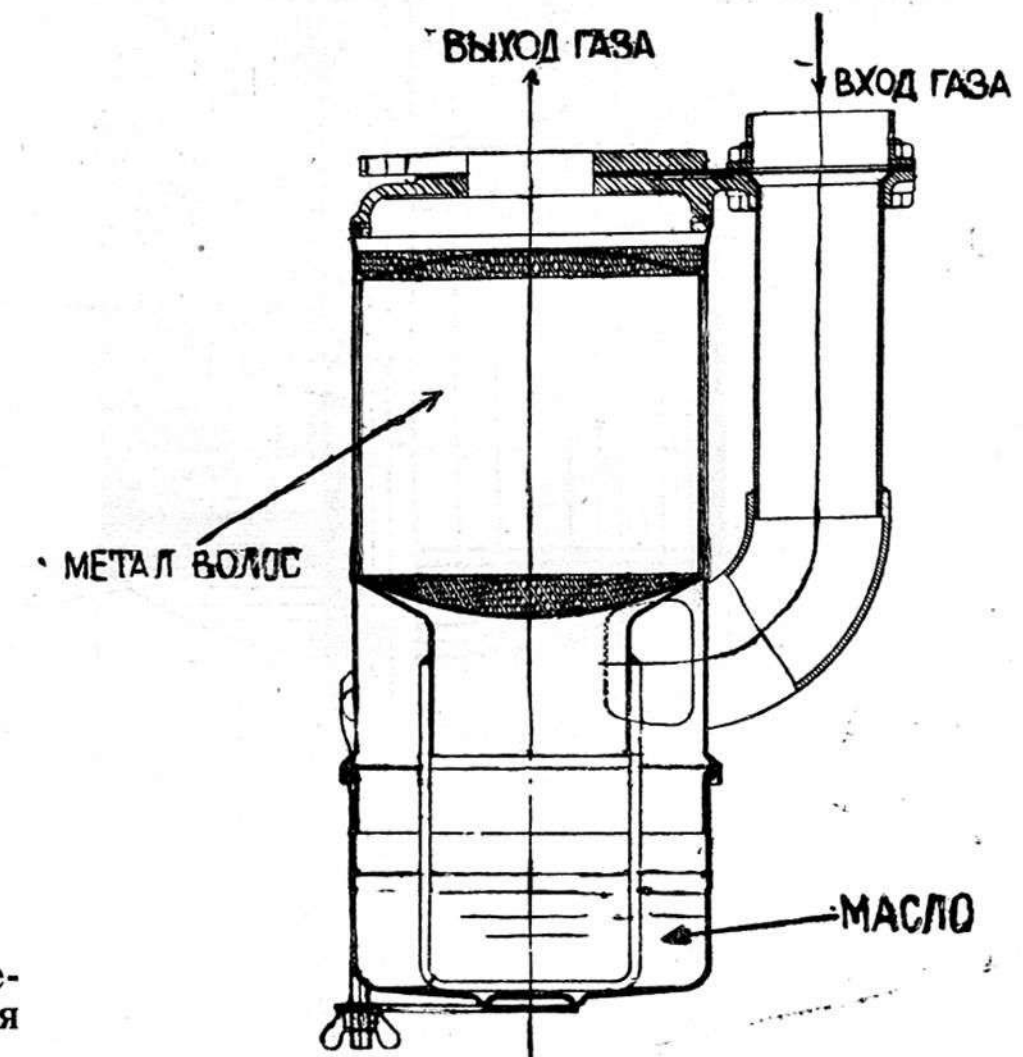


Рис. 59. Газоочиститель, переделанный из воздухоочистителя „Помона“

в части поверхностного очистителя, который в дополнение к самоочистке может выниматься для промывки или замены очищающего материала.

Очиститель Мальмберга. Интересной конструкцией очистителя, работающего по принципу поверхностной очистки и имеющего приспособление для самоочистки, является воздухоочиститель советского изобретателя Мальмберга (рис. 60). Этот очиститель был испытан в каракумском пробеге и показал очень высокое качество очистки. Поэтому он может быть применим и для газоочистки.

Принцип действия этого очистителя следующий: воздух входит через отверстия корпуса (9), опускается в промежутке между двумя цилиндрами (5) и (2), проходя затем через крыльчатку (6), изменяет свое направление и ударяется о масляную поверхность под некоторым наклоном к ней. Оставив в масле часть пыли, он разбрызгивает масло и вместе с ним поднимается в поверхностный очиститель, заполненный волосом или шерстью. Капли масла вместе с пылью осаждаются на его поверхности и по мере накопления стекают вниз, производя самоочистку. Очистители Вортокс, Помона и Мальмберга можно отнести к комбинированным типам поверхностно динамических очистителей. К подобному же типу принадлежит очиститель газа Барбье (рис. 61).

Очиститель Барбье. Сварной из тонкой листовой стали кожух очистителя разделен глухой, вертикальной перегородкой на две неравные части. В нижней части оба отделения имеют горизонтальную решетку. Газ по патрубку (Г) попадает в цилиндрический приемник, снизу замыкаемый горизонтальной решеткой (Р). Патрубок (Г) подводит газ в приемник таким образом, что газ получает вращательное движение (центробежная очистка), способствующее отделению тяжелых частиц и осаждению их на стенках приемника. Вихрь, газа, опускаясь по



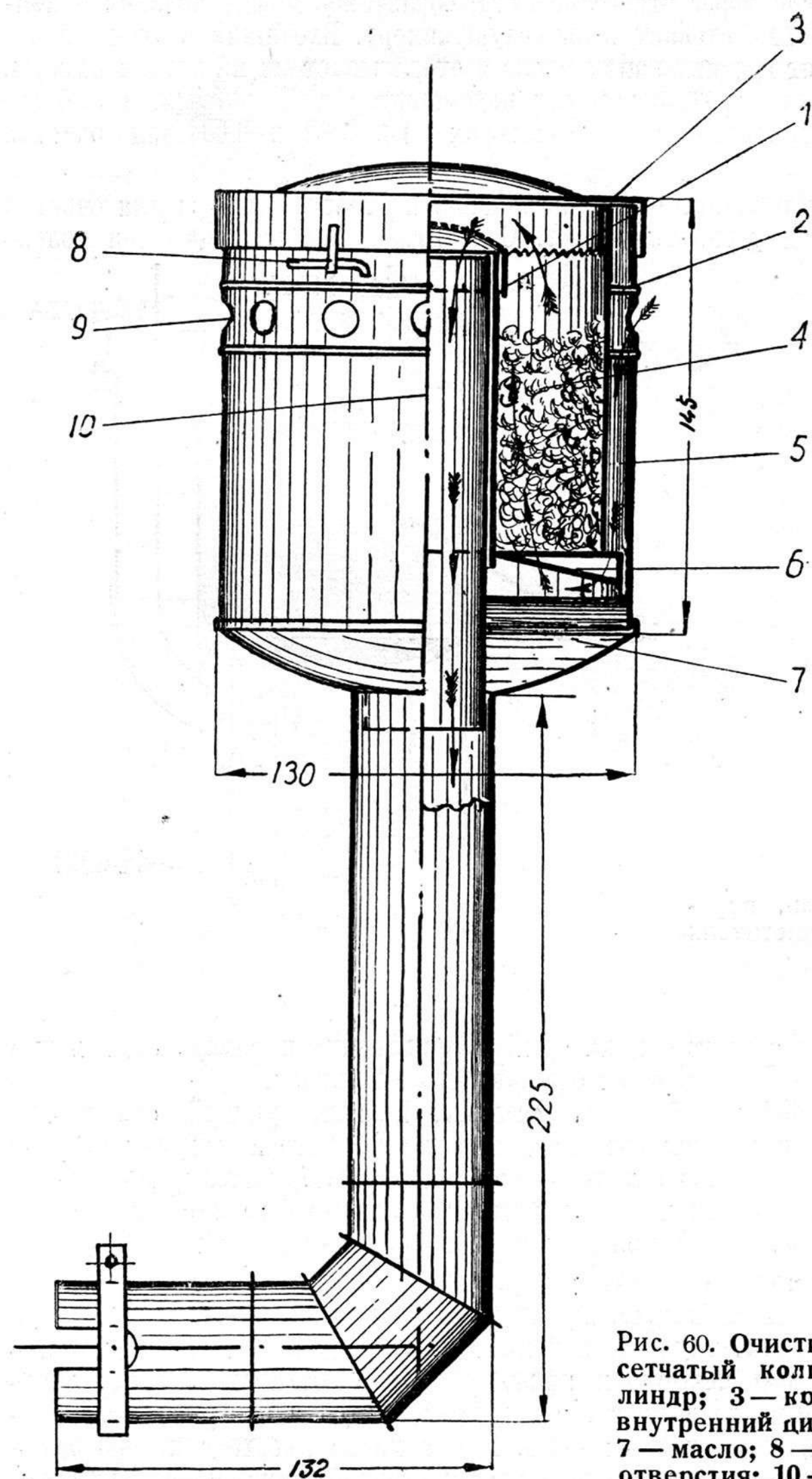


Рис. 60. Очиститель Мальмберга. 1 — сетчатый колпак; 2 — внешний цилиндр; 3 — крышка; 4 — волос; 5 — внутренний цилиндр; 6 — крыльчатка; 7 — масло; 8 — замок; 9 — воздушные отверстия; 10 — всасывающая труба.

приемнику вниз, ударяется о поверхность воды и разбрызгивает ее в виде тумана. Грубые примеси газа собираются на дне резервуара. Газ вместе с каплями воды, пройдя над поверхностью жидкости, поднимается вверх в пространство, заполненное мелко нарезанной пробкой или пробковой стружкой. Пробка поглощает воду, образуя огромную, всегда влажную поверхность, к которой прилипают частицы примесей. Пройдя слой пробки (поверхностная влажная очистка), газ по наклонной трубе, вваренной в вертикальную перегородку, входит в нижнюю часть второго отделения, скользит по поверхности налитой здесь жидкости ( $\frac{3}{4}$  объема воды и  $\frac{1}{4}$  отработанного масла и, пройдя решетку, поднимается вверх в камеру, запол-

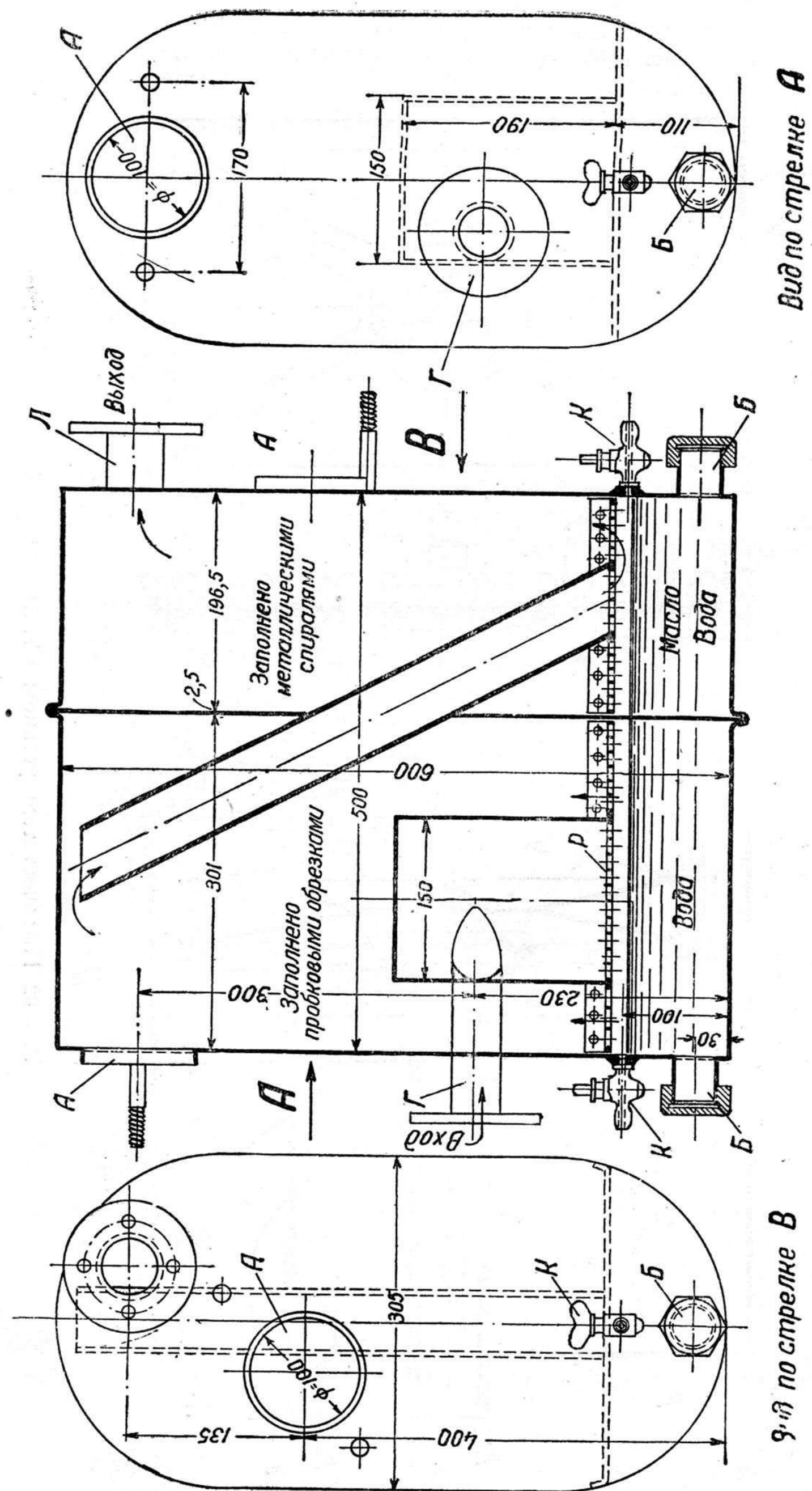


Рис. 61. Очиститель газогенераторной установки Барбье



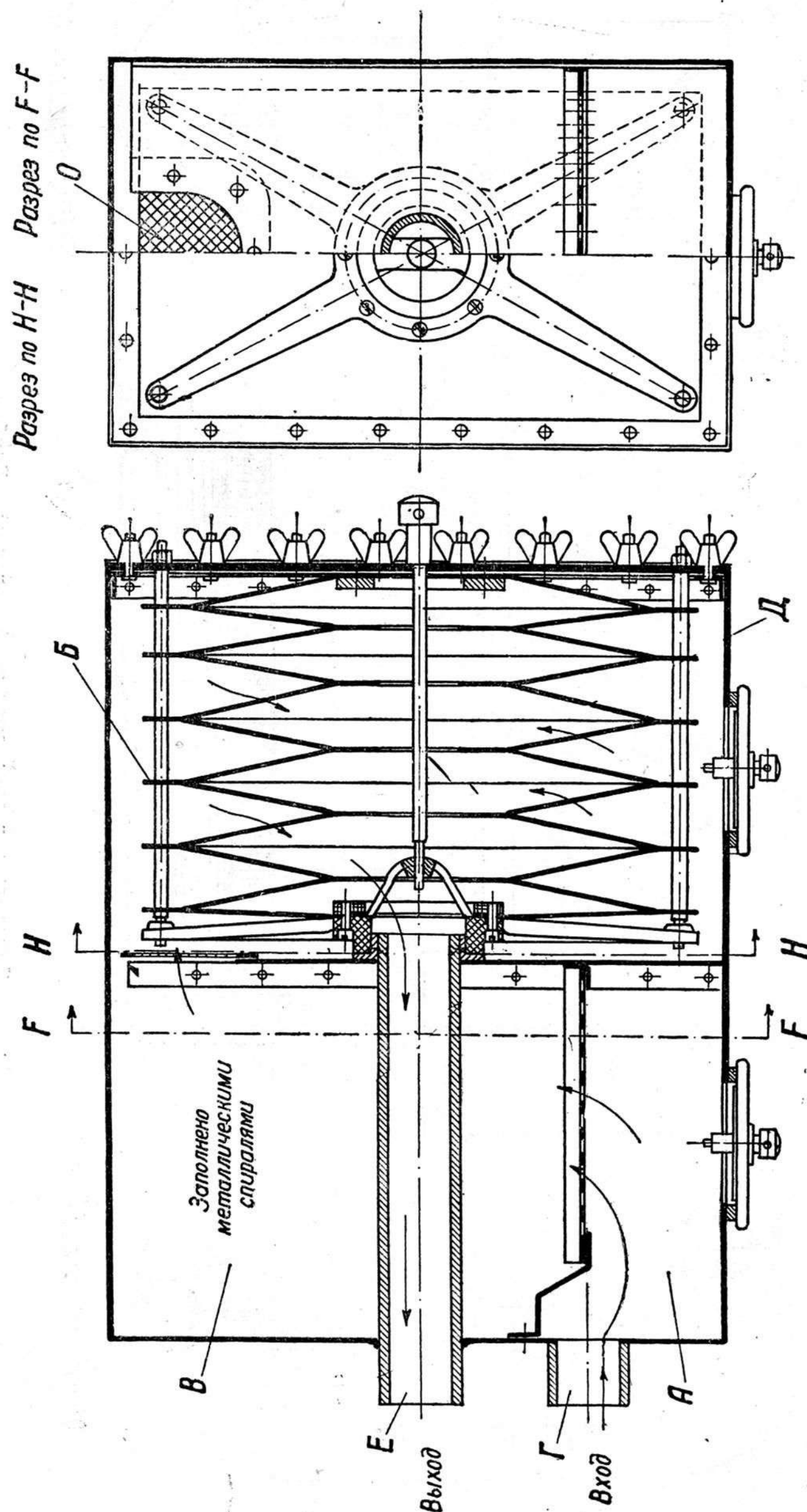


Рис. 62. Газоочиститель установки ТРАКТОР

ненную витой проволокой. Захваченные газом капли масла вместе с твердыми частицами осаждаются на поверхности спиралек и по мере наполнения стекают вниз (самоочищающийся поверхностный очиститель), а очищенный газ через патрубок (Д) выходит из очистителя. Лючки (А) и патрубки (Б) служат для очистки очистителя и заполнения его свежим очищающим материалом.

Очиститель Барбье, имеющий размеры  $660 \times 620 \times 300$  мм, вмещает очищающий материал примерно следующего объема:

Объем пробковой стружки около 27 куб. дм.

Объем заливаемой воды около 11—12 л.

Объем смеси масла и воды около 7 л.

Объем металлических спиралей около 20 куб. дм.

### Сухие фильтры

Поверхностные очистители, как уже известно, очищают газ от примесей путем осаждения их на поверхности очищающих материалов, фильтры же очищают газ, задерживая примеси на своих тканях со стороны входа газа. Это происходит благодаря тому, что частицы примесей имеют размеры, превышающие размеры пор фильтра.

Сухие фильтры обычно ставятся вместе с другими видами очистителей и служат для очистки горячего или хорошо осушенного газа. Работа фильтра в значительной мере зависит от качества фильтрующего материала и от его поверхности. Фильтр дает хорошие результаты только при частой очистке его от задержанной им пыли. Чистый фильтр в начале работы улавливает почти все примеси, но по мере загрязнения теряет эту способность.

Кроме того, плотный, хороший фильтр представляет большое сопротивление просасыванию газа. Сопротивление это резко увеличивается по мере загрязнения фильтра. Особенно сильно возрастает сопротивление при попадании на материал масла или воды, поэтому фильтр следует применять или для горячего газа, имеющего воду в парообразном состоянии, или после тщательного осушения газа. Обычными материалами фильтра служат войлок или фланель. Эти материалы увеличивают очищающую способность по мере засорения пылью, но это происходит за счет увеличения сопротивления и имеет предел, после чего очистка резко ухудшается.

Очиститель Трактор. Характерным представителем сухого матерчатого фильтра является очиститель Трактор (рис. 62), представляющий железный ящик (Д) размерами  $700 \times 300 \times 550$  мм, перегороденный металлическим листом на два отделения. Неочищенный газ по патрубку (Г), расположенному внизу первого отделения, входит в газосборник (А), имеющий лючок для чистки. Газосборник отделен от верхней части ящика (Б) решеткой. Этот ящик заполнен железной стружкой (сухая поверхностная очистка), кольцами Рашига или металлическими спиралями. Пройдя сквозь стружку и получив грубую очистку, газ через отверстие (О) входит во второе отделение очистителя (Б). Здесь находится фланелевый мешок, растянутый в виде гармошки на четырех стержнях. Для осмотра и чистки мешок легко вынимается через крышку, зажимаемую барашками. Газ, пройдя через фильтры внутрь мешка, отводится по трубе (Е) к двигателю. Осевшая на фланели мешка сухая пыль стряхивается вниз на дно коробки, откуда время от времени она выгружается через специальный лючок.

Фильтр очистителя Рекс (рис. 63). В верхней части очиститель Рекс (рис. 26, глава 5) так же, как и очистители Панар-Левассор и Рено (рис. 45, глава 6), снабжен сухим фильтром.

Фильтр Рекс состоит из шести цилиндров-сеток (А), на которые натягиваются матерчатые мешки (Б), уплотняемые при помощи кольца (Е). Вокруг фильтров устроен кожух, собирающий пыль и заставляющий газ подходить к



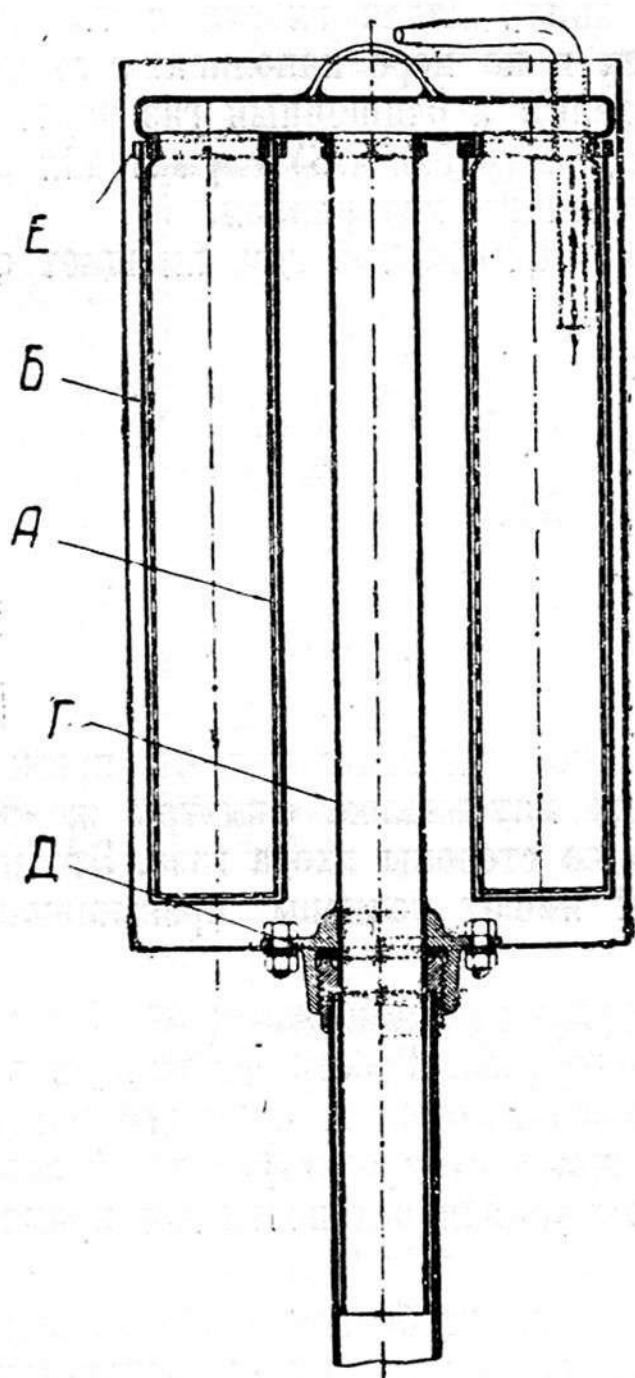


Рис. 64. Общий вид каркаса и фланелевого мешка фильтра Рекс. А—фланелевый мешок; Б — сетчатый каркас фильтра

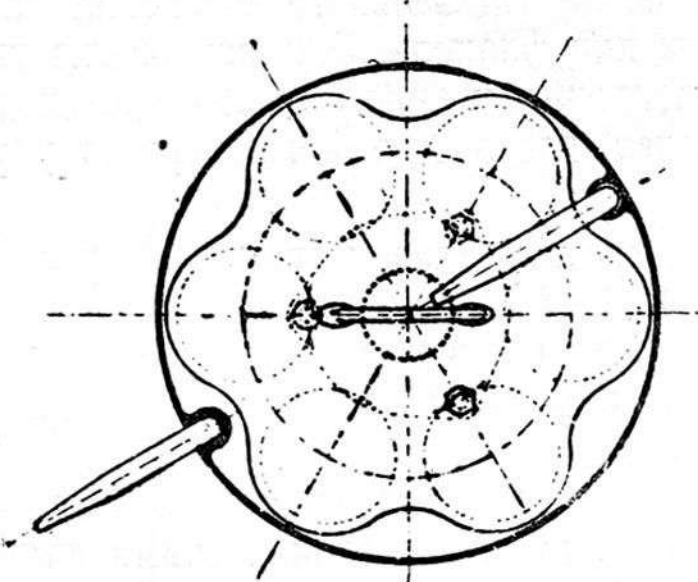


Рис. 63. Фильтр очистителя Рекс

фильтру сверху вниз. Пройдя через фланель внутрь цилиндров, очищенный газ поднимается вверх в сборник, откуда по вертикальной трубе (Г) подводится к двигателю. При помощи простого уплотнения (Д) фильтр крепится на газовой трубе и может легко выниматься для очистки через верхний люк очистителя. На рис. 64 изображен общий вид каркаса и мешка фильтра Рекс.

Очиститель Рено является исключительно сухим фильтром. Он снабжен 31 мешком диаметром 36 мм и высотой 240 мм. Мешки надеты на спиральные пружины с грузиками, которые поддерживают их в растянутом состоянии. Во время движения машины мешки встряхиваются и освобождаются от пыли. Устройство очистителя ясно из схемы (рис. 45).

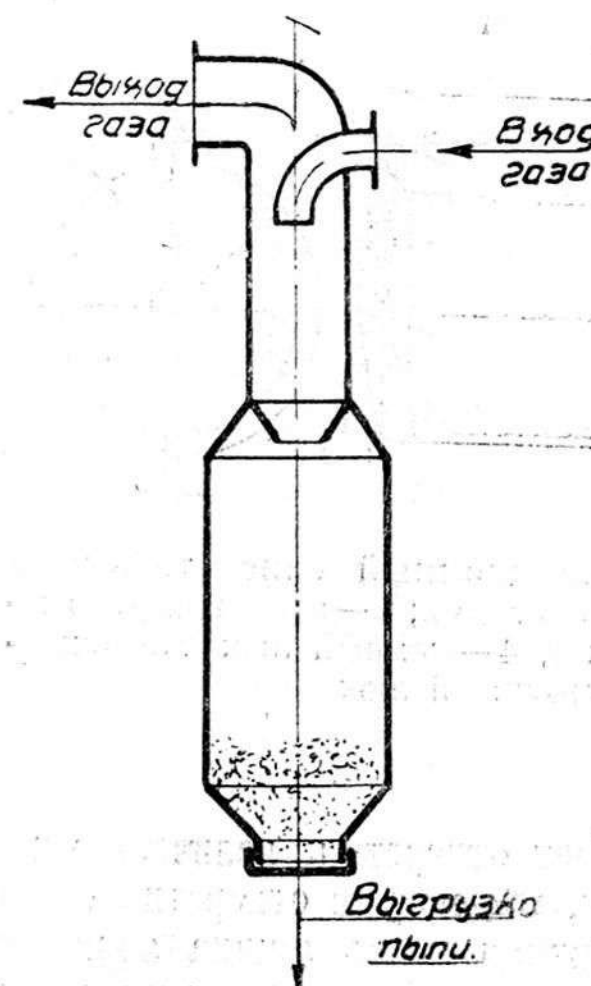
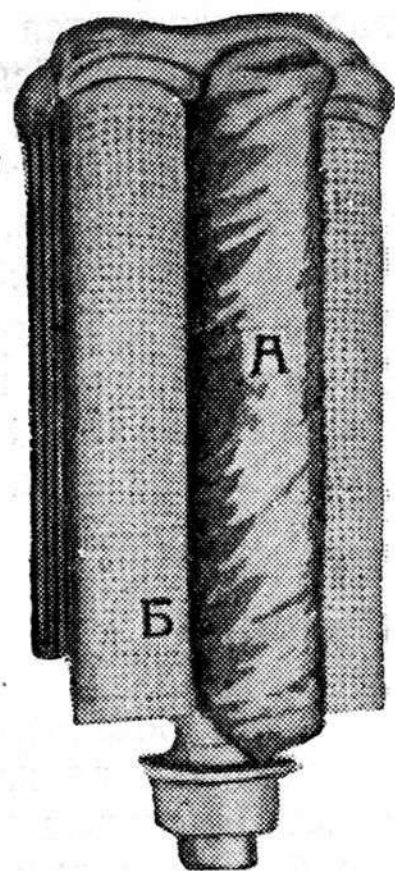
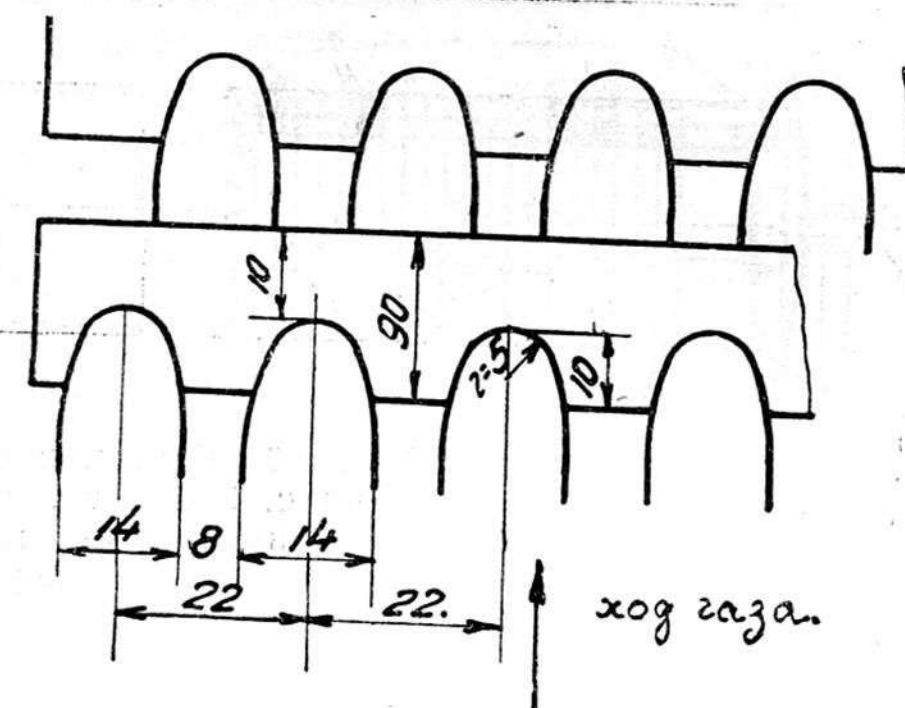


Рис. 65 (слева) Пылеотделитель (Циклон) газогенераторной установки ПИП.

Рис. 66 (справа). План расположения лодочек очистителя ОКБ-8 и Автотор I



#### Динамические очистители

Принцип действия динамических очистителей заключается в следующем: струе газа сообщается большая скорость, которая затем внезапно уменьшается; взвешенные частицы, обладающие сравнительно с газом большим весом, по инерции продолжают двигаться некоторое время с большой скоростью, выходят из газового потока и осаждаются на поставленных перегородках или выпадают в отстойные камеры. По этому принципу работают: а) отстойники, б) циклоны и в) инерционные очистители.

Вместо прямолинейного можно дать газу вращательное движение, при этом взвешенные частицы выводятся центробежными силами из газового потока, отбрасываются к стенкам, прилиная к ним или собираясь в специально устроенные камеры. Очистители, работающие по этому принципу, носят название центробежных и делятся на две группы: с механическим приводом и без него.

**Отстойники.** Отстойник обычного типа состоит из камер, через которые газ проходит с небольшой скоростью в горизонтальном направлении, а взвешенные частицы падают на дно. Подобные отстойники требуют больших объемов и весьма длинных камер, а потому в транспортных установках распространения не получили.

**Циклоны.** Для уменьшения занимаемого места очиститель получил вид высокой вертикальной трубы, сравнительно большого диаметра, с приемником пыли (очиститель Пип — рис. 65). Газ входит сверху, опускается вниз и затем снова поднимается вверх. Взвешенные частицы при этом осаждаются на дно пылеприемника. Этого типа очистители, называемые циклонами, тоже не получили распространения вследствие своей малой очищающей способности, так как образующиеся вредные паразитные вихри поддерживают пыль во взвешенном состоянии. Особенно плохо работают они при недостаточном уходе, так как пыль, осевшая на дно выше известного уровня, может увлекаться газом. Из этих же соображений приходится ставить последовательно два-три циклона.

**Инерционные очистители.** Более широкое распространение получили инерционные очистители, дающие лучшую очистку при компактной и легкой конструкции. Примером инерционного очистителя может служить очиститель установки Ипагном. Он имеет вид (рис. 21) прямоугольного ящика, разделенного на две части. Верхняя часть заполнена большим количеством вертикальных пла-



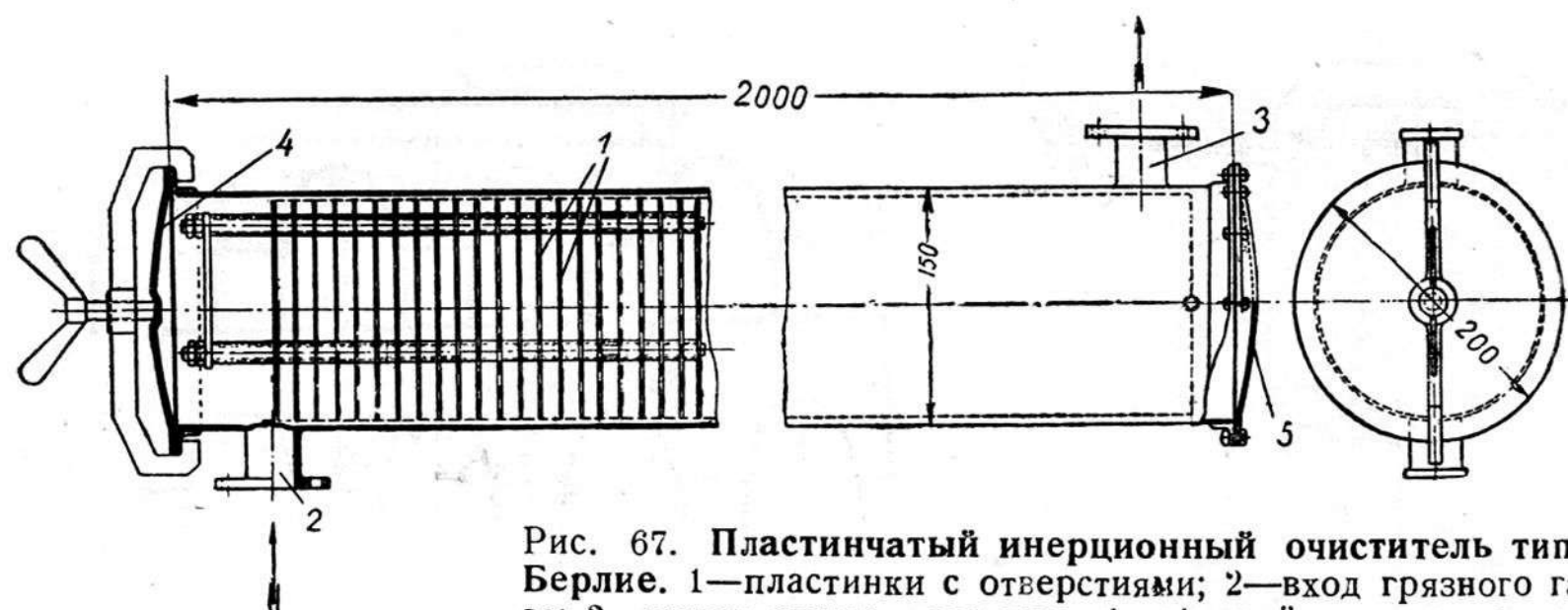


Рис. 67. Пластиновый инерционный очиститель типа Берлие. 1—пластинки с отверстиями; 2—вход грязного газа; 3—выход очищенного газа, 4—съемный люк для очистки; 5—постоянный люк

сти, подвешенных к крышке. Каждая пластина имеет отверстия, количество которых доходит до 2 000. Отверстия расположены так, что против отверстия одной пластины находится стенка соседней пластины. Нижняя часть ящика является приемником пыли и жидкости. Она имеет сверху перегородку с отверстиями, через которые пыль и капли грязи стекают на дно. Легко открываемый боковой лючок служит для удаления грязи.

Принцип очистки заключается в следующем: газ, двигаясь по камере в горизонтальном направлении, встречает вертикальную стенку, проходит через отверстия в ней со сравнительно большой скоростью (10—15 м/сек). По выходе газа из отверстий скорость резко снижается (до 2—5 м/сек). Благодаря этому взвешенные частицы, стремясь сохранить скорость, летят в прежнем направлении, ударяются о стенку и прилипают к ней, а струйки газа делают поворот и входят в отверстия следующей пластины. Пройдя таким образом через большое количество пластин (поставленных на соответственно подобранном расстоянии друг от друга), газ постепенно освобождается от все более тонкой пыли и выходит очищенным через патрубок на противоположном конце очистителя. Прилипшие к стенкам вертикальных листов частицы постепенно сползают вниз и собираются в приемнике.

В пылеуловителях установки ОКБ-8 этот принцип осуществлен несколько иначе. Вместо больших вертикальных листов в них ставятся узкие вертикальные

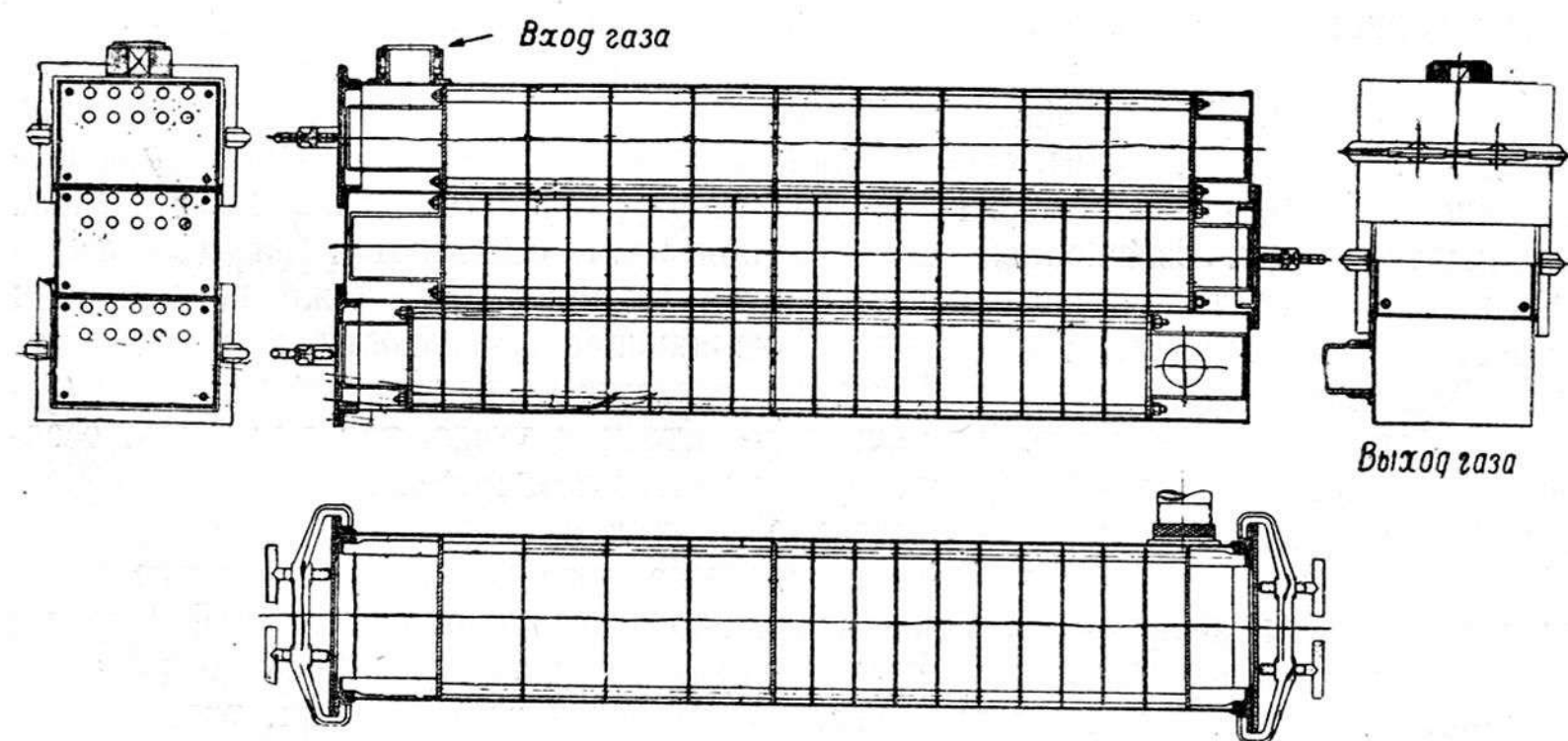


Рис. 68. Очиститель газа В-3 с раздельным потоком газа и взвешенных частиц

изогнутые полоски (рис. 66). Эти полоски носят название лодочек и укреплены на верхнем листе пылеприемника, куда спадают осевшие на них частицы. Скорость движения газа между лодочками около 15 м/сек. Испытания этой конструкции показали высокую степень очистки при сравнительно небольшом сопротивлении.

Инерционные очистители получили широкое распространение как у нас, так и за границей. В установках Имберт, Берлие, ПЭМ, НАТИ-3, В-3 и других такие очистители поставлены последовательно в количестве от 3 до 5.

На рис. 67 изображен такой очиститель, имеющий вид цилиндра диаметром 250 мм и длиной 2 100 мм (конструкция Берлие). Внутри цилиндра имеется ряд пластин, насаженных на три стержня. Вся секция пластин легко вынимается через круглый торцевой люк. В пластинах сделаны отверстия, размеры которых уменьшаются в направлении движения газа для создания постоянного скоростного перепада.

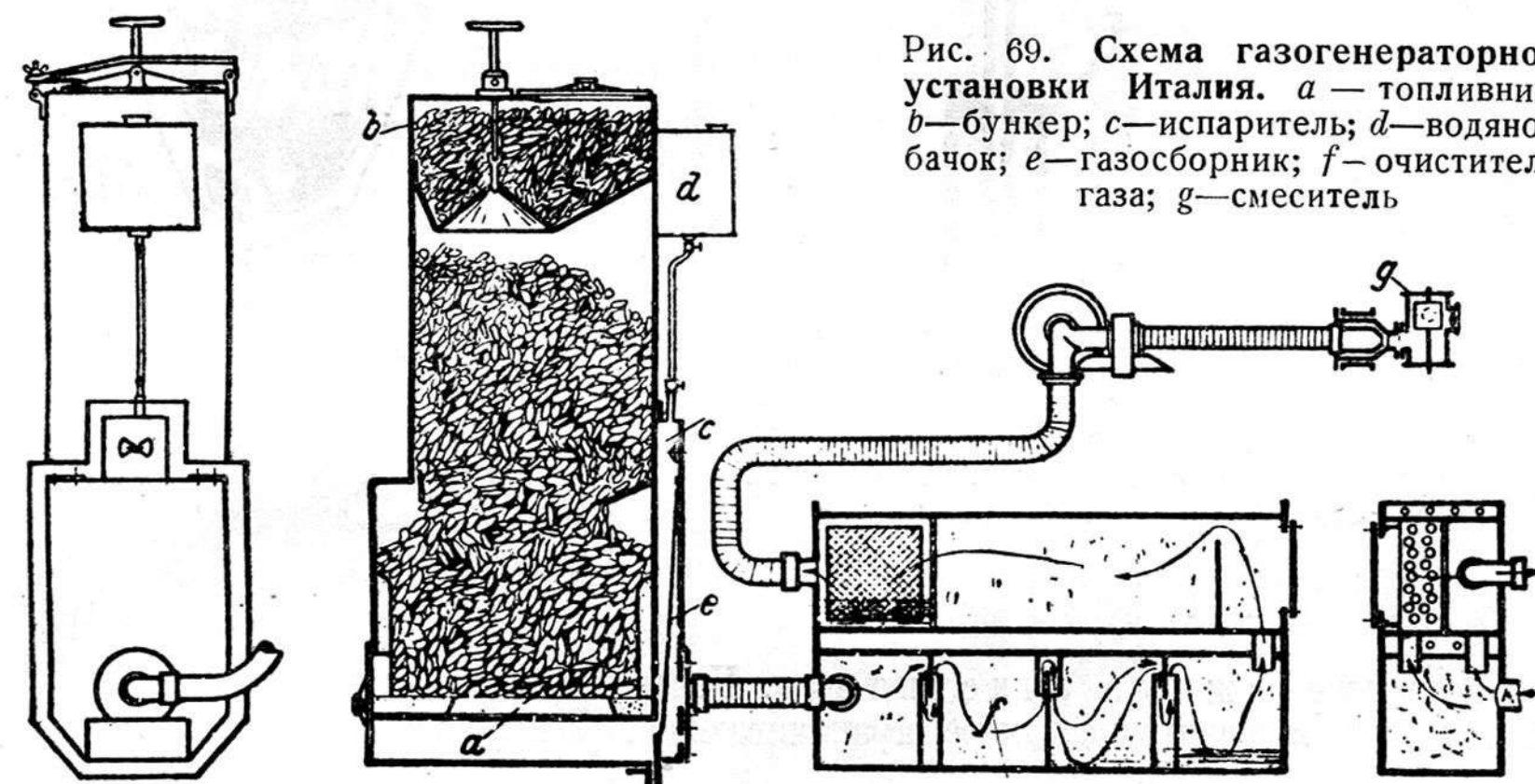


Рис. 69. Схема газогенераторной установки Италия. а — топливник; б — бункер; с — испаритель; d — водяной бак; e — газосборник; f — очиститель газа; g — смеситель

Недостаток такой конструкции заключается в следующем. Отверстия в пластинах нанесены по всей площади пластины; газ, пройдя между пластинами, встречает на своем пути падающую частицу и увлекает ее дальше. Особенно много будет увлечено частиц, осевших на дне и поднятых проходящими внизу газовыми струями. Для устранения этого недостатка отверстия делаются только в верхней части пластин; внизу образуются закрытые карманы для сбора осевших частиц. Примером подобной конструкции служит очиститель В-3 (рис. 68).

В очистителе установки Италия (рис. 69) очистка в отстойнике совмещена с инерционной очисткой. Очиститель состоит из двух прямоугольных ящиков, поставленных один на другой. Газ входит с левого конца нижнего ящика в первую камеру отстойника, где выпадают грубые примеси. Пройдя через узкую щель с большой скоростью, газ идет в обратном направлении и входит во вторую отстойную камеру, где выпадают следующие порции примесей. Пройдя таким же образом еще две отстойных камеры, газ поднимается в верхний ящик (пыльная камера) и через поверхностный фильтр отводится к смесителю двигателя. Резкие перемены скорости и длинный путь движения дают возможность получить хорошую очистку газа. Недостатком этой конструкции надо считать сравнительно большое сопротивление очистителя.



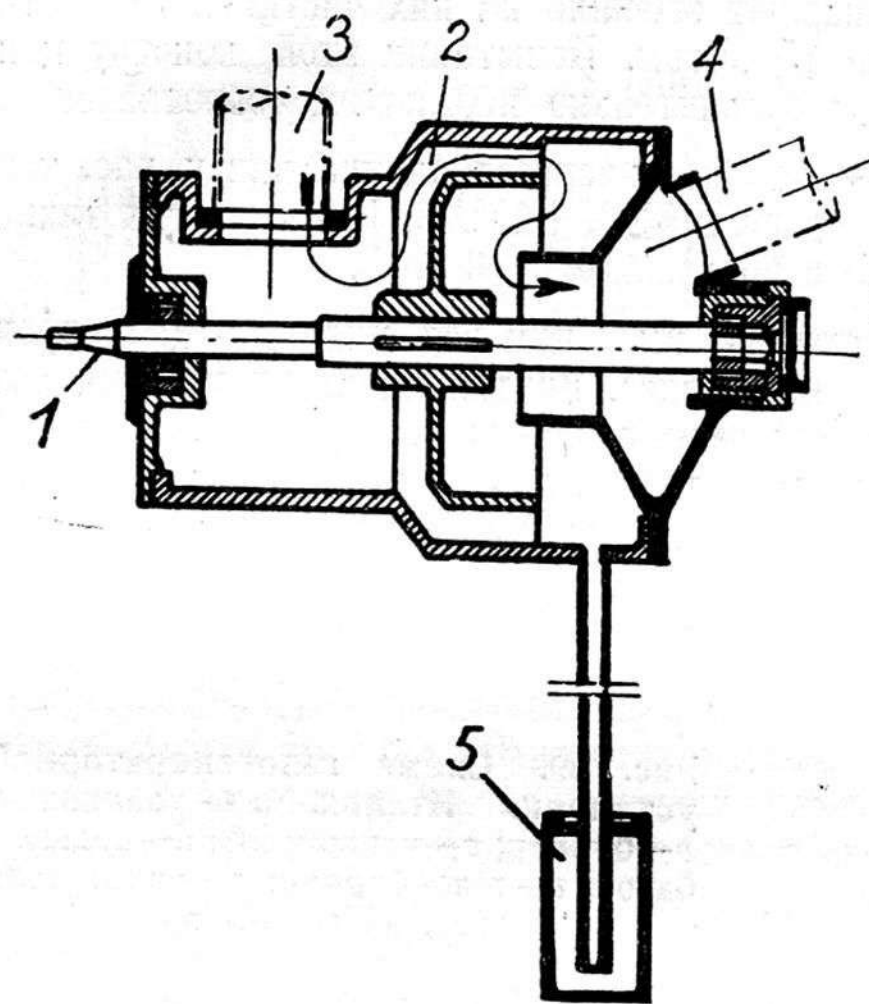
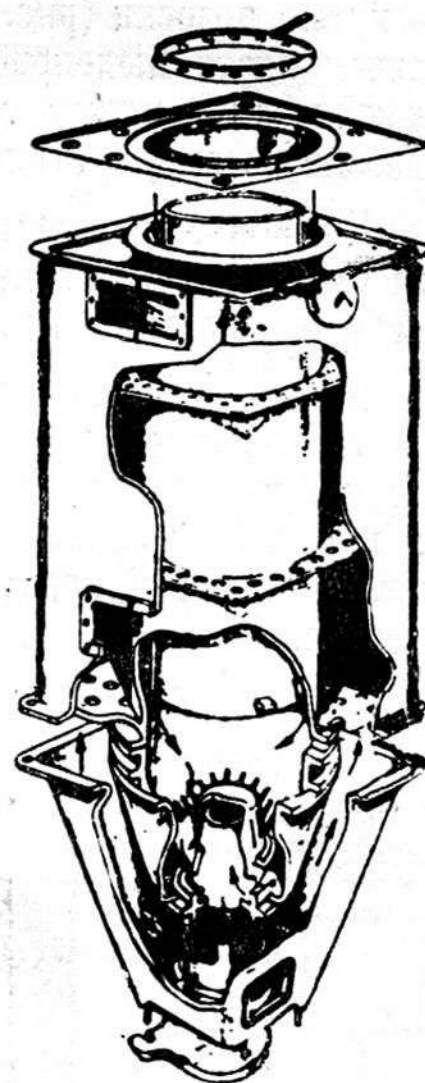


Рис. 70. Центробежный очиститель газа с механическим приводом системы Рено. 1—валик привода; 2—крыльчатка, 3—вход газа грязного; 4—выход газа (чистого), 5—спуск подсмоленной воды и грязи

Рис. 71. Очиститель Компаунд



Центробежные очистители. Центробежные очистители имеют ряд недостатков, в значительной мере ограничивающих распространение этих компактных и удобных приборов.

Большинство центробежных очистителей удовлетворительно очищает газ только от грубых примесей и совершенно не удаляет тонкой пыли. Для более тонкой очистки приходится давать патрубку, всасывающему газ, слишком малое сечение. Эта мера хотя и улучшает очистку, но ведет к увеличению сопротивления, что весьма нежелательно.

Другой серьезный недостаток центробежной очистки — резкое ухудшение ее при уменьшении мощности двигателя вследствие недостаточных скоростей газа в диффузоре. Поэтому центробежную очистку газа обычно совмещают с более надежной мокро-поверхностной или инерционной очисткой. Часто центробежное действие газа используют только для самоочистки поверхностного фильтра, примеры чего приведены выше.

Значительно лучшую очистку газа дают центробежные очистители с механическим приводом.

Очиститель Рено (старая модель) работает по принципу смолоудалителя системы Тейсена (рис. 70). На радиальные лопасти крыльчатки (2), вращаемой валом (1), по патрубку (3) подается неочищенный газ. Взвешенные частицы смолы и пыль вместе с брызгами воды отбрасываются центробежной силой к внутренним стенкам кожуха очистителя, по которым сползают в грязевик (5). Чистый газ выходит через патрубок (4). Сравнительно сложная конструкция и необходимость привода от двигателя, что связано с неудобствами монтажа, не дали возможности этим конструкциям получить распространение, несмотря на их высокие очищающие свойства.

Очиститель Компаунд (рис. 71, 72) представляет оригинальное сочетание газогенератора и очистителя. Газогенератор имеет круглую шахту, вокруг которой устроен прямоугольный короб, состоящий из трех, расположенных друг над другом, поверхностных очистителей. Воздух через регулируемые отверстия входит сверху и, пройдя между двумя стенками шахты через ряд фурм, всасывается в топливник. Газ отсасывается через коническую колосниковую решетку в центре топливника (центральный отсос газа), поднимается вверх и, пройдя через три яруса поверхностных очистителей, подводится к двигателю. Установка работает на древесном угле.

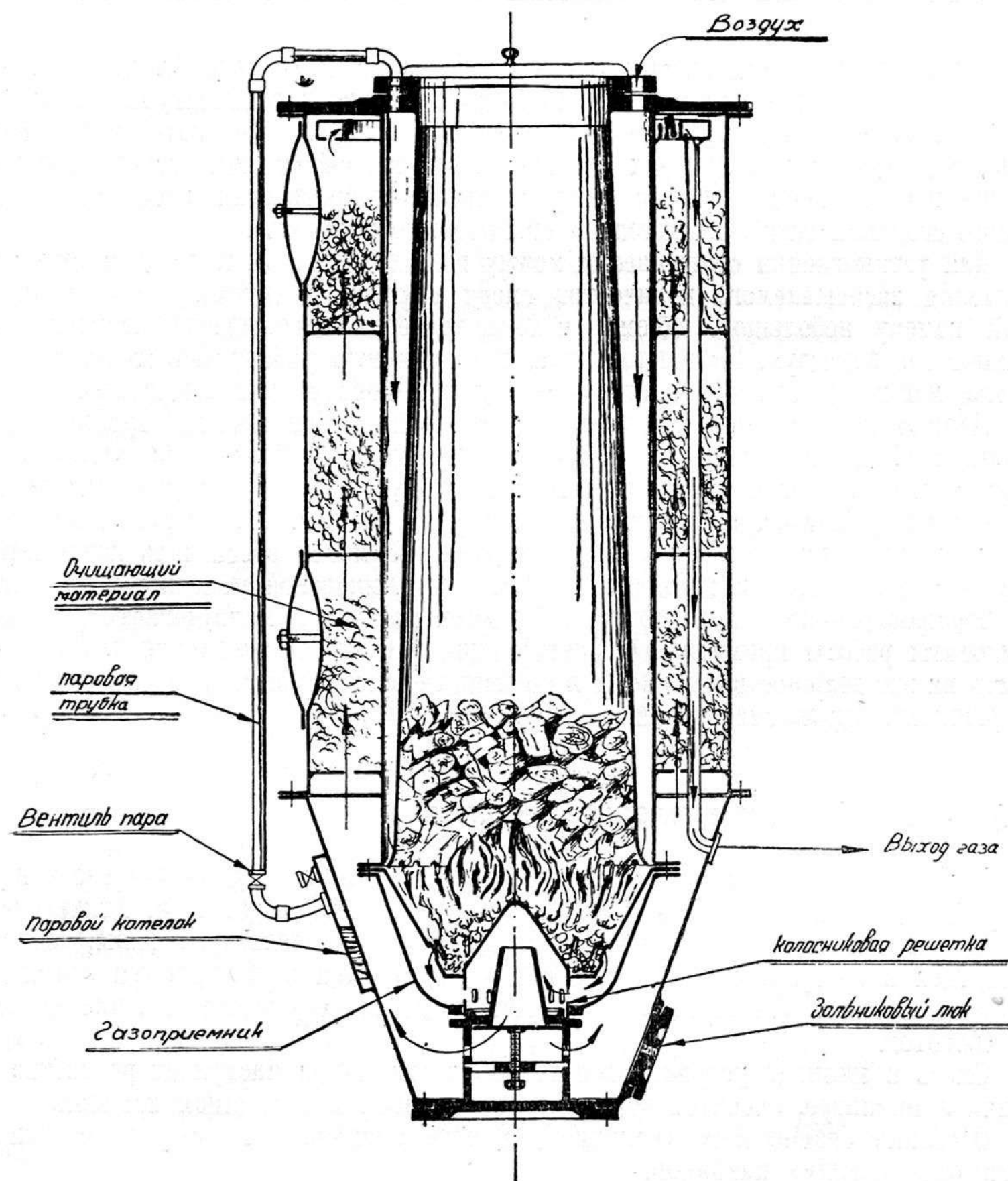


Рис. 72. Разрез очистителя Компаунд

Большое разнообразие в устройстве очистителей указывает на то, что до настоящего времени не существует достаточно совершенных типов этих приборов. Каждый из них имеет известные достоинства, но и не свободен от недостатков. С другой стороны, такое разнообразие дает конструктору обширный материал, которым он может пользоваться для усовершенствования этих важных приборов.



## СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ И СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВКИ

Двигатель питается смесью генераторного газа и воздуха (т. н. вторичного воздуха). В зависимости от качества газа, его давления и температуры необходимо подобрать соответствующую пропорцию газа и воздуха, при которой бы смесь полностью сгорала в цилиндрах двигателя, без потерь от химической неполноты горения и от большого избытка воздуха (против теоретически необходимого для полного сгорания газа), значительно снижающего мощность.

Для установления соотношения между воздухом и газом в смеси, а также для изменения засасываемого количества смеси служит смеситель, представляющий собой камеру небольшого объема, в которую через соответствующие каналы поступают газ и воздух. На равномерную и устойчивую работу двигателя, а также на его мощность оказывает огромное влияние конструкция смесителя.

Первые конструкции смесителя представляли собой простой тройник, присоединенный к всасывающему коллектору двигателя. Воздух и газ засасывались двигателем через два патрубка тройника. Примером такого рода конструкции служит смеситель Солекс, схема которого приведена на рис. 73. Подобные конструкции, даже при значительном избытке воздуха, не могли обеспечить надлежащего перемешивания смеси и не могли избавить от химической неполноты горения.

Распространение транспортных газогенераторов и малоудовлетворительные результаты работы примитивных конструкций смесителей заставили техников обратить на это должное внимание, и в настоящее время существует уже ряд весьма совершенных типов смесителей.

### Особенности работы автотракторного смесителя

В момент открытия всасывающего клапана двигателя давление газов в цилиндре выше давления смеси. Если в это время не действует т. н. Аткинсонская продувка, газы из цилиндра могут проникнуть в смесительные органы, оттесняя смесь газа и воздуха. В результате смесь ухудшается и появляются «выстрелы при всасывании». «Выстрелы» нарушают образование смеси в течение нескольких оборотов.

Смесь в цилиндр устремляется только тогда, когда наступает равенство давлений в цилиндре, смесительной камере, в газовом и воздушном каналах.

Особенно опасно воспламенение в камере смешения в результате неплотности всасывающих клапанов.

«Выстрелы» и запоздание всасывания, появляющиеся в результате превышения давления в цилиндре над давлением в камере смешения, снижают мощность двигателя и это снижение тем больше, чем больше объем имеет смеситель и чем дальше он расположен от всасывающих клапанов. Поэтому совершенно недопустимо устройство больших резервуаров между смесителем и клапаном, в которых газ и воздух имели бы время для диффундирования. Наиболее удачным решением является получение смеси непосредственно перед всасывающим клапаном. Для этой цели объем смесительной камеры надо делать возможно меньшим, а смеситель приближать к клапанам.

Отливка камеры смешения непосредственно около всасывающего клапана, что обычно делается в стационарных газовых двигателях, невозможна в транспортных двигателях, так как для этого потребовалось бы коренное изменение двигателя или установка смесителей в каждом цилиндре. Поэтому избежать вредного влияния «выстрелов» можно только уменьшением объема смесителя и его приближением к клапанам, т. е. укорачиванием всасывающего коллектора. Для того чтобы предотвратить возможность возникновения слишком высоких напряжений в стенках всасывающего коллектора и смесителя, рекомендуется ставить предохранительный клапан, как это делается в установке ОКБ-8, однако в транспортных установках эти клапаны чаще всего отсутствуют.

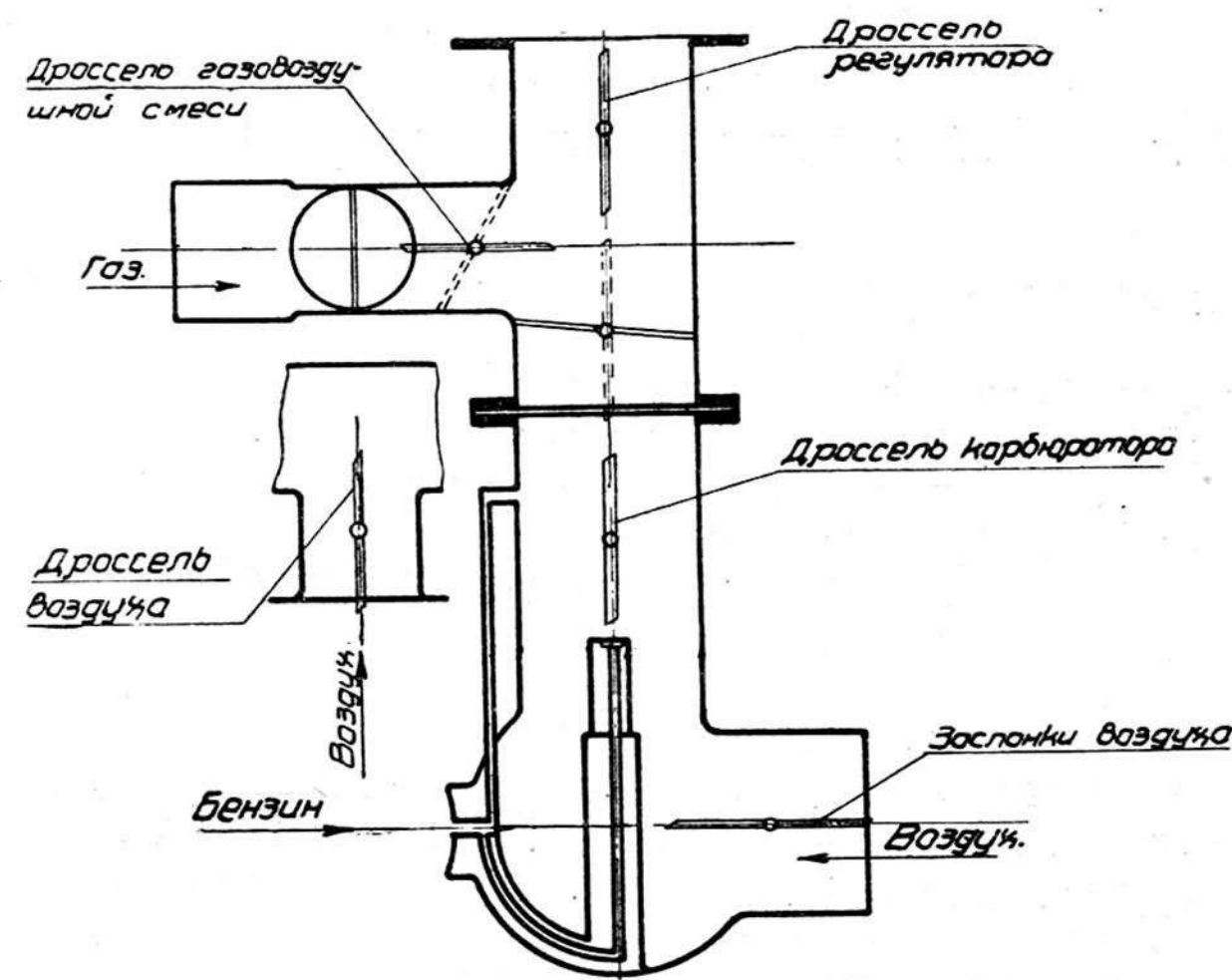


Рис. 73. Смеситель-карбюратор Солекс газогенераторной установки Автогаз

Кроме сказанного, уменьшение объема камеры уменьшает количество регулируемой горячей смеси, что сильно облегчает регулировку двигателя. Это имеет особенное значение при холостом ходе и при резком изменении нагрузки.

В тихоходных двигателях и смесителях для одноцилиндровых двигателей (сельскохозяйственный тип) следует разделять потоки газа и воздуха перед самым впуском их в камеры смешения. Это необходимо для того, чтобы воспрепятствовать проникновению воздуха в газопровод или газа в воздухопровод и тем избежать нарушения образования смеси и воспламенения в трубопроводах.

### Размеры сечений и воздушных каналов смесителя и скорости газа и воздуха

Состав горючей смеси зависит не только от соотношения поперечных сечений каналов, подводящих в смесительную камеру газ и воздух, но и в значительной мере от разности давлений в них. В смесительную камеру воздух всегда поступает при атмосферном давлении, в то время как газ может иметь давление выше атмосферного — в случае наддува или ниже атмосферного — в газовсасывающих установках, применяемых чаще всего для трактора и автомобиля. Кроме того, давление газа переменное, зависит от шлакования или засорения мелочью колосниковой решетки газогенератора, а также от загрязнения очистителей, холодильника и трубопровода.



Эти обстоятельства, а также необходимость перемешивать почти одинаковые количества газа и воздуха, определяют характерную особенность смесителей, работающих на бедном газе газосасывающей транспортной установки, а именно наличие сравнительно небольших сечений для воздушного канала и сильно развитых сечений для газа.

В то время как для высококалорийных газов типа светильного для образования горючей смеси нужно подвести около 5 куб. м воздуха на 1 куб. м газа, для бедного генераторного газа требуется около 1 куб. м воздуха на 1 куб. м газа. Вот почему смесители газовых двигателей, работающих на богатых газах, имеют, в отличие от смесителей для бедных газов, широкие сечения для воздуха и узкие для газа.

Эти же обстоятельства определяют и скорость протекания в каналах газа и воздуха. В то время как скорость газа не должна превышать 10—20 м/сек во избежание больших сопротивлений в смесителе, скорость воздуха обычно составляет 40—60 м/сек, чтобы компенсировать избыток давления воздуха над газом.

### Требования к смесителю

Основные требования, которым должны удовлетворять конструкции смесителей, можно сформулировать следующим образом:

1. Смеситель должен давать хорошее перемешивание газа с воздухом на сравнительно коротком участке пути.
2. Смесительная камера должна иметь возможно малый объем.
3. Смеситель должен быть расположен возможно ближе к всасывающим клапанам двигателя.
4. Смеситель должен представлять малые сопротивления для прохода газа и воздуха с тем, чтобы разрежение в цилиндрах было минимальным.
5. Регулировка смеси должна быть удобна, проста и точна.
6. Конструкция должна быть проста, компактна, надежна в работе и безопасна.
7. Смеситель должен давать возможность пуска двигателя на жидком горючем.

В дальнейшем при установке на машинах специальных газовых двигателей надобность в последнем условии отпадает.

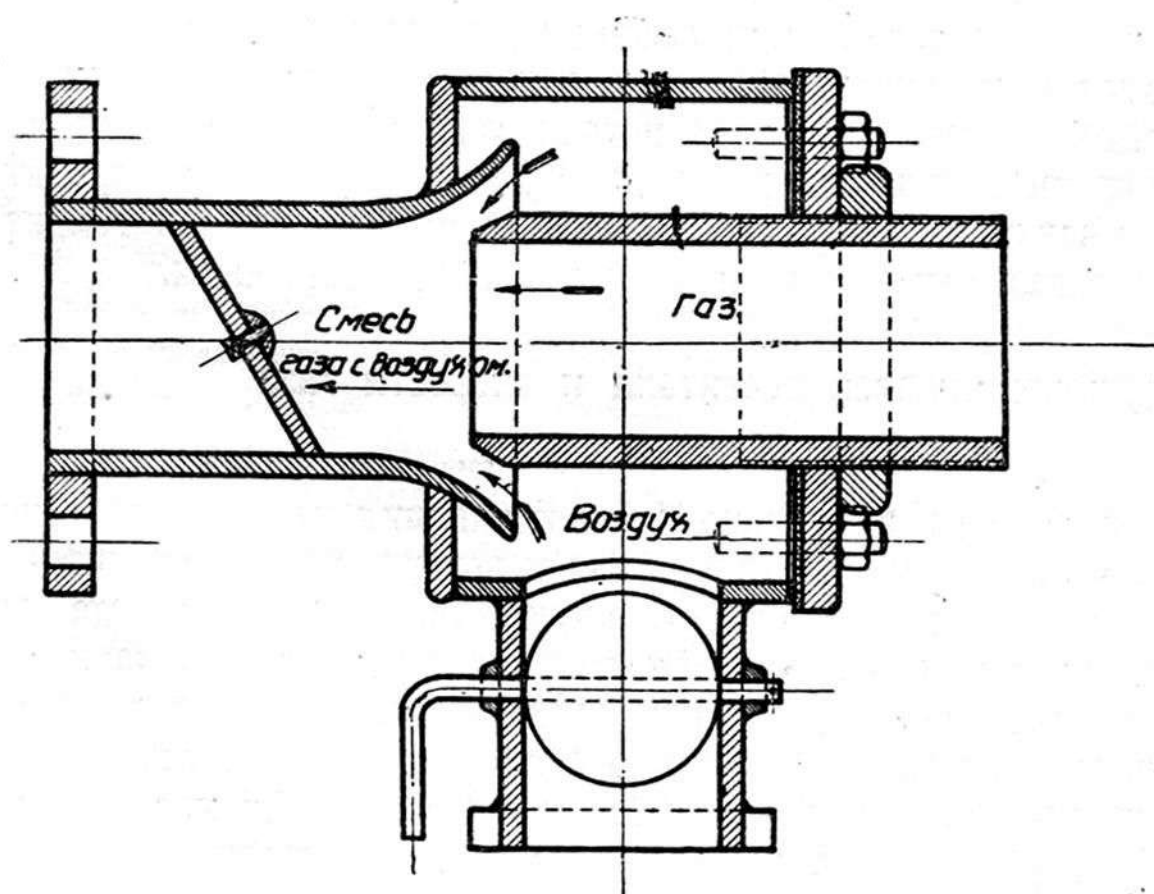


Рис. 74. Эжекционный смеситель НТИ-1

### Типы смесителей

Сообразно этим условиям был создан ряд конструкций, который можно разбить на следующие группы:

1. Смесители с параллельным потоком газа и воздуха:
  - а) эжекционного действия,
  - б) струйные.
2. Смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха:
  - а) двухструйное смешение,
  - б) многоструйное смешение.
3. Турбулентные смесители.
4. Смесители-карбюраторы.

### Смесители с параллельным потоком газа и воздуха

**Эжекционные смесители.** Характерной особенностью этого типа смесителей является подвод газа соплом внутрь смесительной камеры. Воздух засасывается через кольцевое пространство, образуемое между внешней стенкой сопла и внешним кожухом смесителя. Образцом этого типа служит смеситель НТИ-1 (рис. 74).

Поток толстой струи газа, обхватываемый тонкой пленкой воздуха, движущейся параллельно газу, не может обеспечить достаточного перемешивания, благодаря чему смеситель этого типа работает с большим избытком воздуха и не может уменьшать химическую неполноту горения. В смесителе Рено, относящемся также к типу эжекционных смесителей (рис. 76), этот недостаток до некоторой степени уменьшается подачей воздуха тонкими струями.

Наличие газового сопла создает хорошие условия для саморегулирования смеси. В зависимости от количества поступающего в смеситель газа подсасывается необходимое количество воздуха. Однако способность к саморегулированию лежит в сравнительно узких пределах колебания расхода газа. Если же расход газа выходит из этих пределов, то в камеру смешения начинает засасываться слишком много или слишком мало воздуха, что влечет за собой или захлебывание двигателя или значительную химическую неполноту горения. Это значит, что смеситель должен быть точно подобран к данному режиму двигателя.

Для обеспечения нужного эжекционного действия газового сопла необходимо впускать в камеру газ со скоростью большей, чем скорость воздуха, а это можно осуществить только при избыточном давлении газа над воздухом, что в транспортных установках обычно не имеет места. Во всасывающих установках работа на эжекционном смесителе затрудняется наличием больших сопротивлений газа (соплов) и сильного дросселирования воздуха. Впускать же воздух через сопло, используя его избыточные скорости на эжекцию газа, не имеет смысла, так как саморегулирование воздухом производить нельзя.

В принципе эжекционные смесители построены на основе газовых горелок Кеннеди и других, и им присущи недостатки этих горелок, имеющих обязательный дополнительный подвод воздуха в газоздушную смесь.

**Струйные смесители.** Из числа параллельноструйных смесителей значительно большего внимания заслуживают конструкции, в которых воздух и газ поступают в смесительную камеру слоями или мелкими струями. В этих смесителях создаются условия для лучшего перемешивания газа при сравнительно низком сопротивлении.

Образцом может служить смеситель проф. Наумова, устанавливаемый на тракторе Коммунар (рис. 75). Тело смесителя (А) при помощи фланца (а) крепится к всасывающему коллектору двигателя. Нижний фланец (б) служит для крепления карбюратора. Через патрубок (Г) в смеситель подводится газ, регули-



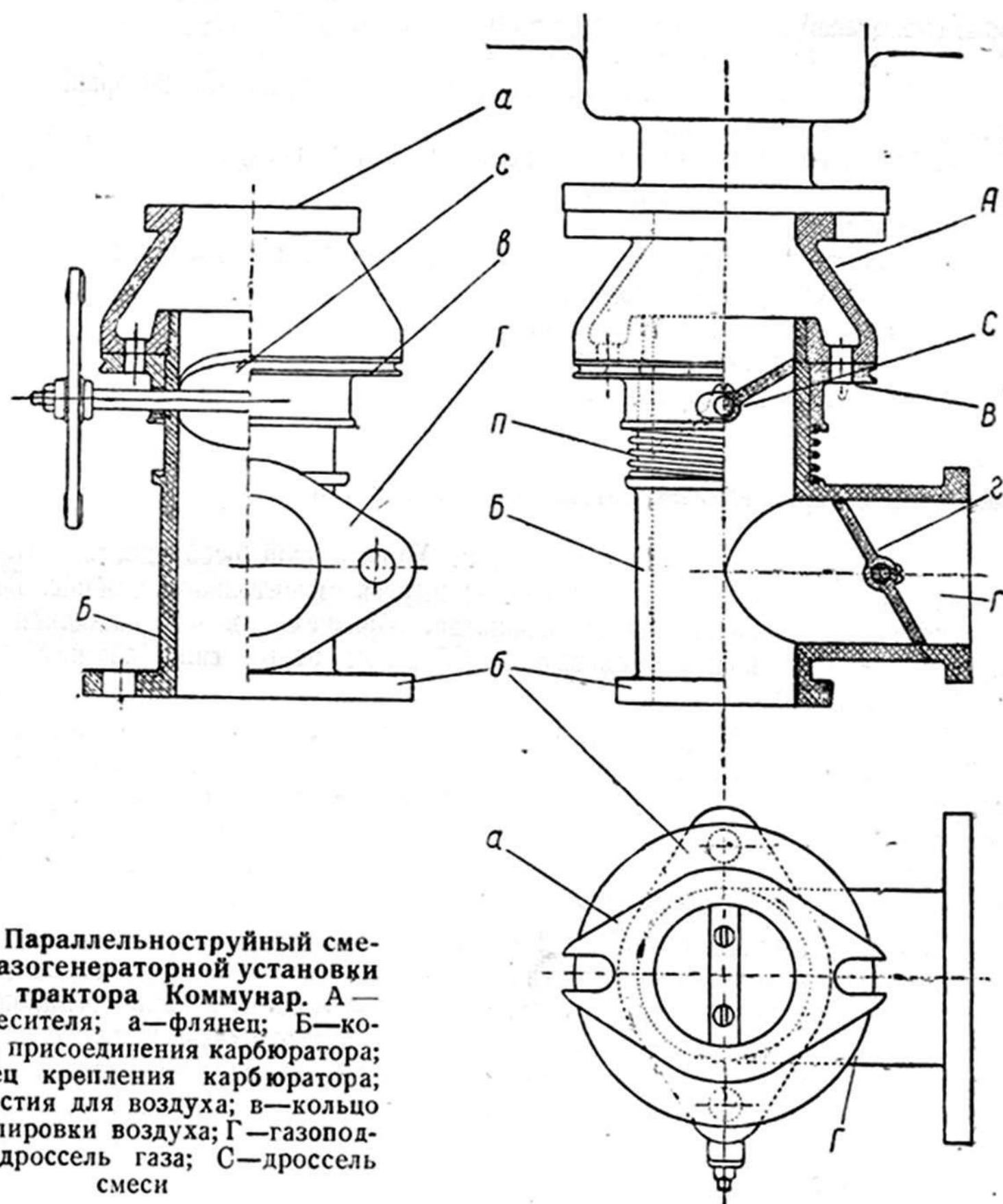


Рис. 75. Параллельноструйный смеситель газогенераторной установки У-3 для трактора Коммунар. А — тело смесителя; а — фланец; Б — колено для присоединения карбюратора; б — фланец крепления карбюратора; В — отверстия для воздуха; в — кольцо для регулировки воздуха; Г — газоподвод; г — дроссель газа; С — дроссель смеси

руемый дросселем (г). Дроссель смеси (С) соединяется с регулятором и акселератором. Через восемь овальных отверстий (В) в смеситель всасывается воздух, регулируемый кольцом (в). Для уплотнения кольцо (в) прижимается к телу смесителя при помощи пружины.

Смеситель сконструирован для обеспечения свободной работы двигателя как на жидком горючем, так и на газе.

Недостатком конструкции является отсутствие очистки воздуха, что надо признать нежелательным, особенно для работы машин в летних дорожных условиях. Установка кожуха вокруг воздушного кольца и присоединение его к очистителю значительно усложняют конструкцию, а следовательно, сильно снижают ее качества.

Примером кольцевого регулирования струй воздуха с очисткой последнего служит смеситель газогенераторной установки Рено, ввезенной в Союз в 1933 г. (рис. 76). Он относится по принципу действия к эжекционным смесителям. В этой конструкции регулировочное кольцо (1) заключено в кожух (2), соединенный с воздухоочистителем. Кожух при помощи шурупов закреплен в теле смесителя (3) и имеет некоторый зазор с регулировочным кольцом, позволяющий кольцу свободно вращаться вокруг тела смесителя. Газ в камеру смешения подводится че-

рез сопло (4). Патрубок (5) соединяет смеситель с карбюратором. Недостатки эжекционных смесителей (за исключением воздушной пленки, так как в этом случае воздух подается в камеру мелкими струями) присущи и данной конструкции.

### Смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха

К двухструйному типу этой группы относятся обычные тройники и смесители типа Солекс (рис. 73). Относительно плохое смесеобразование в подобных

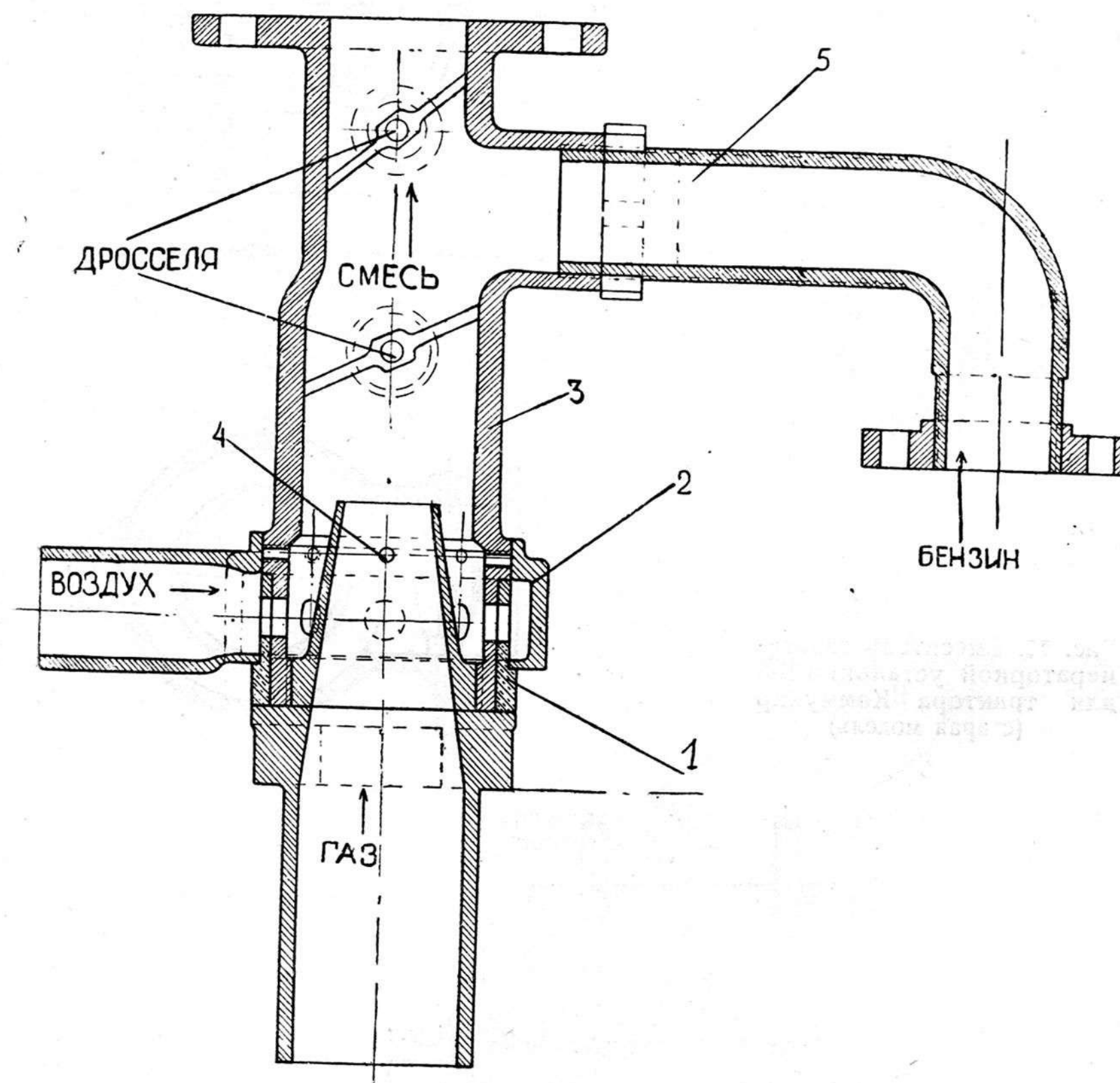


Рис. 76. Разрез смесителя Рено

конструкциях привело к необходимости создать смесители, имеющие подачу воздуха или газа через ряд мелких отверстий, расположенных поперечно к основному течению.

На рис. 77 приведен характерный для этого типа смеситель, предназначенный для трактора Коммунар. Перерезающие струи создают хорошие условия для перемешивания и позволяют делать смеситель компактным, с малым объемом камеры смешения. Недостатком приведенного смесителя является подвод газа через щели, что создает значительное сопротивление при работе на газе и хорошие условия для прососа паровоздушной смеси при работе с карбюратором, что вызвано условиями монтажа. Условия смешения будут лучше, если воздух пустить через щели, а газ через стакан камеры смешения.



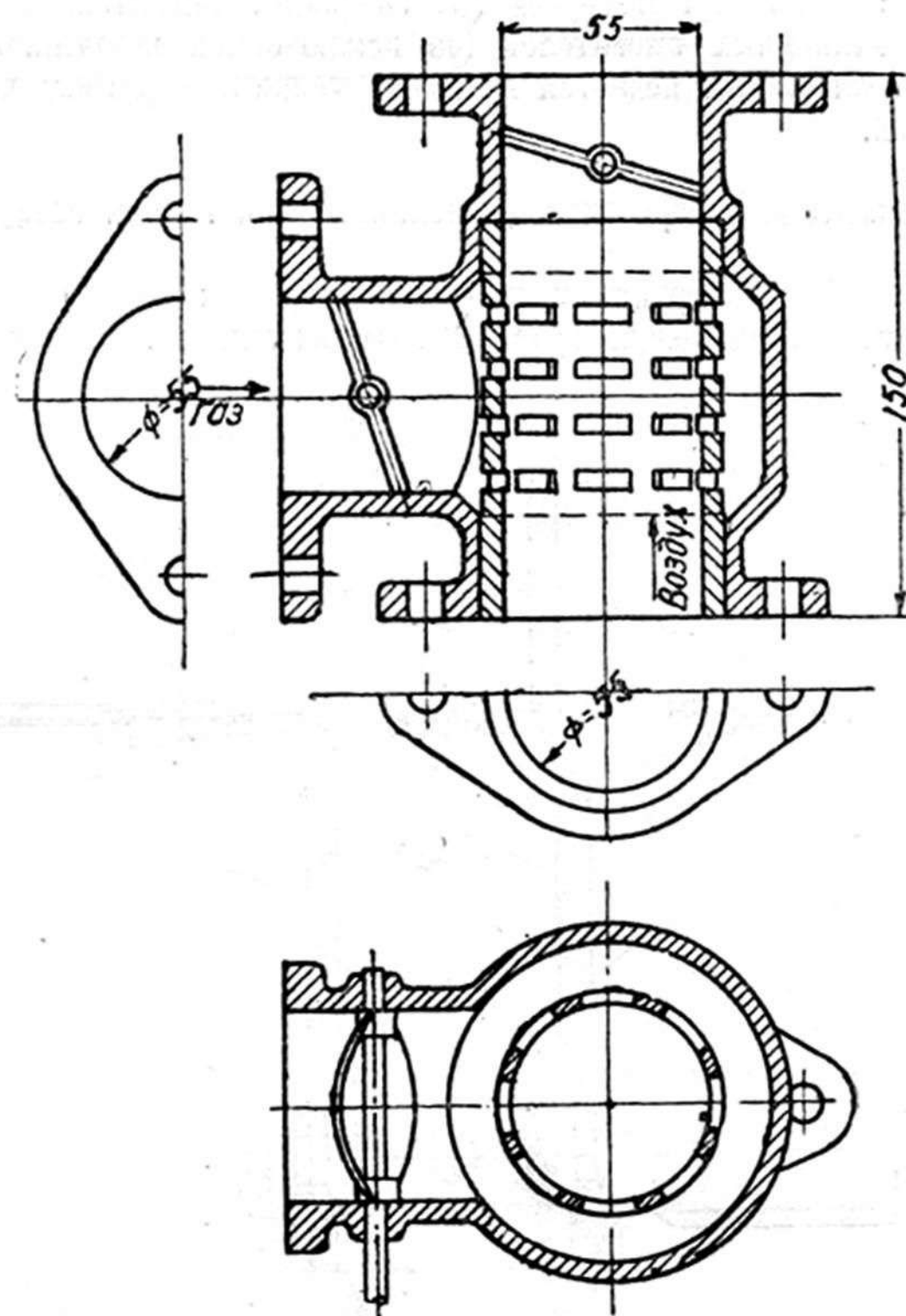


Рис. 77. Смеситель газогенераторной установки В-3 для трактора Коммунар (старая модель)

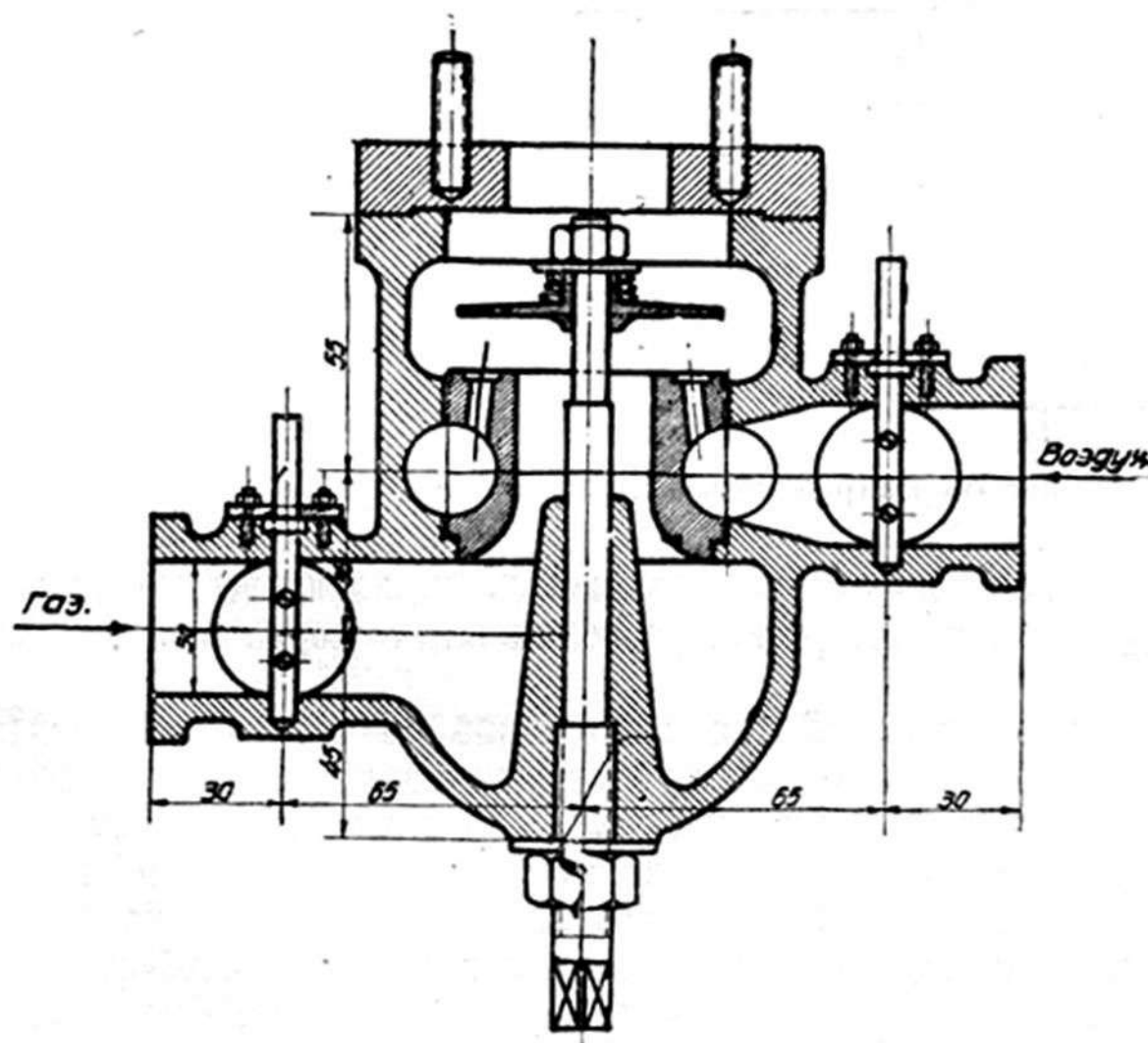


Рис. 78. Смеситель с обратным клапаном КОЛОН-I для двигателя 20 л. с.

К типу струйных смесителей можно отнести конструкцию Колон-I (рис. 78), имеющую подвижной автоматический смесительный клапан по типу смесительной камеры Кросслей. В этом смесителе воздух поступает под клапан рядом вертикальных мелких струй через круглые отверстия, расположенные по окружности газового сопла. Струя газа, благодаря наличию тарелки клапана, по выходе из сопла получает горизонтальное направление и перерезается струями воздуха. Поступающий с высокой скоростью воздух, перерезая газ, ударяется о тарелку

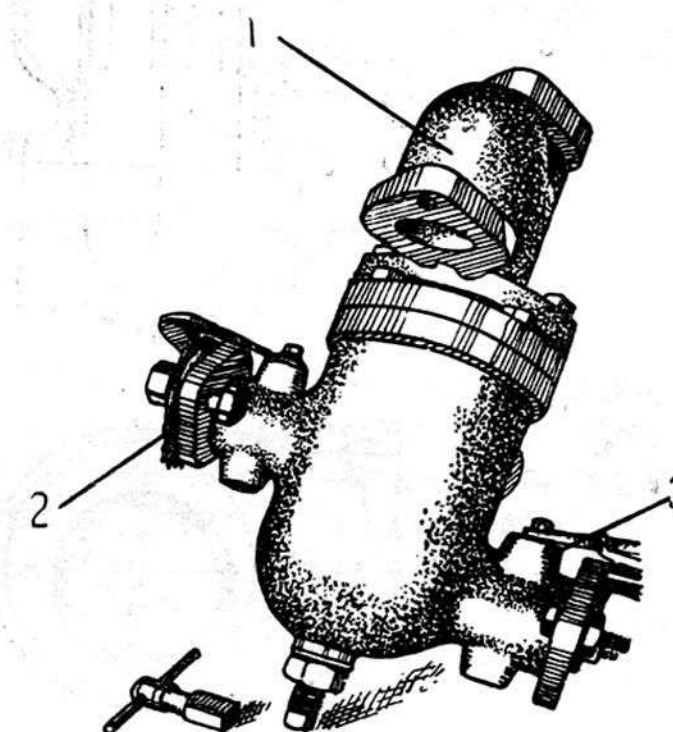


Рис. 79. Общий вид смесителей КОЛОН-I. 1—колono крепления смесителя с карбюратором и двигателем; 2—патрубок газа; 3—патрубок воздуха

клапана и получает вихревые движения, в значительной степени содействующие хорошему перемешиванию газовойздушной смеси. Смесительный клапан имеет назначение перекрывать воздушный и газовый каналы во время остановки двигателя. Этим устраняется проход газа или воздуха в трубопровод, а следовательно, уменьшается опасность взрывов. Наличие клапана способствует саморегулировке смеси при изменяющемся режиме работы мотора. На рис. 79 показан общий вид смесителя.

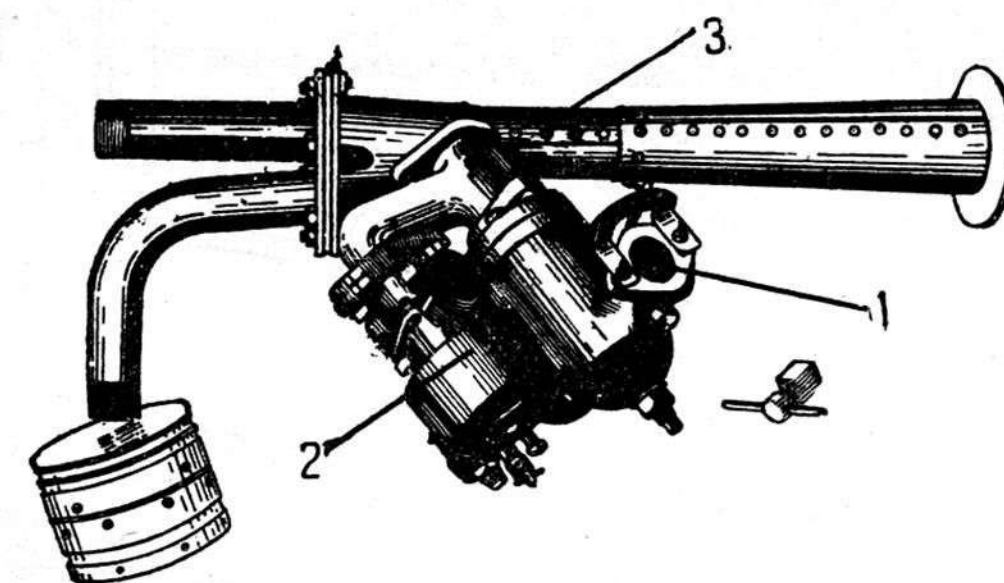


Рис. 80. Смеситель КОЛОН-I, собранный вместе с карбюратором. 1 — смеситель КОЛОН-I, 2 — карбюратор; 3 — эжектор

Недостатком этого смесителя является сравнительная громоздкость и необходимость присоединения карбюратора при помощи специального патрубка, соединяющего смеситель и карбюратор с всасывающей трубой двигателя. На рис. 80 показан способ монтажа смесителя и карбюратора.

### Турбулентные смесители

В турбулентных смесителях происходит сильное завихрение газовойздушной смеси, улучшается перемешивание и значительно сокращается объем камеры смешения при относительном увеличении пути движения газа и воздуха. Это удли-



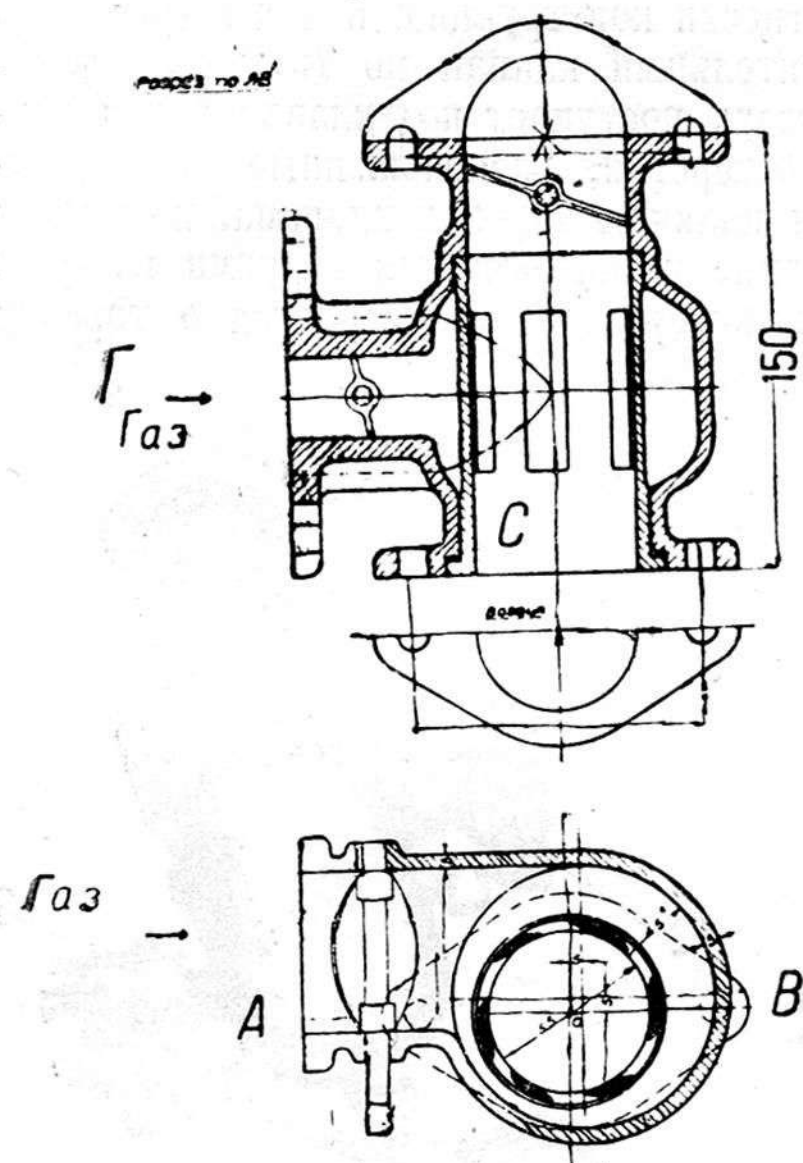


Рис. 81. Турбулентный смеситель В-3 для трактора Коммунар

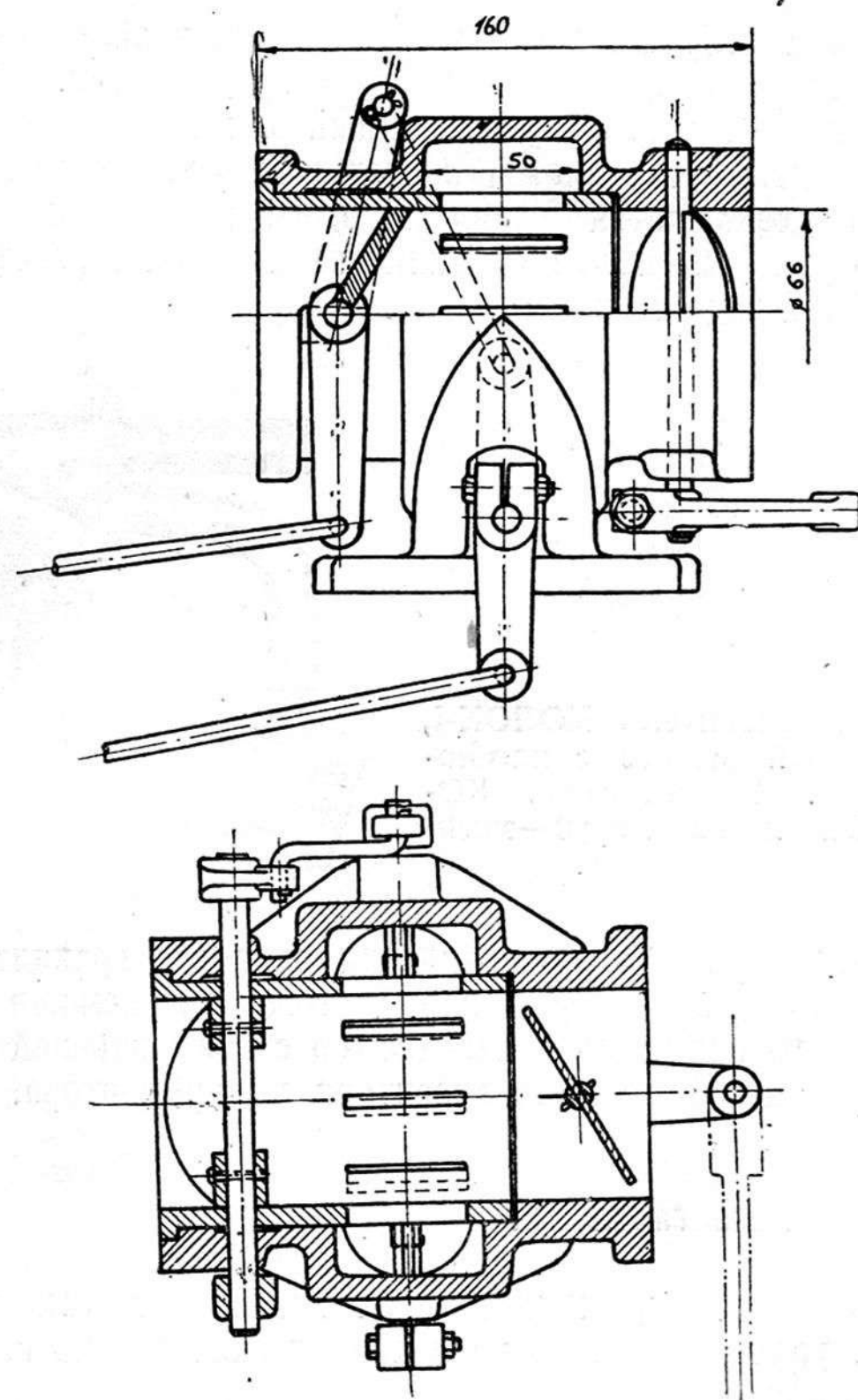


Рис. 82. Турбулентный смеситель установки Автодор-1

няет время соприкосновения газа и воздуха (время перемешивания), благодаря чему снижается избыток воздуха и уменьшаются потери от химической неполноты горения.

При рациональной конструкции турбулентного смесителя он создает сравнительно небольшое сопротивление, что способствует повышению мощности двигателя. Завихрение газовой смеси осуществляется сообщением вихрей или газовому потоку или воздуху. Завихренный поток создает вращательное движение, способствующее хорошему смешению.

На рис. 81 изображен смеситель В-3 (новая модель). Конструкция выполнена в виде тройника, имеющего внутри вставной стакан с тангенциально прорезанными отверстиями. Поток газа через патрубок (Г), имеющий дроссель для регулировки, подходит сбоку к стакану (С), образуя камеру смешения.

Боковой подвод газа и улиткообразный канал вокруг камеры смешения придают газу сильное вращательное движение, сохраняемое при проходе через щели в камеру. Воздух поднимается вертикальным потоком, захватывается вращательным движением газа, и интенсивно перемешанная газозвушная смесь, пройдя мимо дросселя — регулятора, всасывается в цилиндры двигателя. Этот способ завихрения нежелателен, так как для создания вращательного движения газа нужно затратить значительное давление, а следовательно, смеситель должен работать с большим сопротивлением, что неизбежно будет снижать мощность двигателя.

Лучшие результаты дает смеситель, в котором по улитке будет проходить воздух. В этом случае для завихрения используется избыток давления воздуха над газом. Сопротивление получится значительно ниже, а улучшение смешения газозвушной смеси при пониженном сопротивлении сильно повысит при всех прочих равных условиях мощность двигателя. Последний принцип смешения выполнен в смесителе установки Автодор-1 (рис. 82).

Прототипом турбулентных смесителей служит газовая горелка доменного газа системы Бауер и Салао.

### Смесители-карбюраторы

Требование к газогенераторной установке обеспечить возможность работы автомобиля как на жидком, так и на твердом топливе, вызвало создание ряда смесителей, соединенных с обычным карбюратором. Конструкции таких смесителей, например Рекс, Барбье, Гриффон и другие, получили сравнительно большое распространение за границей. В наших же условиях, когда к машине предъявляются совершенно иные требования, когда главное внимание обращено на работоспособность установки и возможное приближение мощности двигателя на газе к мощности на жидком горючем, когда имеется возможность и необходимость коренного изменения двигателя, когда ставится вопрос о полной замене жидкого топлива твердым, — сложные соединения смесителя и карбюратора не могли получить распространения.

Конструкция смеситель-карбюратор, помимо сложности, имеет основной недостаток — плохое смешение газа и воздуха. Этот недостаток вызван необходимостью создать в одном приборе камеру смешения и камеру испарения жидкого горючего.

Обычно стремились создать хорошие условия для жидкого горючего за счет ухудшения образования газозвушной смеси и уделяли много внимания возможности работы с одним смесителем, как на смеси газа и жидкого горючего, так и на газе и бензине в чистом виде. Образцом конструкций смеситель-карбюратора могут служить конструкции Рекс и Барбье.

Конструкция Рекс (рис. 83) имеет большой недостаток, присущий смесителям тройникового типа. Достоинством конструкции надо считать возможность плавной регулировки подачи жидкого горючего в зависимости от положения дроссельной заслонки газа (7). Регулировка осуществляется путем краника (8), со-



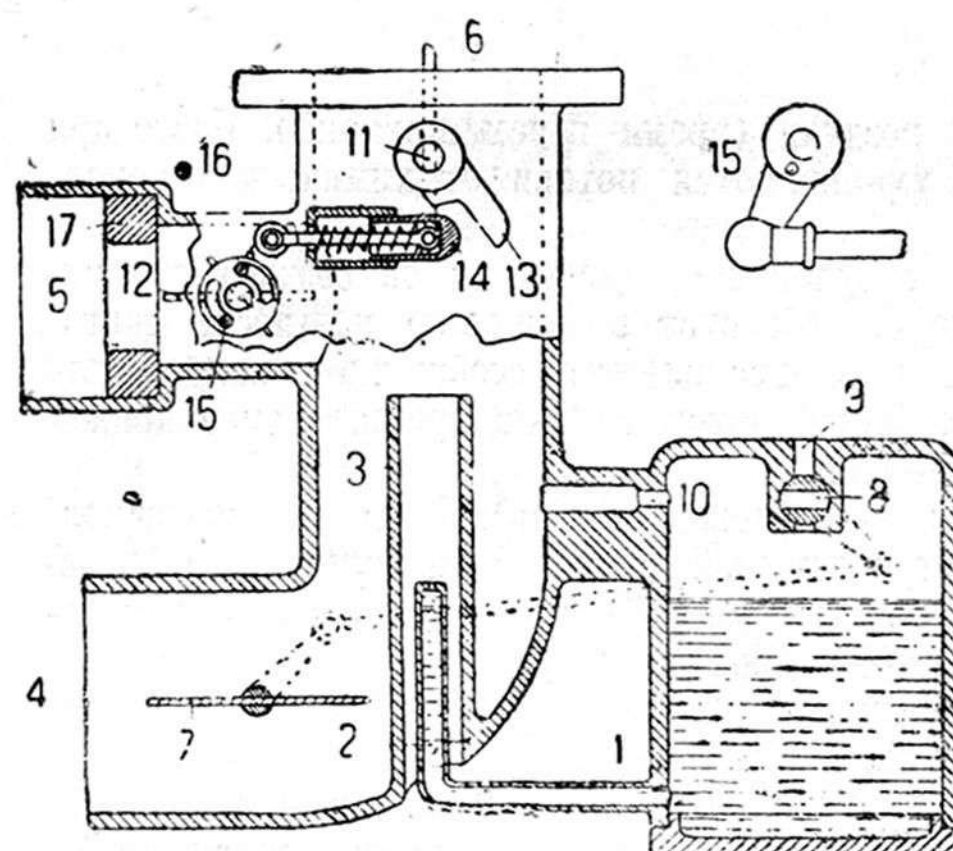


Рис. 83. Смеситель Рекс.  
1—поплавковая камера; 2—жиклер; 3—трубки диффузора; 4—вход газа; 5—вход воздуха; 6—выход газовой смеси; 7—дроссель газа; 8—краник поплавковой камеры; 9—отверстие, соединяющее поплавковую камеру с наружным воздухом; 10—калиброванное отверстие, соединяющее поплавковую камеру с смесителем; 11—дроссель смеси; 12—дроссель воздуха; 13—рычаг связи воздуха и смеси; 14—связь дросселя смеси с дросселем воздуха; 15—поводок связи; 16—постоянный дроссель воздуха; 17—постоянная регулировочная шайба.

общающего поплавковую камеру с наружным воздухом. Для выравнивания давления в камере смешения и поплавковой камере служит калиброванное отверстие (10). Оно необходимо для того, чтобы препятствовать подосу жидкого горючего, когда закрыт краник (8). Регулировка воздуха осуществляется постоянной шайбой (17) и дросселем (12). Заслонка (11) служит дросселем смеси.

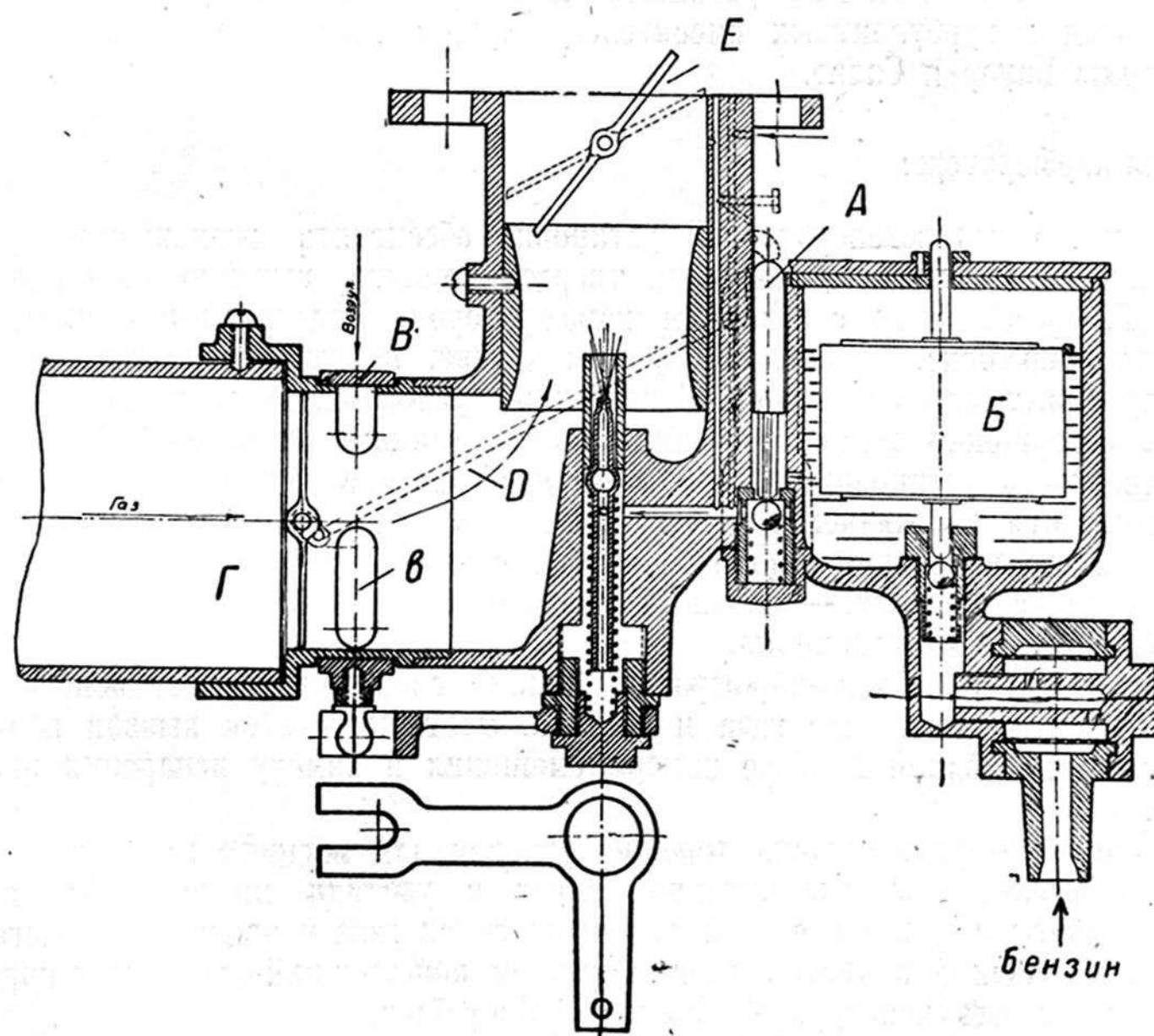


Рис. 84. Смеситель установки Барбье. А—игла регулировки бензина, связанная с дросселем газа; Б—поплавковая камера; В—кольцо регулировки воздуха; в—отверстия для прохода воздуха; Г—дроссель газа; Д—связь дросселя газа с иглой бензина; Е—дроссель смеси

В смесителе-карбюраторе системы Барбье (рис. 84) работа на чистом газе или бензине, а также на смеси газа с бензином осуществляется при помощи иглы (А), связанной с дросселем газа (Г) с таким расчетом, чтобы при открытом дросселе газа игла прикрывала доступ жидкого горючего к жиклеру и двигатель работал на чистой газовой смеси. В этом случае воздух всасывается в камеру смешения через отверстия (в), регулируемые кольцом (В). Здесь смешение выполнено по принципу пересекающихся струй и обеспечивает хорошее перемешивание газа с воздухом. Если слегка прикрыть газовый дроссель, то поднимется игла, и через жиклер начнет подаваться бензин. При этом положении двигатель будет работать на смеси жидкого горючего и газа.

Недостатком смесителя Барбье является необходимость устройства диффузора большого диаметра (вызвано условием прохождения газа через диффузор), что уменьшает интенсивность испарения горючего. Вторым недостатком является отсутствие воздухоочистителя, что вызывает излишний износ двигателя. На рис. 85 показан наружный вид смесителя-карбюратора Барбье.

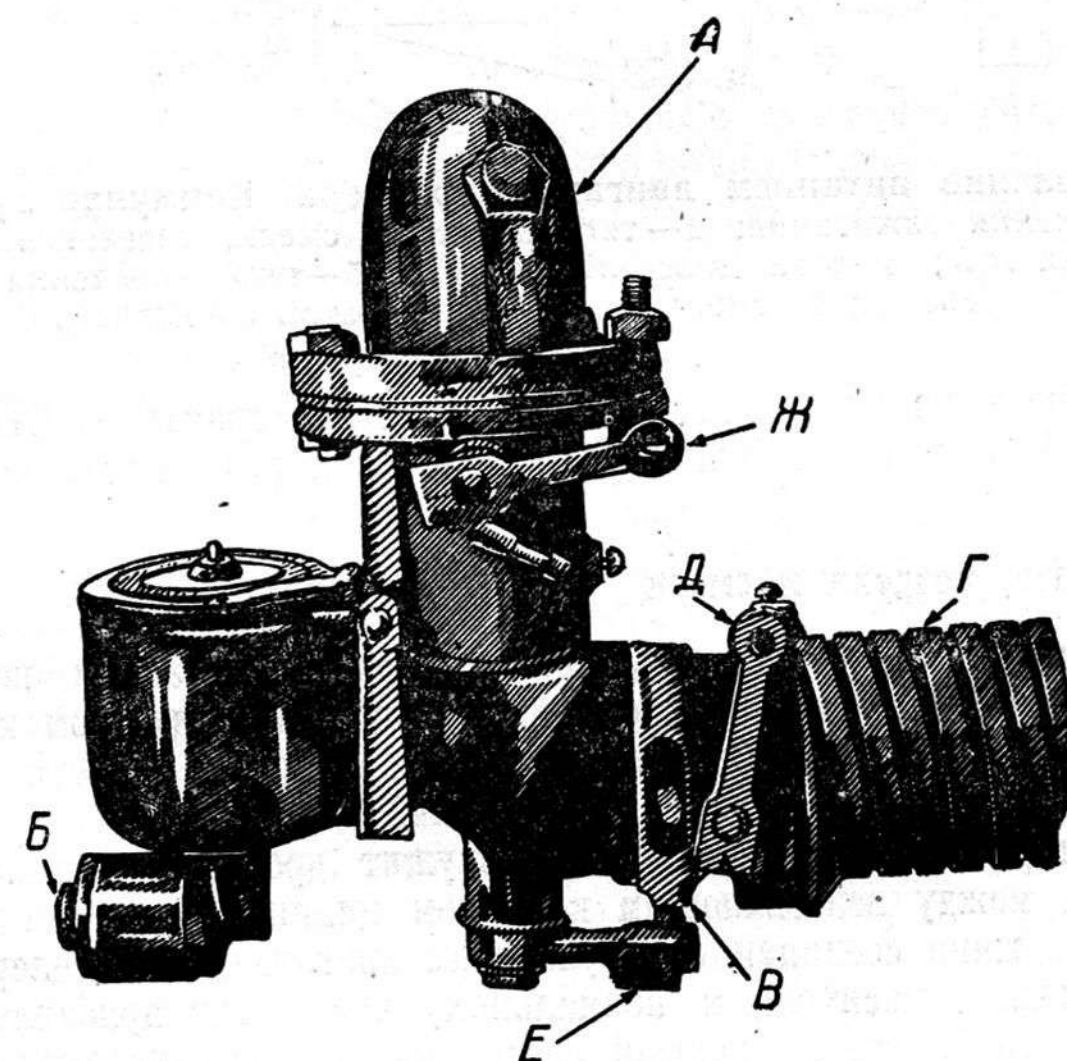


Рис. 85. Общий вид установки смесителя-карбюратора системы Барбье. А—патрубок смеси; Б—подвод бензина; В—кольцо регулировки воздуха; Г—подвод газа гибким шлангом; Д—дроссель газа; Е—рычаг кольца регулировки воздуха; Ж—рычаг дросселя смеси

#### Установка смесителя

В транспортных установках делается общая смесительная камера, соединяющаяся с цилиндрами двигателя при помощи всасывающего коллектора. Обычно смеситель монтируется на месте карбюратора, причем последний приключается к смесителю или через специальный патрубок или включается в воздухопровод. Реже смеситель присоединяется к всасывающему коллектору, карбюратор в этом случае остается на прежнем месте.

Как первый, так и второй способ монтажа на всасывающем коллекторе требует отключения подогрева коллектора, что является необходимым, особенно для двигателей, работающих на лигроине или керосине. Имеющийся подогрев смеси, желательный для устранения конденсации паров в случае жидкого горючего, оказывается вредным для газа, так как значительно снижает мощность. В ряде конструкций двигателей отключение подогрева всасывающей трубы тре-



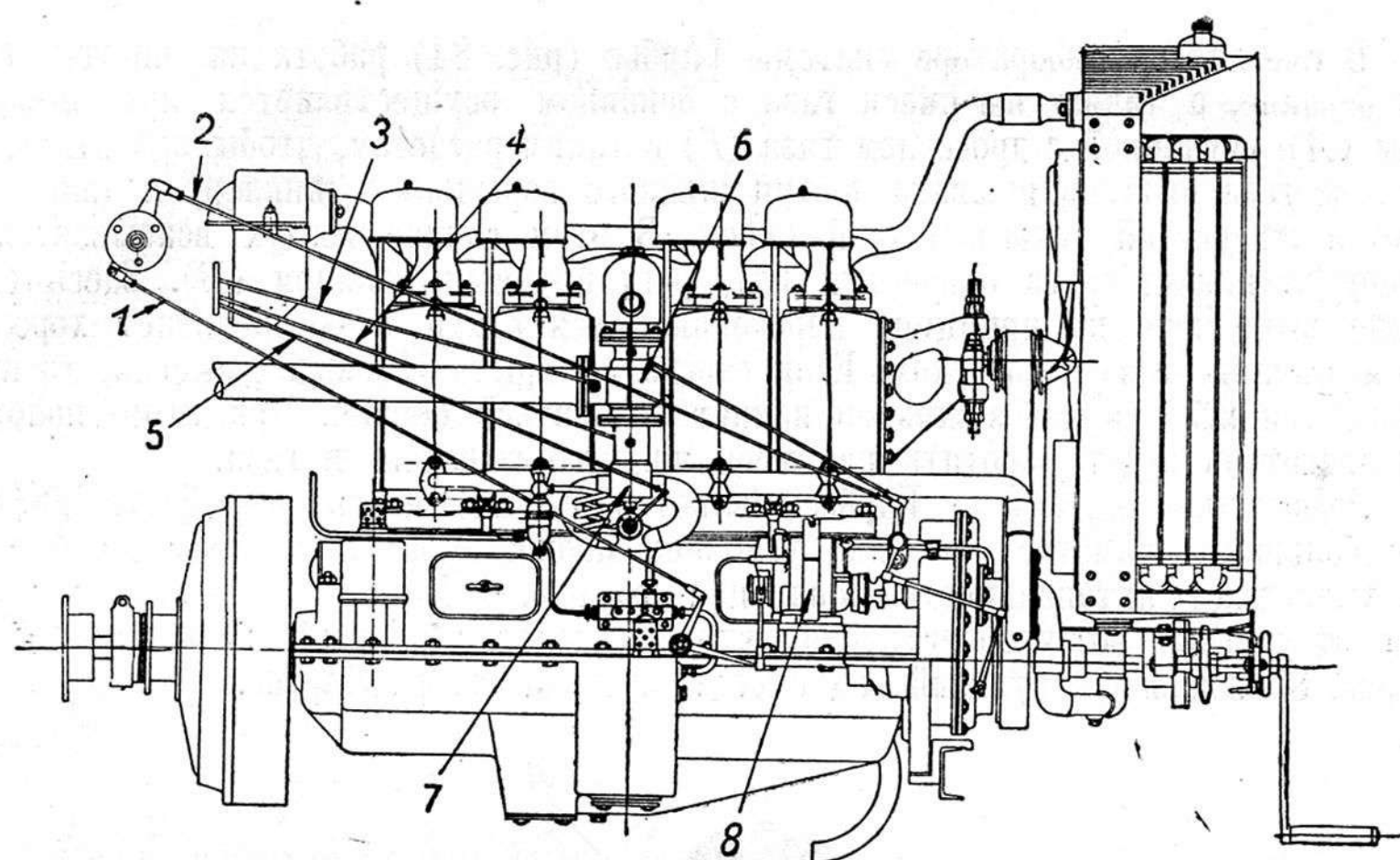


Рис. 86. Управление питанием двигателя трактора Коммунар с установкой В-3. 1—тяга опережения зажигания; 2—тяга дросселя смеси, связанная с регулятором. 3—тяга дросселя газа; 4—тяга дросселя воздуха; 5—тяга включения и выключения бензина; 6—смеситель; 7—карбюратор 8—магнето

бует значительного изменения последнего (двигатели тракторов СТЗ, ХТЗ, ЧТЗ и автомобилей ЗИС-3 и Я-5). Эта мера стала применяться только в последнее время.

### Регулировка газа, воздуха и смеси

Для управления смесью и регулировки количества газа и воздуха служат дроссельные заслонки, устанавливаемые в газовом и воздушном каналах смесителя. Чаще всего эти заслонки переставляются от руки с места сидения водителя.

Для регулировки количества смеси служит дроссель, устанавливаемый в патрубке смеси между всасывающим клапаном цилиндра и смесительным органом. Дроссель обычно соединен с регулятором двигателя и акселератором.

При установке смесителя к нормальному числу тяг прибавляются две тяги — воздуха и газа, что на первый взгляд значительно усложняет установку. Если же учесть потребность в работе каждой тяги, то работа со смесителем становится не сложнее работы с карбюратором.

На рис. 86 изображена установка питания газом двигателя трактора Коммунар. Тяга (2) соединена с дроссельной заслонкой и регулятором. Этой тягой, главным образом, работает водитель. Тяга (3) соединена с заслонкой газа. Ею водитель пользуется только при пуске двигателя на газе, включая или выключая газ; во время движения она бездействует. Тяга (4) соединена с дросселем воздуха. Ею пользуются, главным образом, при пуске, регулируя качество смеси, и редко во время движения — если нарушится режим работы установки. Тяга (1) соединена с магнето и служит для изменения опережения зажигания. В ряде установок эта тяга совсем отсутствует. Тяга (5) соединена с бензинопроводом и служит для включения и выключения жидкого горючего. Таким образом основной тягой во время работы является тяга дросселя смеси, которой работают как на газе, так и на жидком горючем.

Необходимость регулировки смеси может появиться в результате следующих основных причин:

1. Изменение нагрузки машины и связанное с нею изменение мощности двигателя.

2. Изменение состава газа (обеднение или обогащение смеси), являющееся результатом изменения режима работы газогенератора, образования в шахте за-  
торов или местных прогаров топлива.

3. Изменение сопротивления установки в результате повышения или понижения сопротивлений в отдельных частях аппаратуры или в газогенераторе. Изменение сопротивления может появиться вследствие:

а) забивания мелочью и золой топливника;  
б) затора топлива в бункере и разрыхления восстановительного слоя;  
в) снижения мощности, что влечет за собой снижение расхода газа, а следовательно, скорости течения газа в аппаратуре, и уменьшение сопротивления всей системы;

г) засорения очистителей, холодильников и трубопроводов.

Первое требование регулировки, вызываемое изменением нагрузки двигателя, удовлетворяется при помощи количественной регулировки смеси. Такая регулировка обычно производится автоматически, при помощи регулятора, соединенного с дросселем газа. Этот дроссель также соединен с акселератором, что позволяет изменять мощность по желанию водителя.

Удовлетворить второе требование регулировки смеситель может только при наличии качественной регулировки смеси, что осуществляется дросселированием газа или вторичного воздуха вручную. Обычно регулирование качества смеси производится одной воздушной заслонкой, которая для этой цели должна иметь соответствующий диапазон влияния.

Стремление упростить и автоматизировать регулировку выразилось в ряде конструкций в устройстве автоматической регулировки воздуха, в зависимости от положения заслонки смеси.

Подобная качественная регулировка в смесителе Панар-Левассор (рис. 87) выполнена при помощи заслонки (А), связанной с валом дросселя смеси (В). В момент дросселирования смеси поворачивающийся от регулятора дроссель (В) поворачивает заслонку (А), перекрывает обводной канал (Д) и тем самым уменьшает количество подаваемого в камеру воздуха. При помощи крана (К) от руки устанавливается пропорция смеси для нормальной мощности двигателя. Краном (С) осуществляется работа двигателя или на смеси газа с бензином или на чистом бензине и газе.

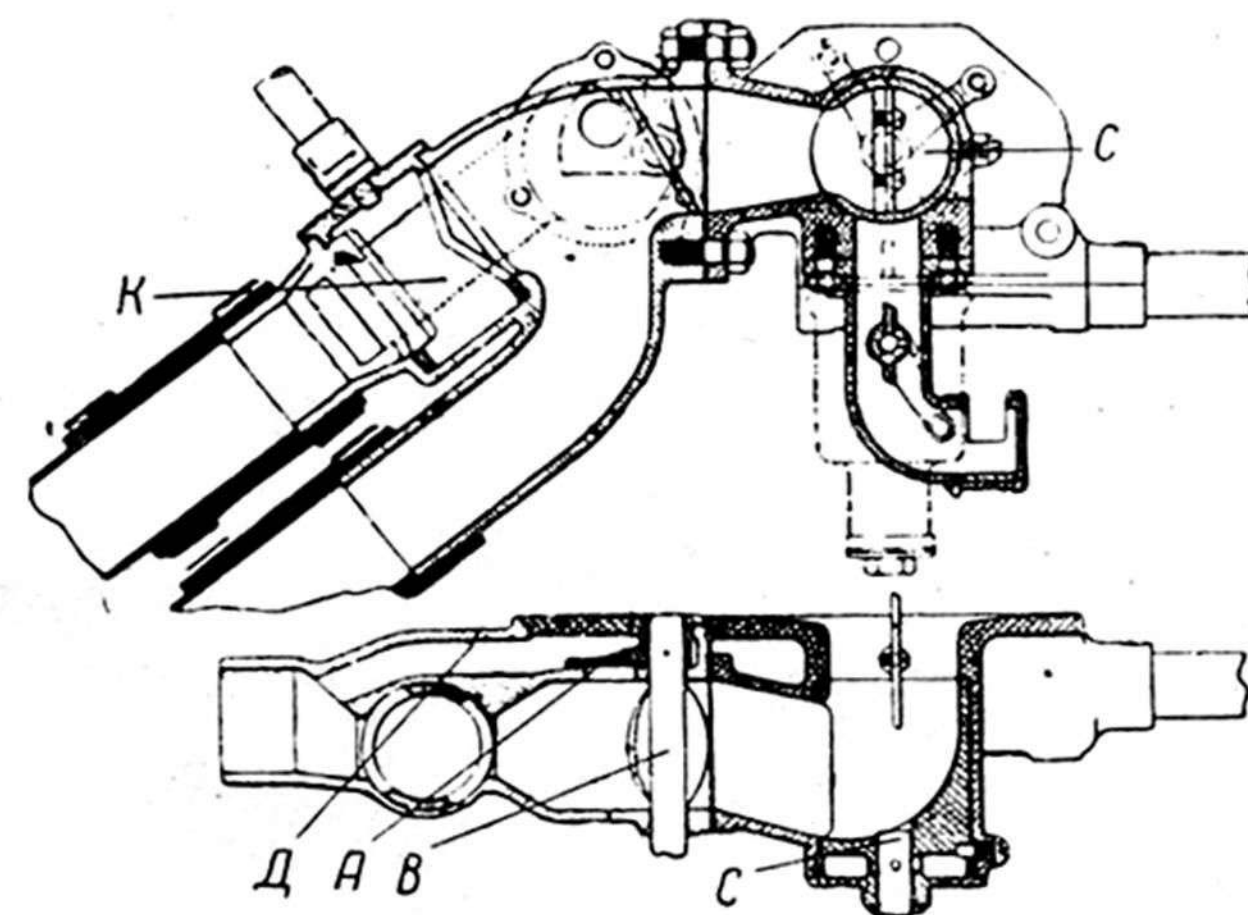


Рис. 87. Смеситель с автоматической регулировкой воздуха системы Панар-Левассор



В смесителе Рекс (рис. 83) качественная регулировка производится автоматически при помощи дросселя воздуха (12), постоянно оттягиваемого пружиной в открытое положение. При поворачивании дросселя смеси (11) рычажок (13) давит на штырь (14) и перекрывает заслонку воздуха (12), уменьшая приток последнего в камеру. Вставная диафрагма (17) имеет отверстие, подобранное для расхода воздуха при максимальной мощности двигателя, когда открыты дроссель смеси и дроссель воздуха.

Третье требование к регулировке удовлетворяется путем выравнивания давлений в воздушном и газовом каналах и производится обычно заслонками газа и воздуха с тем, чтобы сохранить качество смеси. Попытки автоматизировать такую регулировку не дали удовлетворительных результатов и в практике не привились.

Обеспечение быстрой и плавной регулировки возможно только в смесителе, имеющем правильно подобранные сечения и отвечающем вышеприведенным условиям.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ К РАБОТЕ НА ГАЗЕ

Современные двигатели внутреннего сгорания, поставленные на автомобилях и тракторах, предназначены для работы на жидком топливе. При переводе их на газ без всяких изменений в их конструкции они могут работать с значительно меньшей мощностью, чем на жидком горючем. Это происходит от причин, которые указаны ниже.

Наилучшим решением вопроса о сохранении мощности двигателя в требуемых размерах является создание специального двигателя для работы на газе. Однако производство такого двигателя потребует солидной переделки оборудования заводов и изменения производственных процессов, на что в настоящее время рассчитывать трудно. Кроме того, установка всех приборов для получения газа может быть произведена наилучшим образом только при переработке всей конструкции автомашин, т. е. создании новых машин, предназначенных специально для работы на газе. На производство таких машин можно рассчитывать лишь при широком распространении газогенераторного дела.

В настоящее время стоит вопрос о том, чтобы ввести в конструкцию современных машин, главным образом в конструкцию их двигателей, такие переделки, которые, с одной стороны, не нарушали бы коренным образом существующих производственных приемов и не потребовали бы перемены оборудования, а с другой — не давали бы значительного падения мощности двигателя.

Бензиновая смесь, поступающая в цилиндры двигателя внутреннего сгорания, имеет теплотворную способность около 800 кал на 1 куб. м смеси. Газовая смесь обладает значительно меньшей теплотворной способностью, которую в среднем для обычного твердого топлива (уголь, древесина) можно оценить около 530 кал на 1 куб. м смеси. Вследствие этого происходит резкое падение мощности двигателя на газе сравнительно с мощностью на бензине.

Падение мощности теоретически определяется в размере 30 проц., а практически может достигать 40 и более процентов. Такое падение слишком сильно влияет на тяговые свойства машины и может уменьшить тяговые усилия на крюке трактора в два и даже больше раз. Естественно, что следует принять меры к уменьшению такого резкого падения мощности и тяговых усилий. Эти меры заключаются в следующем:

### Увеличение степени сжатия (объемное изменение) горючей смеси в цилиндре двигателя

Степень сжатия бензиновых и керосиновых двигателей должна быть такой, чтобы не происходила детонация, т. е. преждевременное воспламенение смеси вследствие слишком сильного нагревания. Кроме того, существуют и другие причины ограничения степени сжатия.

Для бензиновых двигателей степень сжатия практически изменяется в пределах от 4 до 5,5. Для керосиновых двигателей она меньше и колеблется практически в пределах от 3,5 до 4,2.



Для газовых двигателей степень сжатия может быть значительно повышена без всяких вредных последствий для работы двигателя. Исследования газогенераторных установок на дровах в высшей технической школе в Мюнхене (Германия) показали возможность повышения степени сжатия почти до 9, и двигатели работали на подобной степени сжатия (8,89) вполне удовлетворительно. Те же исследования установили зависимость мощности от степени сжатия для двух опытных газогенераторных установок, что указано в следующей таблице.

Таблица 20

Зависимость мощности двигателя от степени сжатия

Степень сжатия	5,17	6,89	8,89
Падение мощности двигателя . . . .	34,8—38,2%	29,5—30,8%	21,1—21,3%

Одновременно с увеличением мощности при повышении степени сжатия падает расход твердого топлива, что показано в таблице 21.

Таблица 21

Расход дров в газогенераторе

Степень сжатия	Расход сухих дров (17% влаги) на 1 л. с. в час в кг
5,17	0,95—1,10
8,89	0,75—0,80

Таким образом увеличение степени сжатия является действительным средством для уменьшения падения мощности при переходе от жидкого к твердому топливу с одновременным возрастанием экономичности работы двигателя.

#### Повышение теплопроизводительности газа

Это повышение может быть достигнуто применением соответственно обработанного топлива, например подсушенных дров или, еще лучше, бурого угля. Калорийность газовой смеси на 1 куб. м в зависимости от способа обработки древесного топлива выражается по данным Дюпона следующими цифрами (в калориях):

Таблица 22

Древесина с 36% влаги . . . . .	600 кал
„ „ 18% „ . . . . .	628 „
„ высушенная при 100° . . . . .	659 „
„ „ „ 275° . . . . .	656 „
„ „ „ 310° . . . . .	648 „
„ „ „ 400° . . . . .	623 „
„ „ „ 545° . . . . .	594 „

Кроме того, теплопроизводительность газа может быть повышена обогащением топлива путем пропитки его веществами, обладающими значительными теплотворными способностями, например мазутом или каменноугольным дегтем в количестве от 5 до 10 проц. от веса непропитанного горючего. Однако такая прибавка отрицательно влияет на чистоту газа и равномерность работы газогенератора вследствие образующихся в нем пустот, вызываемых соединением кусков твердого горючего в крупные массы.

#### Охлаждение газа до возможно низких температур

Значение охлаждения газа было указано выше.

#### Нагнетание горючей смеси в цилиндры

Нагнетание увеличивает наполнение цилиндров и фактическое сжатие смеси, но требует наличия сложных приспособлений в виде специальных компрессоров, которые к тому же поглощают значительную часть той энергии, которая увеличивается с помощью наддува. Практически этот способ не пользуется распространением.

#### Уменьшение разрежения путем понижения сопротивлений

Необходимо заботиться о возможном уменьшении сопротивлений движению газа в частях установки и в соединительных трубопроводах, имея в виду, что разрежение в 100 мм водяного столба вызывает потерю около 1,3 проц. мощности двигателя.

Из указанных выше мер для ослабления падения мощности двигателя были рассмотрены те, которые касаются приспособления двигателя к работе на газе. В пункте 1 указано, что наиболее действительным средством для сохранения мощности является увеличение степени сжатия в двигателе.

Повышение степени сжатия может быть выполнено двумя основными способами:

- а) переделкой поршней цилиндров двигателя;
- б) изменением головки двигателя.

Первый способ является в большинстве случаев простейшим, и к нему чаще всего прибегают в современной практике. Второй способ хотя и более сложен, но имеет явное преимущество. Он дает возможность придать камере сгорания наиболее выгодную форму как для горения горючей смеси, так и для обеспечения от детонации, которая могла бы возникнуть при больших степенях сжатия.

Наилучшей формой камеры сгорания является форма шляпы, причем в тонких слоях ее (полях) смесь энергично охлаждается, что понижает общую температуру и предотвращает возможность детонации. Одновременно с основной переделкой двигателя для увеличения степени сжатия могут быть приняты и другие изменения, а именно:

а) Увеличение степени наполнения цилиндра газовой смесью, что достигается увеличением площади всасывающего клапана или увеличением подъема клапана. Кроме того, приходится производить и некоторые другие небольшие переделки двигателя.

б) Уменьшение компрессии при пуске в ход на бензине. При высокой степени сжатия пуск двигателя на бензине невозможен как вследствие трудности заводки, особенно для двигателей значительной мощности, так и из опасений преждевременных взрывов. Ввиду этого приходится прибегать к декомпрессионному приспособлению, работающему при пуске двигателя на бензине.

Таким приспособлением может служить краник, ввинченный в стенки цилиндра на соответственной высоте. При пуске двигателя часть рабочей смеси во время хода сжатия будет выходить через открытый краник до тех пор, пока поршень не перекроет его, после чего и начнется сжатие смеси. Положение краника должно быть рассчитано так, чтобы полученное сжатие отвечало нормальному сжатию двигателя при работе на жидком горючем. После перехода на газ краник закрывается. Для того чтобы при всасывании смеси она не разбавлялась воздухом, проходящим через краник, в последнем может быть поставлен шариковый клапан, не допускающий прохода воздуха при всасывании и пропускающий смесь при ее сжатии.



в) Изменение опережения зажигания. Газовая смесь сгорает в цилиндре двигателя примерно в два раза медленнее, чем бензиновая. Для полного и своевременного сгорания газовой смеси в цилиндре приходится давать большее опережение зажигания. Величина опережения зависит, кроме того, от степени сжатия, при увеличении которой горение происходит быстрее, а следовательно, и опережение зажигания должно быть меньше. В таблице 23, составленной на основании немецких опытов, показана зависимость между степенью сжатия и опережением зажигания.

Таблица 23

Зависимость опережения зажигания от степени сжатия

Горючее	Степень сжатия	Опережение в градусах от ВМТ
Жидкое . . . . .	5,17	29
Газ . . . . .	5,17	39
	6,89	35,5
	8,89	31,5

Так как для пуска в ход газового двигателя на жидком горючем требуется наименьшее опережение, а современные магнето не дают такого широкого изменения опережения, то при работе на газе при небольших степенях сжатия необходимо ставить дополнительные приспособления, позволяющие расширить регулировку магнето. Однако при больших степенях сжатия надобность в таких дополнительных приспособлениях отпадает.

г) Устранение подогрева воздуха и смеси. Карбюраторные двигатели, работающие на керосине, нуждаются для лучшего испарения горючего в подогреве воздуха или горючей смеси. Иногда применяется и то и другое одновременно. Для такого подогревания двигатели имеют соответственные приспособления, использующие обычно теплоту выхлопных газов.

Из сказанного выше известно, что для газовой смеси не только не требуется подогрева, но, наоборот, необходимо по возможности охладить газ для получения лучшей степени наполнения цилиндров. Ввиду этого все приспособления керосинового двигателя для нагревания воздуха и горючей смеси при переделке двигателя для работы на газе должны быть устранены, чем достигается повышение мощности двигателя.

Таким образом наилучшим средством уменьшения потери мощности двигателя при переходе с жидкого горючего на твердое является переделка двигателя с целью получения наибольшей допустимой степени сжатия. Если к этому прибавить и другие способы сохранения мощности, как-то: увеличение калорийности газа, энергичное охлаждение газа и уменьшение потерь давления во всей системе газогенератора, можно добиться если не полного сохранения мощности двигателя без изменения его размеров (литража), то доведения потери мощности до наименьших пределов, не более 15 проц., что уже практически является мало чувствительным.

## РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ В СССР

Работы по развитию газогенераторного дела в применении к подвижным установкам можно разбить на два отдела:

1. Практическая работа (конструктивная).
2. Научно-исследовательская работа (изучение существующих конструкций и процессов).

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ЗА ПЕРИОД 1923—1934 гг.

#### Работы проф. В. С. Наумова

Профессор В. Наумов является пионером применения в Союзе легкого газогенератора для автомобиля. Он начал свои работы в период, когда это дело только рождалось за границей, когда слова «автомобиль на угле» резали ухо и вызвали ироническую улыбку.

В 1923 г. проф. Наумов взял патент на свой первый газогенератор У-1, предназначенный для работы на древесном угле, антраците или коксе. Первые испытания этой установки были проведены в Ленинграде в 1927 г. в лабораторных условиях.

В 1928 г. значительно улучшенная установка У-2 была смонтирована на грузовике Фиат (рис. 88), участвовавшем в первом всесоюзном пробеге газогенераторных грузовиков по маршруту Ленинград—Москва—Ленинград общим протяжением 1450 км.

В пробеге участвовали: грузовик Сомуа с французской газогенераторной установкой Рекс, грузовик Фиат с установкой У-2 и грузовик Сомуа, работавший на жидком горючем, взятый для сравнения.

Первый в Союзе пробег двух газогенераторных грузовиков имел огромное значение. Он доказал, что грузовые машины могут удовлетворительно работать на твердом топливе, а установка У-2 дала результаты, мало уступающие французскому газогенератору.

Но новизна дела, отсутствие надлежащего внимания к топливу и, наконец, авария с газогенераторной машиной Сомуа после пробега, происшедшая не по вине генератора, а вследствие неосторожности водителя, не дали возможности газогенераторной установке получить практическое применение.

Установка Рекс была передана для изучения в лабораторию, а газогенератор У-2 надолго законсервирован.

Однако проф. Наумов вскоре дал новые проекты газогенераторов У-3 и У-4 для трактора Коммунар. Эти проекты были переданы Харьковскому паровозостроительному заводу, где одна модель строилась в течение трех лет.

Наконкурс проектов, организованном ЦС Автотора в 1931 г., установки У-3 и У-4 были премированы. Конкурс Автотора дал толчок и заводу, который закончил и смонтировал на тракторе первую модель У-4. Этот трактор в числе четырех участвовал в сравнительных испытаниях в 1932 г., проводившихся по



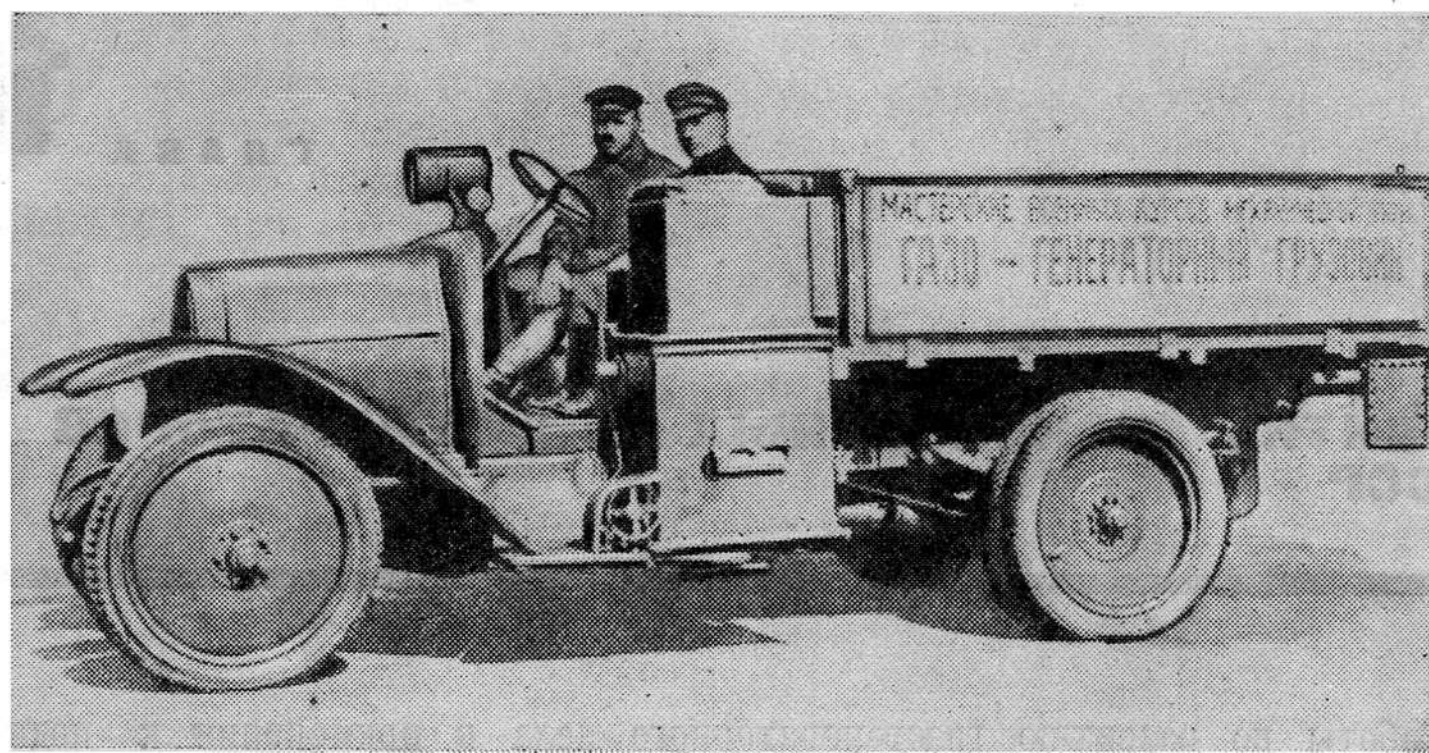


Рис. 88. Грузовик Фиат с газогенератором У-2 перед пробегом Ленинград—Москва—Ленинград 1928 г.

заданию Автодора. В том же 1931 г. грузовик Форд с установкой У-2 (рис. 89) выполнил пробег по маршруту Ленинград—Петрозаводск (1 212 км), после которого стал работать в эксплуатационных условиях в Карельской республике.

В 1933 г. проф. Наумов дал новую модель У-5 для грузовика ГАЗ, работающего на древесном угле, и установку НАУ-6 на моторный катер с двигателем трактора ХТЗ для работы на сухих дровах или буром древесном угле.

Грузовик ГАЗ с установкой У-5 (рис. 90) выполнил в 1933 г. блестящий пробег по маршруту Ленинград—Москва—Харьков—Ростов—Орджоникидзе—Тифлис общей протяженностью 2 928 км. Весь маршрут был покрыт в течение 166 ч. 7 м. без единой поломки или серьезной остановки по вине газогенератора.

Средние технические данные пробега для пяти основных этапов приведены в таблице 24.

Таблица 24  
Сводка данных по участкам пробега газогенераторного грузовика ГАЗ по маршруту Ленинград—Тифлис

Участки пробега	Ленинград—Москва	Москва—Харьков	Харьков—Ростов	Ростов—Орджоникидзе	г. Орджоникидзе—Тифлис
Число километров, пройденное на газе	741	745	459	786	207
Время, затраченное на пробег	36 ч. 42 м.	35 ч. 44 м.	25 ч. 29 м.	55 ч. 34 м.	12 ч. 38 м.
Остановки в пути на ремонт грузовика, камер, покрышек, чистку генератора, отдых и питание личного состава	12 ч. 58 м.	7 ч. 11 м.	3 ч. 30 м.	18 ч. 2 м.	3 ч. 46 м.
Чистое время пробега, включая время, затраченное на загрузку угля в генератор	23 ч. 49 м.	28 ч. 33 м.	21 ч. 59 м.	37 ч. 32 м.	8 ч. 52 м.
Средняя техническая скорость в км/час	31,1	26,1	20,9	20,9	24,5
Характер пути	Шоссе	Шоссе	Грунтов.	Грунтов.	Шоссе
Общий расход угля по участкам пробега в кг.	324,7	382	170,8	373,8	77,2
Расход бензина в литрах	14	16	6,2	21,4	7
Расход угля на 1 км пробега в кг.	0,438	0,513	0,372	0,475	0,373
Род твердого топлива	Древесн. уголь	Древесн. уголь влажный	Древесн. уголь сухой	Древесн. уголь листвен. пород	Древесн. уголь сухой

Из средних поэтапных данных видно, что расход древесного угля, в зависимости от его качества и влажности, колебался в пределах от 0,372 до 0,513 кг на 1 км пробега, причем грузовик развивал среднюю скорость от 20,9 км/час до 31,1 км/час.

К таблице можно только добавить, что на всем пути в 2 938 км газогенераторный автомобиль ни разу не отказался работать, и грузовик не сделал ни одного километра на жидком горючем. Бензин расходовался исключительно на предварительный пуск двигателя, и его потребовалось только 48,4 кг.

Надо отметить также, что установка не вызвала каких-либо серьезных переделок в автомобиле, но степень сжатия двигателя была повышена до 5,6 (в машине Сомуа с установкой Рекс в пробеге 1928 г. степень сжатия была 7).

Для сравнения результатов первого всесоюзного пробега 1928 г. и пробега 1933 г. приводится таблица 25, в которой сведены средние данные за весь маршрут.

Таблица 25  
Сравнительные результаты пробега газогенераторных грузовиков 1928 и 1933 гг.

Маршрут	Ленинград—Тифлис	Ленинград—Москва—Ленинград		
Год пробега	1933	1928		
Дата пробега	30/VII—24/VIII	11/X—21/X		
Марка машины	Форд-АА 1930 г.	Фиат старый У-2	Сомуа Рекс	Сомуа —
Газогенератор	У-5	У-2	Рекс	—
Полезная нагрузка грузовика в кг	1 300	375	3 200	3 250
Расстояние пробега в км	2 938	1 310	1 448	1 448
Время, затраченное на пробег	166 ч. 7 м.	70 ч. 31 м.	87 ч. 26 м.	77 ч. 40 м.
Остановки по технич. условиям и по вине автомобиля	45 „ 22 „	5 „ 14 „	5 „ 31 „	5 „ 28 „
Чистое время пробега	120 „ 45 „	54 „ 46 „	55 „ 27 „	47 „ 57 „
Средняя техническая скорость в км/час.	24,35	23,91	26,11	30,19
Род основного топлива	Древ. уголь	Древ. уголь	Древ. уголь	Бензин 2-го сорта
Расход древесного угля в кг				
а) общий	1 328,5 <sup>1</sup>	585,5	974,00	—
б) на 1 км пробега	0,453	0,450	0,670	—
в) на 1 т/км	0,350	1,200	0,200	—
Расход бензина в кг				
а) общий	48,4	47,64	16,75	487,75
б) на 1 км пробега	0,0165	0,0360	0,0110	0,336
в) на 1 т/км	0,0127	0,0960	0,0030	0,102
г) на 1 кг угля	0,0360	0,0810	0,081	—
Пробег в км на одной загрузке топлива	40—60	18—40	30—70	150—200
Пуск мотора	На бензине	На бензине	На бензине	На бензине

Установка НАУ-6 (рис. 91), смонтированная на речном катере с тракторным двигателем ХТЗ, получила несколько предварительных испытаний в пробегах по Неве, общей протяженностью около 300 км. Результаты дают полное основание рассчитывать на ее хорошие эксплуатационные качества.

<sup>1</sup> Из них 1 232,5 кг древесного угля различных пород и влажности, 51 кг антрацита, 45 кг кокса.



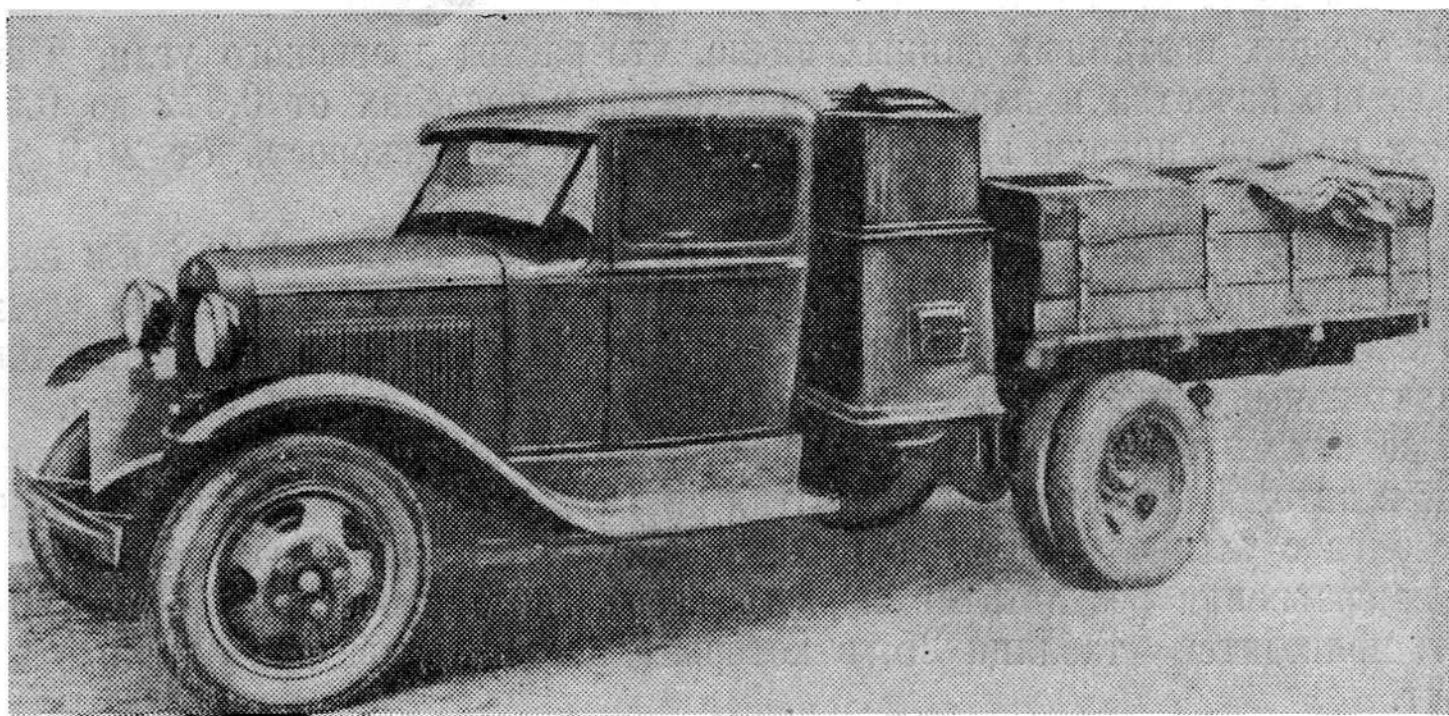


Рис. 89. Грузовик Форд-АА с газогенератором У-2, сделавший пробег Ленинград—Петрозаводск 1931 г.

#### Работа Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной механики — ВИСХОМ

ВИСХОМ по линии сельского хозяйства развернул работы над созданием советского газогенератора для трактора в период 1930—1931 гг. В результате годовой работы им были составлены проекты установок на тракторах типа Интернационал 10/20 и 15/30 и Коммунар.

Две установки: одна для трактора СТЗ и другая для Коммунара были первыми установками на советских тракторах, изготовленными целиком из отечественных материалов.

Установка для трактора СТЗ, построенная по проекту инж. Семенова-Жукова под наименованием СЖ-2 (рис. 92), была смонтирована на первом тракторе, снятом со сталинградского конвейера, и испытана как в лаборатории, так и в эксплуатационных условиях. Испытания показали, что установка может работать, но еще имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является потеря мощности двигателя.

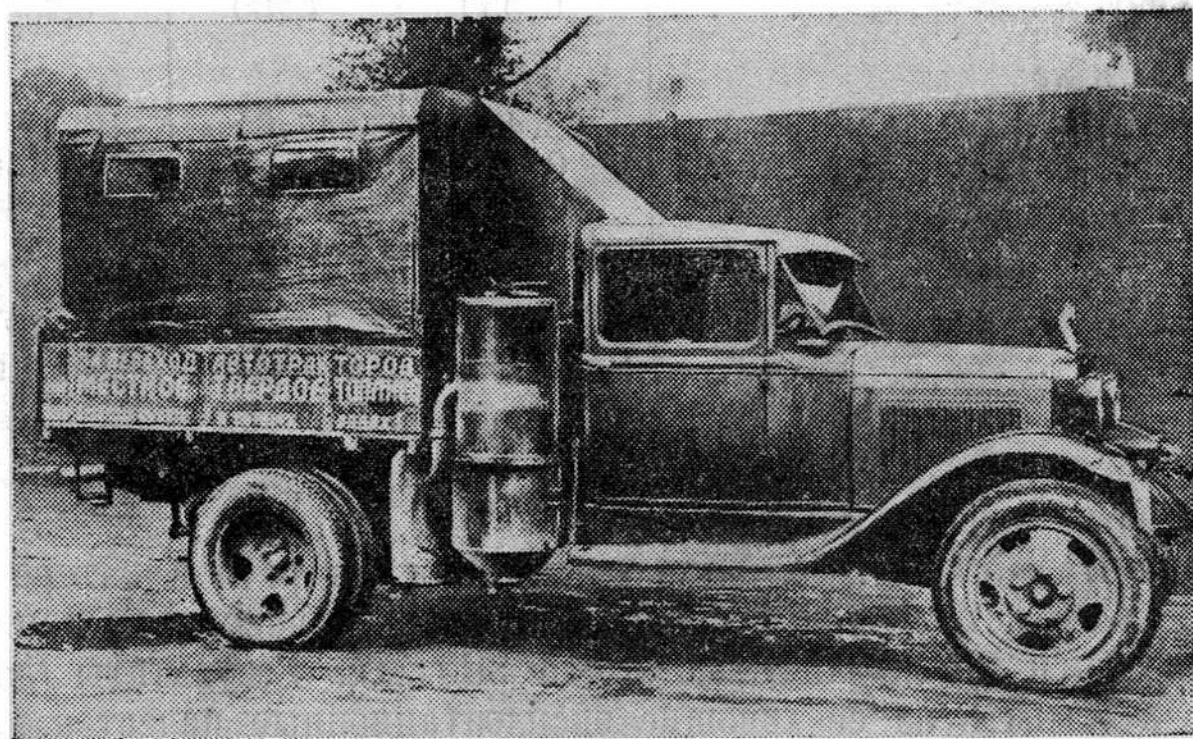


Рис. 90. Грузовик ГАЗ с газогенератором У-5 в пробеге Ленинград — Тифлис 1933 г.



Рис. 91. Речной катер с газогенератором НАУ-6

Установка работала на мелконаколотых древесных чурках, древесном угле, коксе, хлопковых отходах и сухом торфе.

Установка трактора Коммунар построенная по проекту инж. А. Введенского, под наименованием В-3 (рис. 93), была смонтирована на тракторе, подаренном ударниками завода ГХПЗ XVI партс'езду, и была испытана в эксплуатационных условиях на вывозке леса и перевозке грузов.

В середине 1931 г. все работы с легкими газогенераторами были переданы в НАТИ.

#### Работа Научно-исследовательского института лесной промышленности (Институт древесины)

В Институте древесины в 1928 г. под руководством инж. Ветчинкина начал проектироваться газогенератор для работы на мелконаколотом стандартном полене (швырок).

Эта работа практического результата и теоретической базы не дала и в 1930 г. была передана в НАТИ.

В 1930 г. Институт древесины вновь развернул работу над постройкой и внедрением газогенераторных установок по проекту С. Декаленкова.

С. Декаленков первый предложил использовать старые автотракторные двигатели для мелких электросиловых станций, с переводом двигателей на работу генераторным газом и с использованием для этого отходов лесопильных заводов.

Несколько подобных установок мощностью в 20—25 л. с. были построены в период 1918—1923 гг., но дальнейшего распространения не получили. Первую металлическую конструкцию газогенератора Декаленков дал в 1929 г. Этот газогенератор, построенный Орглесом, был в 1931 г. испытан в НАТИ и показал малоудовлетворительные результаты.

Новая конструкция газогенератора Декаленкова, построенная Институтом древесины в 1931 г. под названием Пионер, была опробована на тракторах Коммунар и Клетрак. Пионер, смонтированный на тракторе Коммунар (рис. 94), участвовал в испытаниях, организованных ЦС Автодора в 1932 г.

В 1933 г. Институт древесины, переименованный в ЦНИИМЭ, широко развернул работу по созданию и освоению советских газогенераторов. Им было по-



строено и пущено в эксплуатацию около 20 установок Пионер и вновь начаты работы с газогенератором инж. Ветчинкина, переданным из НАТИ. Этот газогенератор под наименованием НСВ-3 был смонтирован на грузовике АМО-3 (рис. 95).

К концу 1933 г. институт изготовил и испытал установку ЦНИИМЭ-2, представляющую собой улучшенную модель Пионера, на грузовике ГАЗ для работы на сухих древесных чурках (рис. 96).

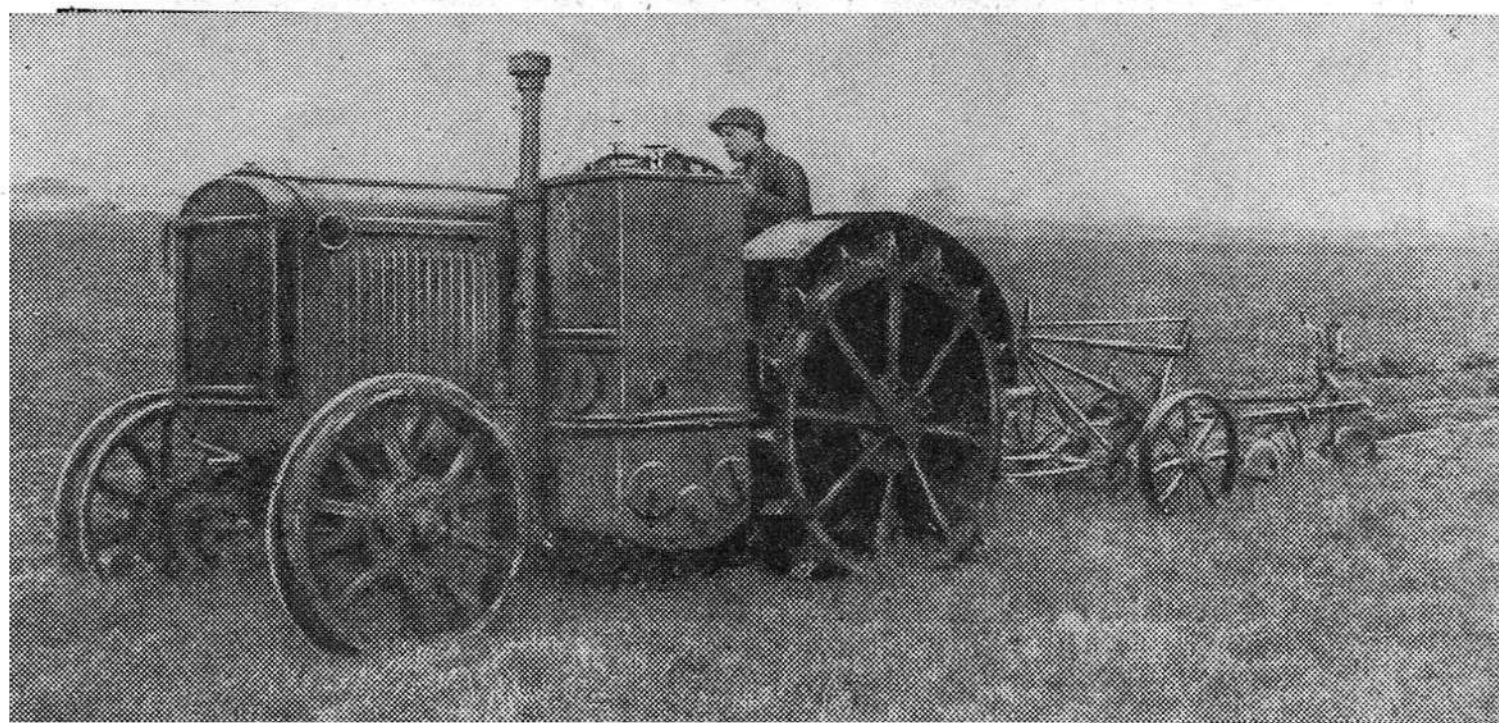


Рис. 92. Трактор СТЗ с газогенератором СЖ-2 (ВИСХОМ)

Установка НСВ-4, предназначенная для грузовика АМО-3, к началу 1934 г. находилась в стадии постройки.

Наконец ЦНИИМЭ поручил бригаде Автодора проектирование установки Автодор-1 и руководил рядом испытаний на Урале.

Глубокой теоретической или исследовательской работы над транспортными газогенераторами институт не вел.

## Работы НАТИ

НАТИ положил немало средств на создание конструкций советского газогенератора. В этом направлении он начал свои работы с 1930 г.

Предложенные НАТИ конструкции по виду газифицируемого топлива разбиваются на следующие группы:

### 1. Газогенераторы для стандартных дров (швырка)

К этой серии относятся три модели: НАТИ-1, НАТИ-4 и НАТИ-6, построенные для автомобиля, трактора Коммунар и речного катера. Все три модели являются развитием работ, переданных в НАТИ из Института древесины.

Проект установки НАТИ-4 участвовал на конкурсе Автодора в 1931 г. Построенная по этому проекту установка, смонтированная на тракторе Коммунар, была снята с испытаний, организованных Автодором в 1932 г., и передана затем в ЦНИИМЭ, где она осуществлялась в моделях НСВ-3 и НСВ-4.

### 2. Газогенераторы для древесных чурок

К этой серии относятся установки НАТИ-2 и НАТИ-3.

Установки сконструированы по типу французского газогенератора Имберт-Дитрих (Берлие) и были предназначены для колесных тракторов СТЗ и ХТЗ. Кроме того, установка НАТИ-3 была в 1933 г. смонтирована по заданию Наркомвода на речном катере, где после коротких испытаний показала вполне удовлетворительные результаты.

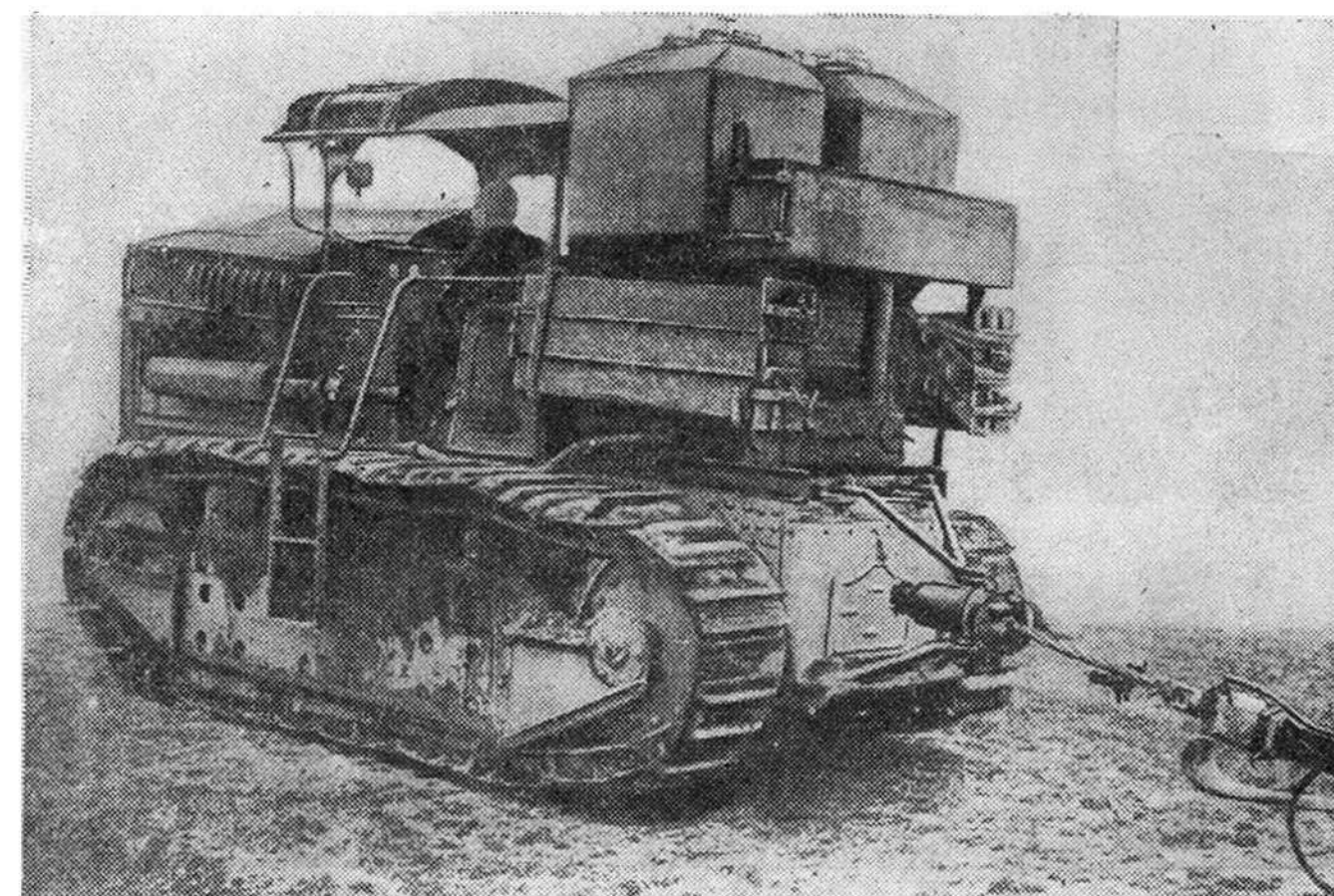


Рис. 93. Трактор Коммунар с газогенератором В-3 (НАТИ)

Установки, переданные ВИСХОМ (В-3 и СЖ-2), значительно улучшенные, вылились в конструкции НАТИ-В3 для трактора ЧТЗ (рис. 97) и НАТИ-9 для тракторов СТЗ и ХТЗ.

### 3. Газогенераторы для древесного угля

Для газификации древесного угля в НАТИ сделан проект установки НАТИ-5 на трактор Коммунар. Проект выполнен по типу газогенератора Рекс.

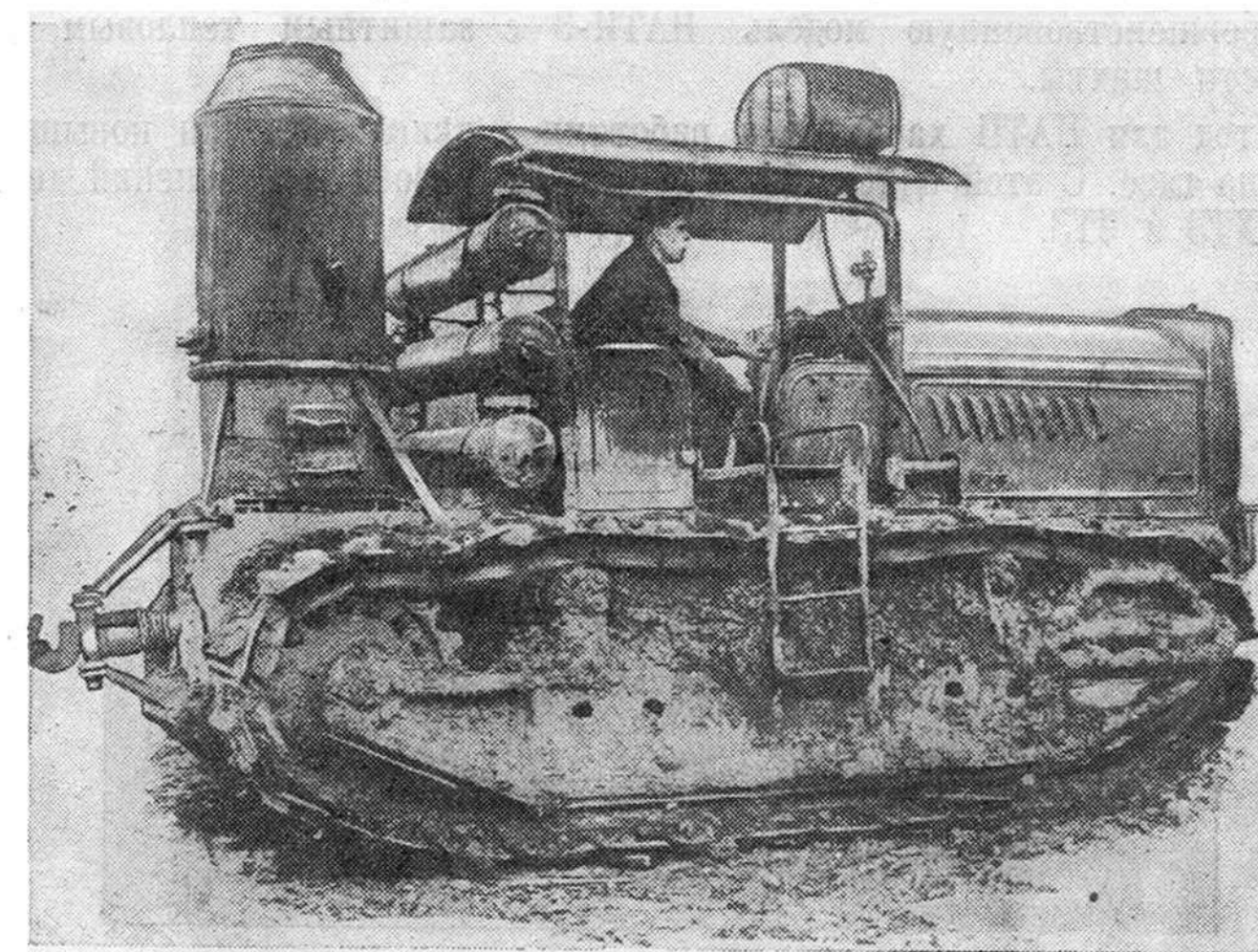


Рис. 94. Трактор Коммунар с газогенератором Пионер (Институт древесины)



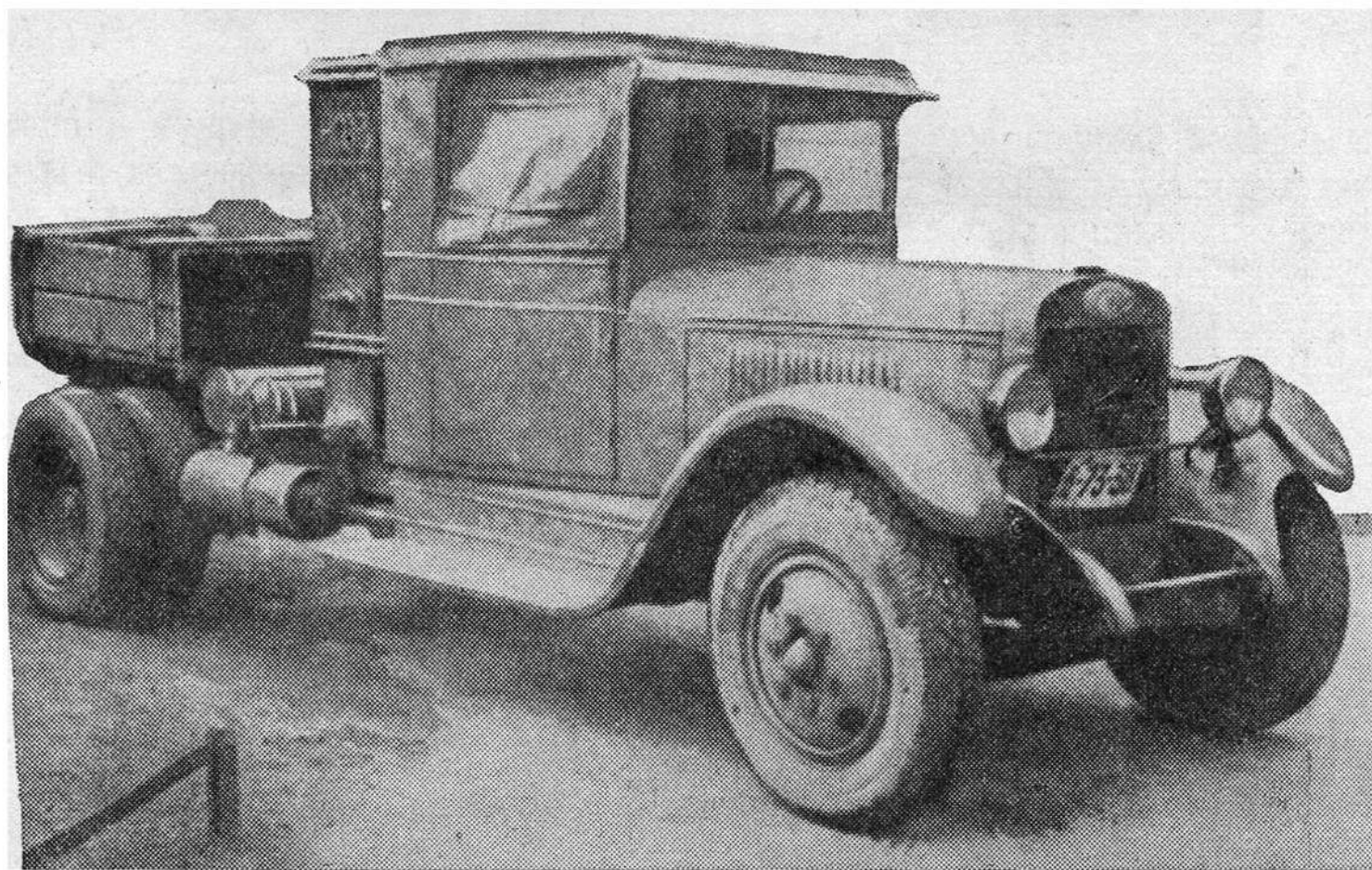


Рис. 95. Грузовик ЗИС-3 с газогенератором НСВ-3 (ЦНИИМЭ)

#### 4. Газогенератор для антрацита

Кроме произведенных конструкций, в НАТИ был сделан опытный газогенератор конструкции инж. Калмыкова, предназначенный для газификации антрацита. Первая модель этого газогенератора не дала хороших результатов и потребовала ряда улучшений.

Кроме этих установок, автодорожским коллективом НАТИ к концу 1933 г. была запроектирована установка Автодор-II на грузовик ГАЗ для работы на древесных чурках.

Газогенератор Автодор-II, запроектированный И. Мезиным, представляет собой усовершенствованную модель НАТИ-3 с защитным тепловым кожухом нижней части шахты.

1933 год для НАТИ характерен работами с двигателем для повышения его мощности на газе. С этой целью были составлены проекты изменений двигателей тракторов ХТЗ и ЧТЗ.

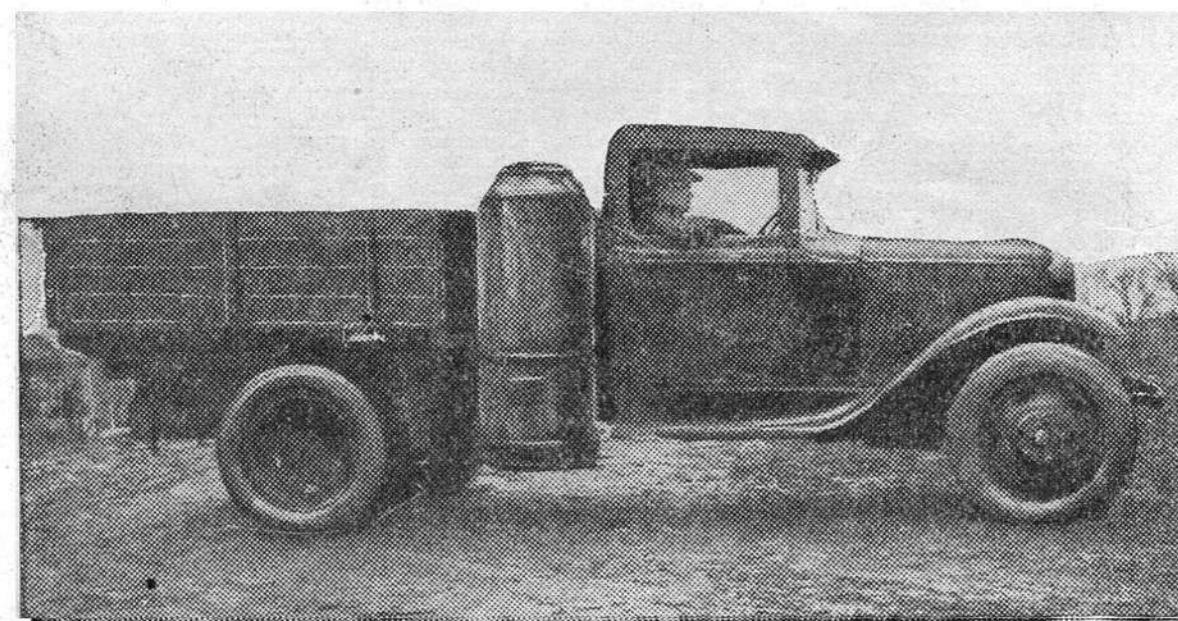


Рис. 96. Грузовик ГАЗ с газогенератором ЦНИИМЭ-2

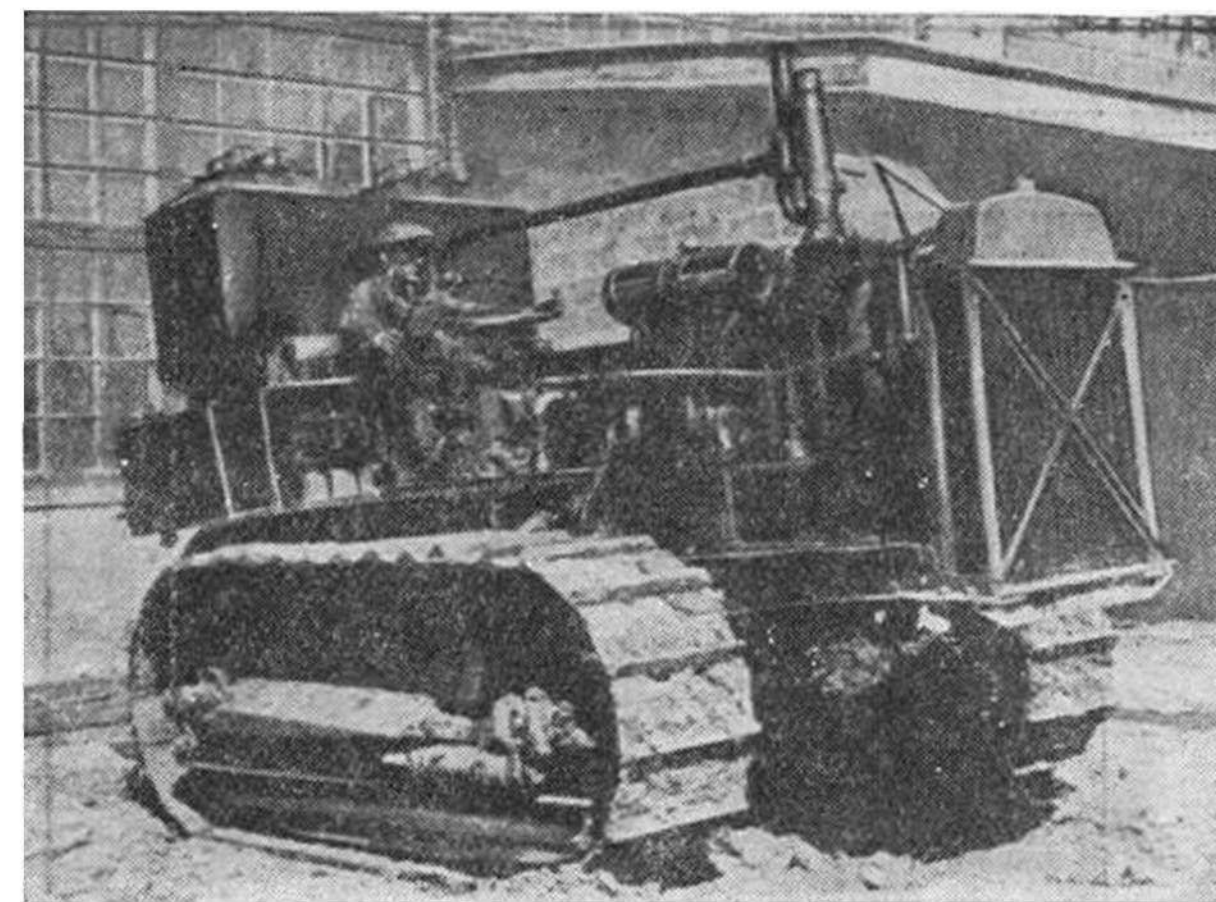


Рис. 97. Трактор ЧТЗ с газогенератором НАТИ-ВЗ

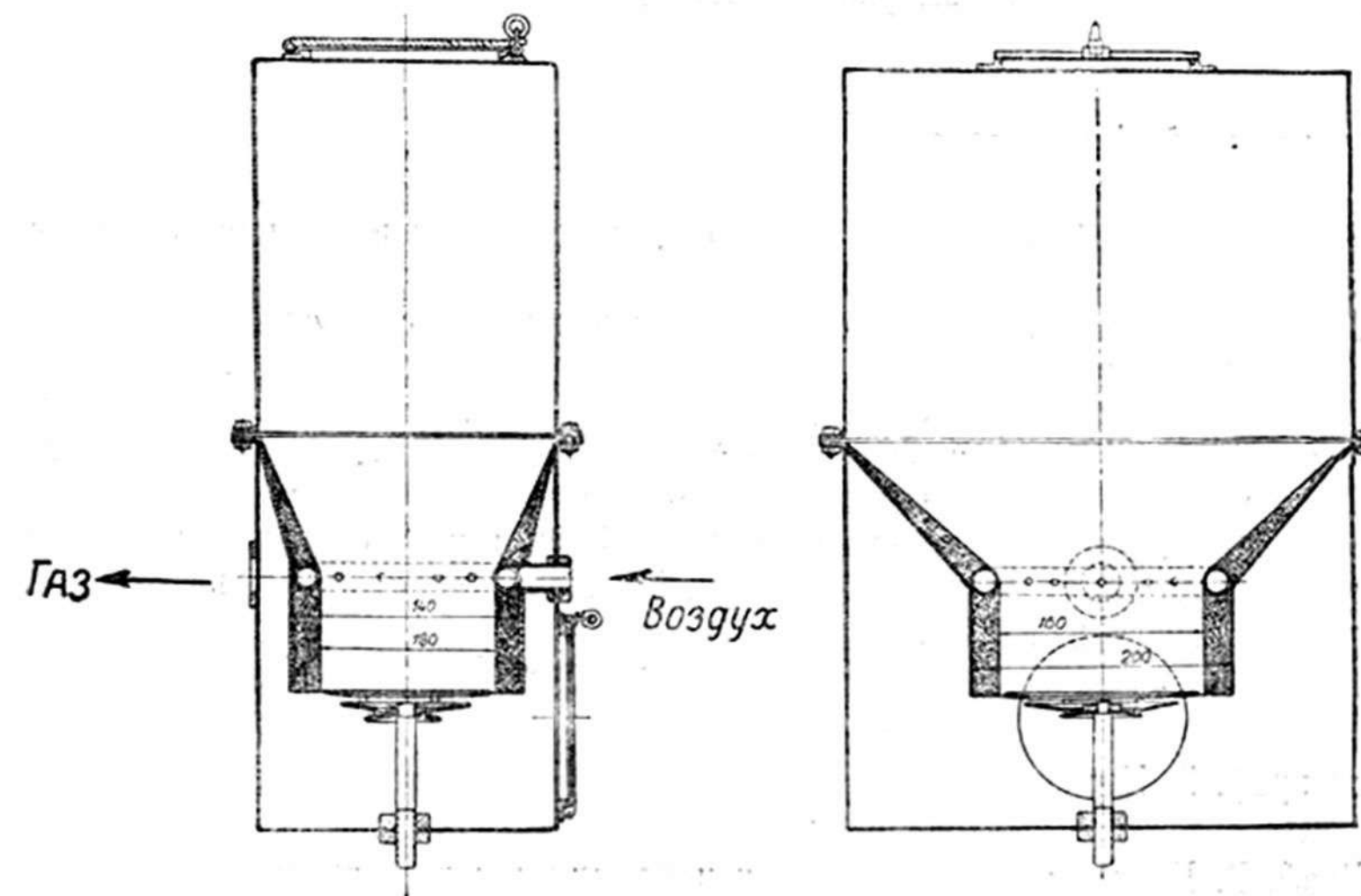


Рис. 98. Разрез газогенератора Коновалова



## Работы Сибирского технологического института

Говоря о развитии транспортных газогенераторов в Союзе, нельзя не упомянуть о работах СТИ в Томске, начавшихся в 1924/25 г. по инициативе преподавателя института П. Каргополова.

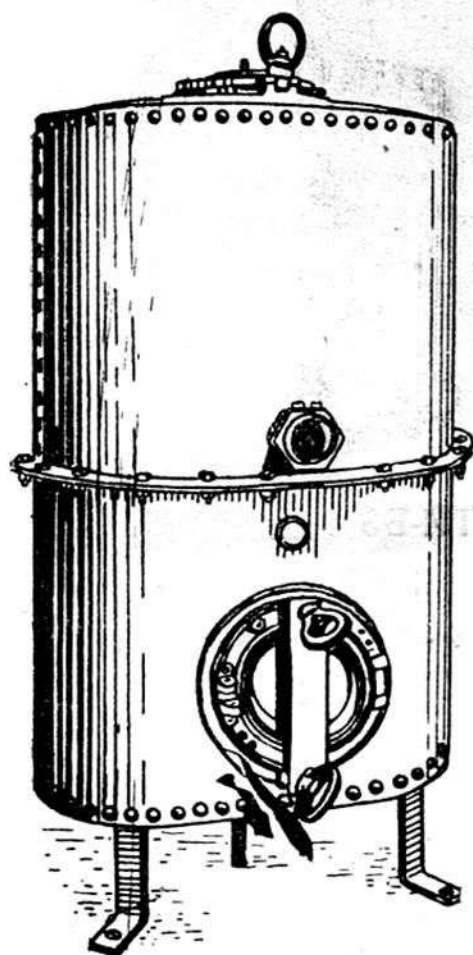


Рис. 99. Газогенератор Коновалова

Первая модель транспортного газогенератора Колон-I была построена и опробована в тепловой лаборатории института в период с 1928 по 1930 г.

Установка показала полную работоспособность, однако отсутствие средств не дало возможности работам развернуться дальше.

### Газогенератор А. Коновалова

В числе работ над созданием газогенератора для транспорта имеется еще одна работа — механика-самоучки А. Коновалова.

Коновалов долгое время работал с Декаленковым, и свой опыт и знания стационарных установок он применил для постройки небольшой установки, назначенной для лодочных двигателей, мощностью в 5—6 л. с. Газогенератор Коновалова (рис. 98 и 99) был проверен в НАТИ в 1931 г. с хорошими результатами. Несколько позже Коновалов предложил проект генератора для газификации длинных (до двух метров) реек, сучьев и т. д. Этот генератор, имеющий горизонтальную шахту и привод для механической подачи топлива, был премирован на конкурсе Автотора в 1931 г.

### Работы проф. В. Карпова

Проф. В. Карпов работает над транспортными газогенераторами с 1925 г.

Его работы носят, главным образом, теоретический характер, и лишь в 1932/33 г. он дал проект установки для автомобиля. Результаты испытаний этой установки к началу 1934 г. еще не получены.

## Научно-исследовательские работы в области легких газогенераторов

Кроме борьбы за советскую конструкцию газогенератора, в Союзе проведена большая научно-исследовательская работа с газогенераторами заграничного происхождения по изучению методов газификации и освоению различных видов твердого топлива. Наконец к изыскательской работе надо отнести различные попытки повышения мощности тракторного и автомобильного двигателя, переводимого на твердое топливо. Все эти работы разделяются на следующие основные части:

- 1) изучение конструкций и работы газогенераторов заграничного происхождения (главным образом французского);
- 2) изучение процессов газификации;
- 3) повышение калорийности газа;
- 4) изучение возможности газификации в легких газогенераторах различных видов твердого топлива;
- 5) борьба с загрязнением газа смолами и пылью;
- 6) изучение влияния размерности кусков топлива на качество газа;
- 7) изучение влияния влажности топлива на процессы в шахте и качество газа;
- 8) изучение работы бензинового мотора на газогенераторном газе;
- 9) исследование методов повышения мощности двигателей, переводимых на газ (влияние степени сжатия и влияния наддува);
- 10) изучение работы трактора и автомобиля на твердом топливе в эксплуатации и лабораторных условиях.

Научно-исследовательскую работу по всем этим разделам вели восемь различных научно-исследовательских институтов, как-то: НАТИ, Научно-дизельный институт, лаборатория двигателей внутреннего сгорания Военно-технической академии, ВИСХОМ, Инсторф и др.

### Изучение конструкций и работы газогенераторов заграничного происхождения

Ввоз в СССР иностранных моделей легких газогенераторов начался примерно в 1927/28 г., и до 1931 г. их было ввезено примерно 12—15 единиц следующих марок французского происхождения: древесно-угольные газогенераторы системы Автогаз, Барбье, Трактор, Рекс, Мальбье, Пип и Пава; дровяные газогенераторы системы Имберт-Дитрих (Берлие), Имберт и Сагам и коксовый газогенератор для трактора системы АРА.

Все эти газогенераторы были испытаны в различных институтах как в лабораториях, так и в эксплуатации, а некоторые из них служили для исследования процессов и топлив.

Первые лабораторные, а затем эксплуатационные испытания были проведены Научным автомобильным институтом (ныне НАТИ) в 1928/29 г. на установках системы Пип — древесно-угольного генератора прямого горения и системы Имберт-Дитрих — дровяного генератора обратного горения. Обе они были выпущены из Франции и назначались для установки на грузовые машины (Пип на машину Рено, Имберт-Дитрих на машину Берлие).

Работа этих установок не дала положительных результатов: у газогенератора системы Пип лопнул топливник, а его значительный вес, соединенный с неудобством обслуживания, и большая потеря мощности двигателя заставили отказаться от дальнейших опытов.

Другая установка показала более благоприятные результаты, и было признано целесообразным ее дальнейшее испытание в длительных эксплуатационных условиях, для чего она вместе с грузовиком была передана в Главдортранс, который эксплуатировал ее около года<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Отчет об эксплуатации имеется в журнале „Мотор“ № 2 за 1930 г. и в № 7 за 1931 г., статьи Аргира и Якубова.



Работа Главдортранса, проведенная его Автодорожным институтом, показала полную техническую пригодность и рентабельность для эксплуатации газогенератора системы Имберт-Дитрих.

Работа НАТИ над этими двумя установками показала, что принять газогенераторы для автотранспорта по существу не рационально, так как генератор несколько затрудняет эксплуатацию, а также вследствие значительного веса (система Пип — 420 кг) уменьшает полезную мощность машины. Институтом были сделаны выводы, что для легкого транспорта нужно отказаться от твердого топлива, но, учитывая наши условия, можно рекомендовать перевод на твердое топливо грузовых машин большого тоннажа и тракторов, применительно к сельскому хозяйству и лесной промышленности, при обязательном условии снижения веса установок до 100 — 90 кг.

Установки Автогаз и Барбье подверглись испытанию на Машиноиспытательной станции с.-х. академии при участии тракторного отдела ВИСХОМ. Испытание было проведено в лаборатории и на пахоте с трактором Фордзон. Работа свелась к полному отрицанию рентабельности установок для маломощного трактора типа Фордзон и непригодности очистителей этих установок для наших условий (сложность обслуживания и полный отказ работать при пониженных температурах вследствие замерзания воды и загустения масла). Дальнейшая работа по приспособлению установок к более мощным тракторам или по изысканию путей для улучшения их конструкций не проводилась и генераторы были сняты с тракторов и переданы в лабораторию для учебных целей. Впоследствии одна из моделей Автогаз была взята в НАТИ, где делалась попытка ее установки на автомобиль Форд и на трактор Интернационал 15/30. Трактор Интернационал с этой установкой испытывался Институтом древесины в 1931 г. и подтвердил отрицательное качество очистителей.

Установки Рекс, Трактор, Сагам и Барбье испытывались в лаборатории ДВГ ВСНХ (ныне ВНИДИ). Кроме того, генератор системы Рекс участвовал в первом всесоюзном пробеге газогенераторных грузовиков. В лаборатории, помимо французских установок, были сконструированы опытные типы газогенераторов ЛТД-1 и ЛТД-2.

Эти конструкции подверглись исследованию по следующим разделам:

- а) снятие характеристик двигателя Фордзон, работающего на газе;
- б) изучение эксплуатационных особенностей генератора;
- в) исследование состава газа, даваемого генератором на разных видах твердого топлива.

В результате этих работ было выяснено следующее:

1. Опрокинутый процесс имеет преимущество над прямым, поэтому всю дальнейшую работу следует вести с опрокинутым процессом.
2. В генератор подводить пар не рекомендуется.
3. Удовлетворительный горючий газ получается только после длительного освоения генератора, причем необходимо обращать внимание на плотность соединений трубопроводов с деталями установки.

4. Розжиг генератора лучше всего осуществляется вентилятором, для чего затрачивается примерно 10—15 минут. Производить розжиг двигателем не рекомендуется, так как на это тратится много времени и сильно загрязняется двигатель.

5. Все указанные генераторы, за исключением Барбье и Трактора, допускают беспрепятственную загрузку шахты на ходу, при условии, что эта операция не затягивается дольше двух минут.

6. Работа двигателя на газе отличается редкой равномерностью и устойчивостью, однако не всегда позволяет развивать требуемые мощности.

7. При работе на газе двигатель требует весьма большого опережения зажигания (50—40°).

8. Температура газа при выходе из шахты сравнительно высока—400—600°.

9. Расход топлива на 1 л. с. в час: древесного угля — около 0,6 кг, дерева — 1,3 кг, торфяного кокса — около 1,2 кг.

10. Двигатель при работе на газе теряет мощность примерно на 40—50 проц. по сравнению с жидким горючим.

Все эти данные были получены на тракторном двигателе Фордзон.

Газогенератор системы Мальбье был завезен в Союз для учебных целей и специальному испытанию не подвергался.

Генератор трактора АРА испытывался в Инсторфе на торфяном коксе и показал, по видимому, не совсем благоприятные результаты, так как дальнейшая работа с ним не велась<sup>1</sup>.

Газогенератор системы Имберт был испытан на тракторе Клетрак Уральским лесным институтом при перевозке леса и с двигателем трактора Фордзон в лаборатории. Целью работы являлось выявление работоспособности газогенератора на дровах (чурках) различных пород и различной влажности — от 10 до 32 проц. (топливом служили береза, дуб, смесь из угля и березы). Испытания показали значительную потерю мощности двигателя. В отношении влажности было замечено, что топливо с влажностью выше 25 проц. непригодно для транспортных установок.

Наконец Союзлеспром направил установки Сагам и Пава для испытания в эксплуатационных лесных условиях на автомобилях и тракторах. Результаты работ этих установок еще не получены.

Резюмируя все сказанное выше об освоении французских установок, можно констатировать прежде всего большую потерю мощности двигателей при переводе на газ, усложнение в обслуживании машины и необходимость тщательного подбора топлива для данного типа генератора, особенно в отношении влажности.

## Изучение процессов газификации

По этому разделу проделана большая работа в ВНИДИ, однако считать ее вполне законченной нельзя.

Основная цель работ состояла в том, чтобы выявить влияние количества отбираемого газа из генератора и высоты активной зоны шахты на качество газа. Работы были проведены с газогенератором конструкции института при изменяющихся расходах в пределах от 45 до 65 куб. м в час и от 80 до 105 куб. м в час, при постоянных высотах активной зоны 240 и 500 мм.

Работа вылилась в серию таблиц, анализов газа и в общем свелась к следующему: влияние высоты активной зоны на качество газа при постоянном расходе несколько больше, чем влияние расхода газа при постоянной высоте. Оба фактора при возрастании улучшают качество газа, но это улучшение идет замедленно, и если взять средние цифры, то нельзя считать влияние увеличения этих факторов на улучшение газа решающим. При всех прочих равных условиях лучшие результаты были получены при высоте активного слоя 500 мм и производительности газогенератора от 80 до 100 куб. м в час<sup>2</sup>.

## Повышение калорийности газа

Все работы с легким газогенератором преследуют цель — повышать возможно больше калорийность газа.

Для повышения калорийности газа, а следовательно, и мощности мотора проф. Карповым был испытан метод, применяющийся во французских газогенераторах системы Эрню (получение так называемого «дингаза»).

<sup>1</sup> Отчет об этом испытании напечатан в журнале „Торфяное дело“ за 1928 г. № 11, статья Мягкова.

<sup>2</sup> Описание работы этого раздела имеется в журнале „Автотракторное дело“ № 6—7 за 1931 г., статья инж. Кутеева.



Этот метод сводится к следующему: в шахту генератора в зону высоких температур вводится некоторое количество жидких продуктов (керосин, картерное отработанное масло, нефть, ее тяжелые погоны и т. д.). Эти продукты, попадая в зону высоких температур, распадаются, и в результате газ обогащается водородом и различными углеводородами.

Калорийность газа повышается, и используются отбросы.

Все работы проф. Карпова в конечном результате можно охарактеризовать следующим:

- 1) обогащением газа при условии повышенной степени сжатия мотора можно достигнуть той же мощности, что и на жидком горючем;
- 2) для благоприятного ведения процесса получения дингаза температуру в зоне распада нужно держать не ниже  $800^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) лучший распад жирных масел получается при вводе в зону пара, что дает, кроме того, увеличенный выход водорода;
- 4) загрязнения в двигателе при обогащенном газе проф. Карпов не наблюдал<sup>1</sup>.

Свою работу проф. Карпов производил с двигателем системы Саррин-Пальва в 25 л. с. и генератором своей конструкции, причем обогащение производилось нефтью и тяжелыми жидкими отбросами. В качестве топлива он брал древесный уголь.

### Изучение возможности газификации различных видов твердого топлива в легких газогенераторах

Этим вопросом занимались, главным образом, два института — ВИСХОМ и ВНИДИ. В результате многочисленных опытов, проведенных над различными системами газогенератора, была доказана полная возможность газификации следующих видов топлива: дров и древесного угля (воздушно-сухих), торфяного кокса, сухого торфа, хлопковых отходов.

В отношении соломы пришли к заключению о необходимости создания брикетов.

### Борьба с загрязнением газа смолами

В этой области были намечены два пути борьбы: 1) введение катализаторов и 2) ведение процесса газификации повышенной интенсивности.

По первому пути пошел ВНИДИ, давший в качестве катализаторов для ускорения и улучшения процессов разложения смол вне шахты генератора необожженный фарфор, причем разложение смол в присутствии фарфора может протекать только при температуре  $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$ .

По второму пути пошел НАТИ, предлагавший конструкции газогенераторов с большими напряжениями горения (1 000 кг на 1 кв. м) и большими скоростями входа в топливник первичного воздуха, что осуществляется с помощью фурм. Оба эти пути имеют свои преимущества и недостатки, требующие окончательного освещения и разрешения как в лаборатории, так и в длительной эксплуатации. Эти методы обязательно требуют опрокинутого процесса газификации.

### Изучение влияния кусков топлива на качество газа

ВНИДИ поставил ряд опытов специально по этому вопросу с имеющимся генератором его конструкции.

Опыты показали, что необходимо следить, чтобы куски были возможно равномерные. Для березовых дров улучшение газа замечалось при уменьшении кусков топлива (примерно до размеров  $25\times 25\times 30$  мм). Наибольшая устойчивость газа была при среднем размере чурок  $50\times 50\times 80$  мм (практический размер березовых чурок рекомендуется  $70\times 70\times 70$  или  $50\times 60\times 60$ ). Особенной разницы в качестве газа от величины кусков древесного угля не замечалось, но образующиеся в шахте сводики заставляли выбирать хорошо просеянный уголь размером  $50\times 50\times 50$ .

### Влияние влажности топлива

Практически влажность топлива в современных конструкциях газогенераторов не допускается выше 25 проц. и обычно берется в пределах от 15 до 18 проц.

Опыты ВНИДИ показали, что повышение влажности понижает в газе содержание водорода; содержание водорода в газе больше для березовых чурок и несколько меньше, чем для березовых углей одной и той же влажности; содержание метана с повышением влажности повышается, примерно, одинаково как для угля, так и для чурок; выгодность применения как влажного, так и сухого топлива, если учесть все элементы газа, примерно одинакова.

### Изучение бензинового двигателя при работе на газе

Все работы по этому разделу приводят к одному заключению — мощность двигателя при работе на газе значительно падает. При работе на газе наблюдаются значительные нагары в цилиндрах, появляющиеся вследствие плохой очистки газа. Работа на газе вызывает так называемое, слизывание масла с цилиндра. Зажигание при газе требует перестановки на большое опережение — до  $50^{\circ}$ .

Двигатель на газе работает более устойчиво и равномерно, нежели на жидком горючем. На малых оборотах двигатель на газе дает значительные колебания мощности. Все работы приводят к выводу, что переводить на газ бензиновый двигатель, не вводя в него каких-либо конструктивных изменений, нельзя. Нужна тщательная подготовка двигателя для работы на газе, часто требующая коренного изменения распределения зажигания, степени сжатия и почти полного изменения системы питания. Без этих мер двигатель непременно будет терять мощность до 50 проц. Частичные изменения и переделки, например повышение степени сжатия, могут снизить потерю до 20—25 проц., но не больше.

### Изучение методов повышения мощности мотора

Исследованиями намечены следующие основные пути повышения мощности:

1. Увеличение степени сжатия. Этот путь дает возможность сохранить мощность, особенно при хорошо охлажденном газе, до 80 проц. при степени сжатия 6—7. Но эта степень сжатия совершенно исключает возможность работы мотора на бензине (детонация), что является необходимейшим условием (пуск двигателя, его разогрев). Этот путь как наиболее легкий является одним из основных.

2. Наддув. Другой способ, более трудный и более сложный, — это принудительное нагнетание смеси газа и воздуха в цилиндры двигателя. В этом случае (работа ВНИДИ) мощность двигателя может быть получена практически равной бензиновой мощности и даже несколько выше, причем это требует незначительного повышения давления наддува — до 1,2—1,4 атмосфер. Недостатком, уменьшающим значение наддува и затрудняющим его применение, является большая сложность и дороговизна компрессора, специфические условия работы которого (газ, трактор) требуют дорогой и сложной конструкции как самого агрегата, так и его привода.



Другие методы повышения мощности, как, например, увеличение литража, или метод увеличения калорийности газа, являются суррогатами. Они не дают значительного успеха, так как ведение процесса обычным путем, даже при вводе жирных погонов, не может повысить калорийность настолько, чтобы получить ощутительный эффект мощности.

При рассмотрении ряда других методов повышения мощности при приспособлении генератора к существующему двигателю остаются следующие основные: увеличение оборотов двигателя, увеличение опережения зажигания и, наконец, тщательная подготовка топлива и его брикетировка.

В заключение можно отметить, что вопросом мощности и двигателем как таковым начали серьезно заниматься сравнительно недавно и в этом направлении необходимо проделать еще много работы.

### Изучение работы трактора и автомобиля на газе

Этот раздел является мало освещенным. Основная причина — отсутствие газогенераторов в нормальной эксплуатации. Лабораторные же условия или короткие пробеги не давали, да и не могут дать, окончательного ответа.

## РАБОТА АВТОДОРА ПО РАЗВИТИЮ ПОДВИЖНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

К середине 1930 г. в ЦС Автодора была организована тракторная секция. В основу ее деятельности было положено обеспечение бесперебойной работы тракторного парка Союза. С самого начала было обращено внимание на необходимость перевода тракторных двигателей на разные сорта местных твердых горючих и отходы производств (дрова, древесный уголь, солома и пр.).

Свою работу секция начала с проведения докладов представителей разных учреждений и отдельных лиц, которые вели работу по использованию твердых топлив для двигателей автомашин.

На основании этих докладов был разработан план дальнейших работ по газогенераторному делу, который должна была осуществлять группа специалистов из 20 с лишним человек, составлявшая газогенераторную подсекцию.

### КОНКУРС 1931 года

Желая возможно скорее подойти к разрешению топливного вопроса, ЦС Автодора решил объявить всесоюзный конкурс на проекты легких газогенераторных установок, на отдельные механизмы и готовые установки. При этом ЦС Автодора учел, что только при активном участии широких масс рабочих-изобретателей, при участии рядовых техников и инженеров и при самой активной поддержке научных институтов можно рассчитывать на благоприятный результат объявляемого конкурса.

На конкурс могли быть представлены:

1. Проекты полных газогенераторных установок на тракторах с ориентировкой на строящиеся или предполагаемые к постройке в СССР тракторы, как-то: гусеничный трактор Коммунар (ГХПЗ), гусеничный трактор Большевик, колесный трактор СТЗ 15/30, гусеничный трактор ЧТЗ, колесный трактор ФП.

2. Проекты отдельных частей газогенераторной установки, а также всякого рода предложения, которые могут ускорить применение в СССР газогенераторов на тракторах и делают это применение экономически выгодным.

3. Готовые газогенераторные установки, которые по условиям конкурса должны были быть рассчитаны на такие топлива, как древесина, древесный уголь, солома, торф, антрацит и разные виды сельскохозяйственных отходов.

На конкурс Автодора поступило 15 проектов и 7 готовых установок с разными сроками изготовления.

Из представленных проектов оставлены, как удовлетворяющие общим условиям конкурса, тринадцать. Из них отвечали условиям полных установок девять проектов, четыре остальных отнесены к категории проектов отдельных установок.

В представленных проектах оказалось немало новых идей и оригинальных разработок. Мы приводим некоторые из них, которые могут быть интересным материалом для дальнейшей работы.



## 1. Подача топлива снизу шахты с помощью револьверного приспособления (проект В. Косовского)

По проекту В. Косовского газогенератор работает по принципу опрокинутого горения, но подача топлива производится снизу.

Камера горения (рис. 100) состоит из чугунной трубы с раструбом в верхней части. Над камерой горения помещен металлический колпак с огнеупорной футеровкой внутри. Камера горения наполнена топливом, которое по мере сгорания пополняется снизу действием спиральной пружины, поднимающей выдвижное дно шахты. Воздух поступает извне через отверстия днища колпака и кольцевое про-

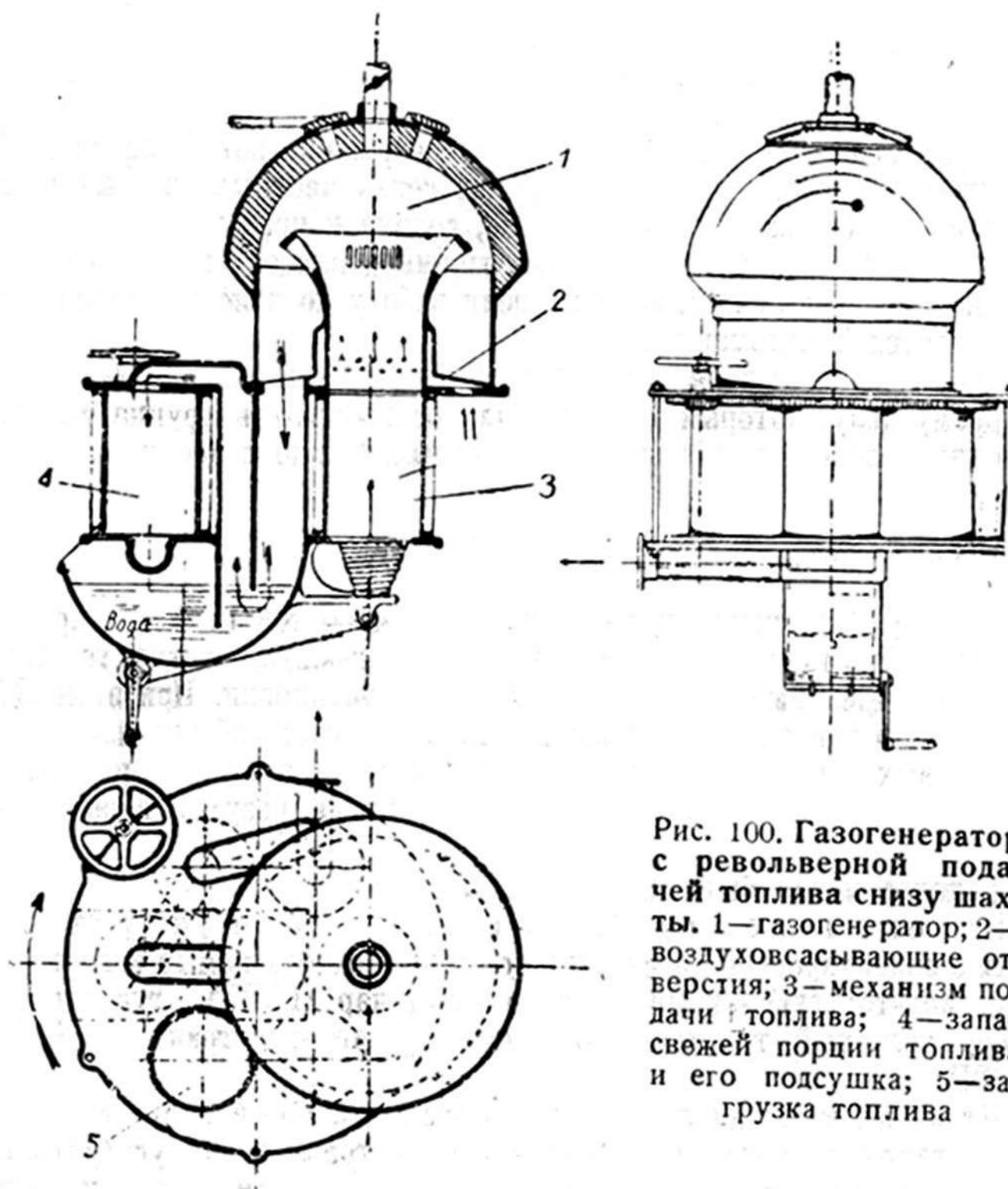


Рис. 100. Газогенератор с револьверной подачей топлива снизу шахты. 1—газогенератор; 2—воздуховсасывающие отверстия; 3—механизм подачи топлива; 4—запас свежей порции топлива и его подсушка; 5—загрузка топлива

странство, окружающее камеру горения, и через фурмы проходит в камеру. Зола проваливается вниз и частично засасывается вместе с газом через центральную трубчатую ось и задерживается в очистителе. Часть золы, накапливающаяся в колпаке, должна по мнению конструктора удаляться при повороте верхнего колпака помощью особого скребка, устройство которого в проекте не показано. Основной (нижний) каркас газогенератора состоит из двух дисков, между которыми установлен шестикамерный барабан, вращающийся около центральной трубчатой оси, служащей одновременно каналом для проводки газа и золы к очистителю. Плоскости барабана уплотнены сальниками и плотно прилегают к плоскостям дисков.

Барабан может вращаться с помощью зубчатого зацепления при действии на маховичок, посаженный на ось малой шестерни.

Топливо загружается по очереди в барабаны. При повороте маховичка на один оборот камера, заполненная горючим, перемещается на одну шестую круга, после чего заполняется следующий барабан и т. д.

После зарядки пятого барабана первый подходит под камеру горения и при отпуске спиральной пружины, которая предварительно оттягивается вниз с помощью лебедки, топливо под действием пружины поднимается вверх.

Когда оно выйдет совсем из камеры барабана, пружина вновь оттягивается лебедкой вниз, и поворотом маховичка подводится следующая камера барабана, заполненная топливом. Первый заряд топлива удерживается в раструбе специальными захватами (устройство это на чертеже не показано). Когда в камеру подается третий заряд топлива, генератор готов к работе.

Для розжига шахты открывается дроссель вытяжной трубы. После подогрева камеры дроссель закрывается, открывается верхний дисковый шибер добавочного воздуха, и газ идет через центральную трубчатую ось барабана, затем через гидравлический запор (водяной очиститель) и через камеру, заполненную топливом. Эта камера служит и сухим очистителем. Далее газ подводится к двигателю трактора. После установления нормального режима газообразования камеры барабана время от времени заполняют топливом, которое подается в шахту порядком, указанным раньше. Загрязненное очисткой газа топливо поступает в камеру горения, а газ пропускается через новую порцию горючего в соседней камере барабана при его очередном повороте.

По мнению экспертизы идея непрерывной подачи топлива заслуживает внимания, но осуществление ее сложно и требует дальнейшей детальной проработки.

## 2. Горизонтальная шахта с автоматической подачей топлива (проект А. Коновалова)

Газогенератор (рис. 101 и 102) — горизонтального типа, длиной, равной длине трактора (Клетрак). Топливо — дрова в виде кругляков, диаметром до 30 мм, длиной до 2 м, или подобное им длинномерное топливо.

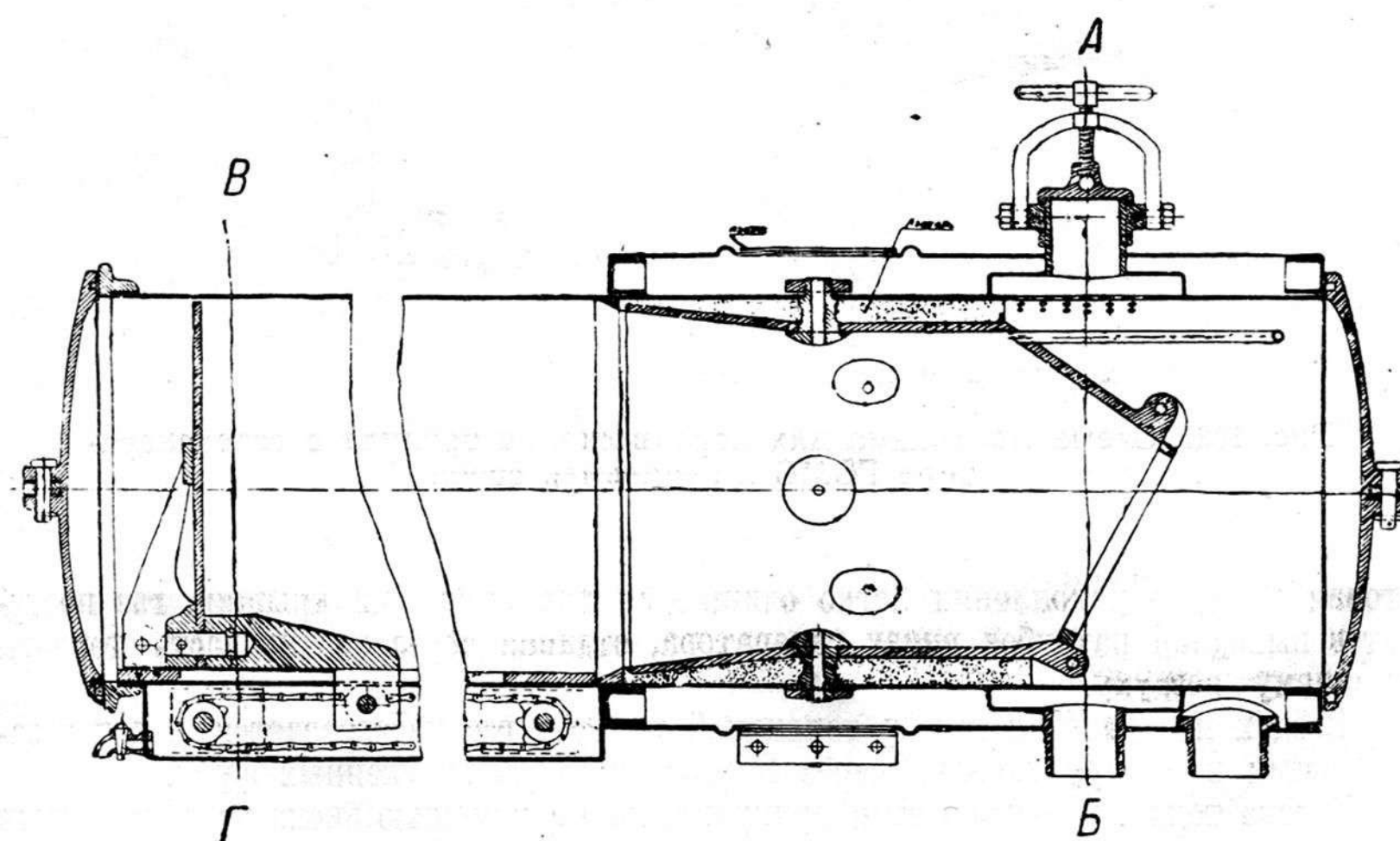


Рис. 101. Разрез горизонтального газогенератора ГОМС системы А. Коновалова



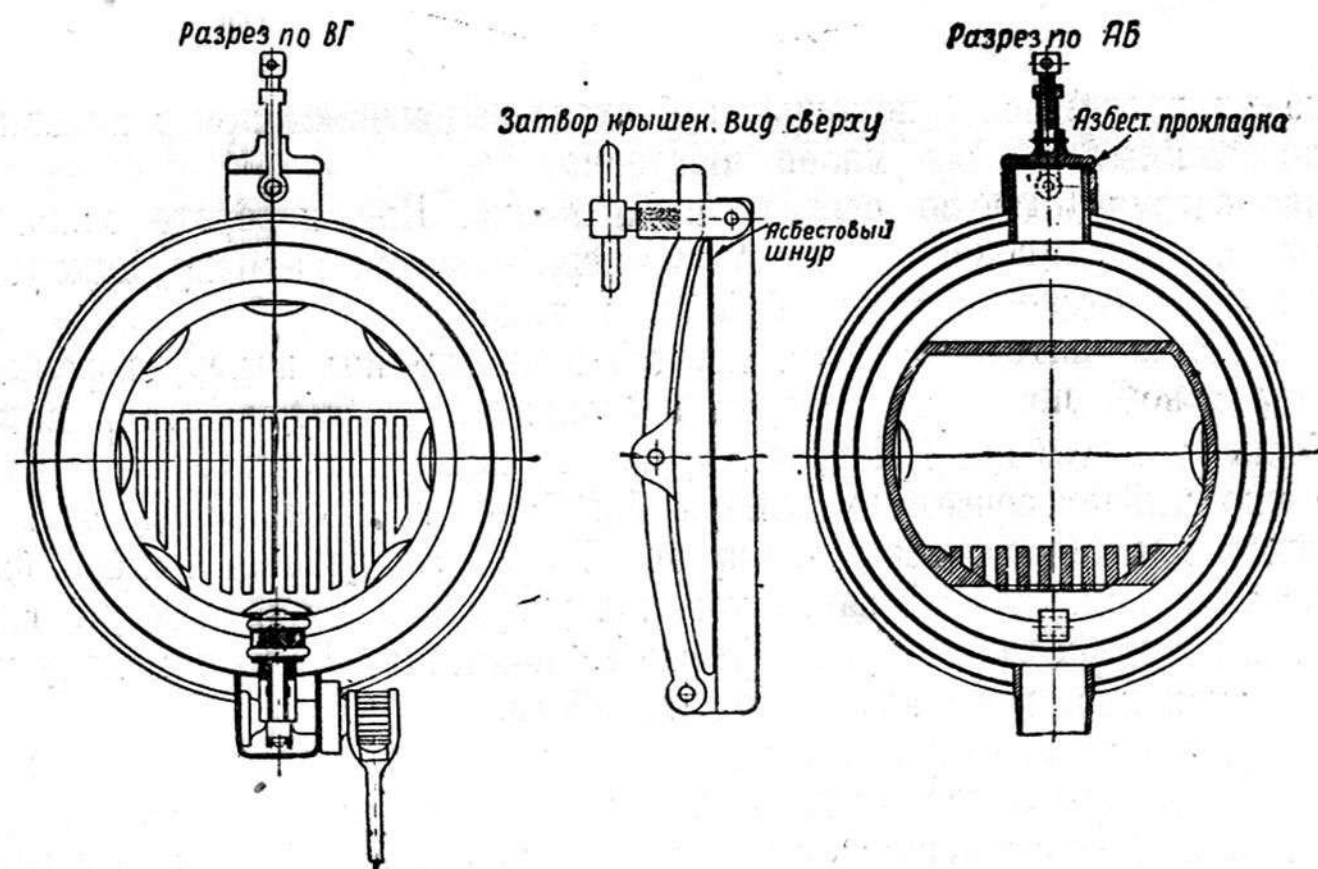


Рис. 102. Поперечный разрез горизонтального газогенератора ГОМС системы А. Коновалова

Газогенератор состоит из цилиндра с герметически закрываемыми крышками по концам. Камера горения окружена кожухом, образующим теплоизолирующий воздушный слой, где подогревается входящий воздух. Камера горения имеет вместо футеровки вставной и легко сменяемый цилиндр из никелевой стали или чугуна.

Промежуток между цилиндром и стенками газогенератора заполняется асбестом. Газ выходит через наклонную, легко открывающуюся для очистки колосниковую решетку в камеру между решеткой и крышкой зольника. Оставляя золу,

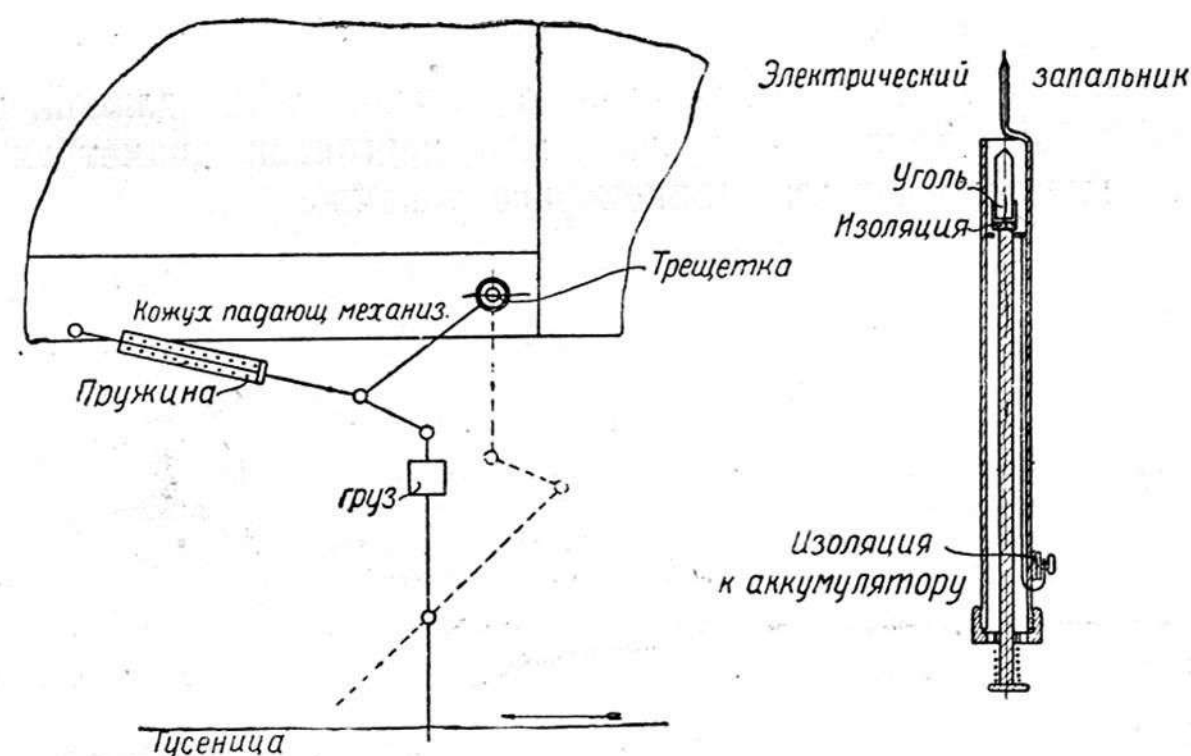


Рис. 103. Схема механизма для передвижения топлива в газогенераторе ГОМС и запальная свеча

которая по мере накопления легко очищается при открытии крышки, газ поступает в выводной патрубок внизу генератора, отдавая через стенки часть теплоты входящему воздуху.

Воздух поступает в кожух топливной камеры, где подогревается, и затем засасывается в камеру горения через 8 радиально расположенных фурм.

142 Подача топлива производится принудительно с помощью диска, составляющего подвижное днище шахты и могущего продвигаться до начала камеры горения.

Диск шарнирно закреплен на подвижной тележке и может быть повернут на шарнире в выдвинутом из шахты положении. Тележка продвигается с помощью цепи Галля, надетой на два ролика. Для загрузки шахты диск выдвигается и откидывается вниз, открывая доступ в шахту.

Пространство от фурм до колосниковой решетки заполняется древесным углем.

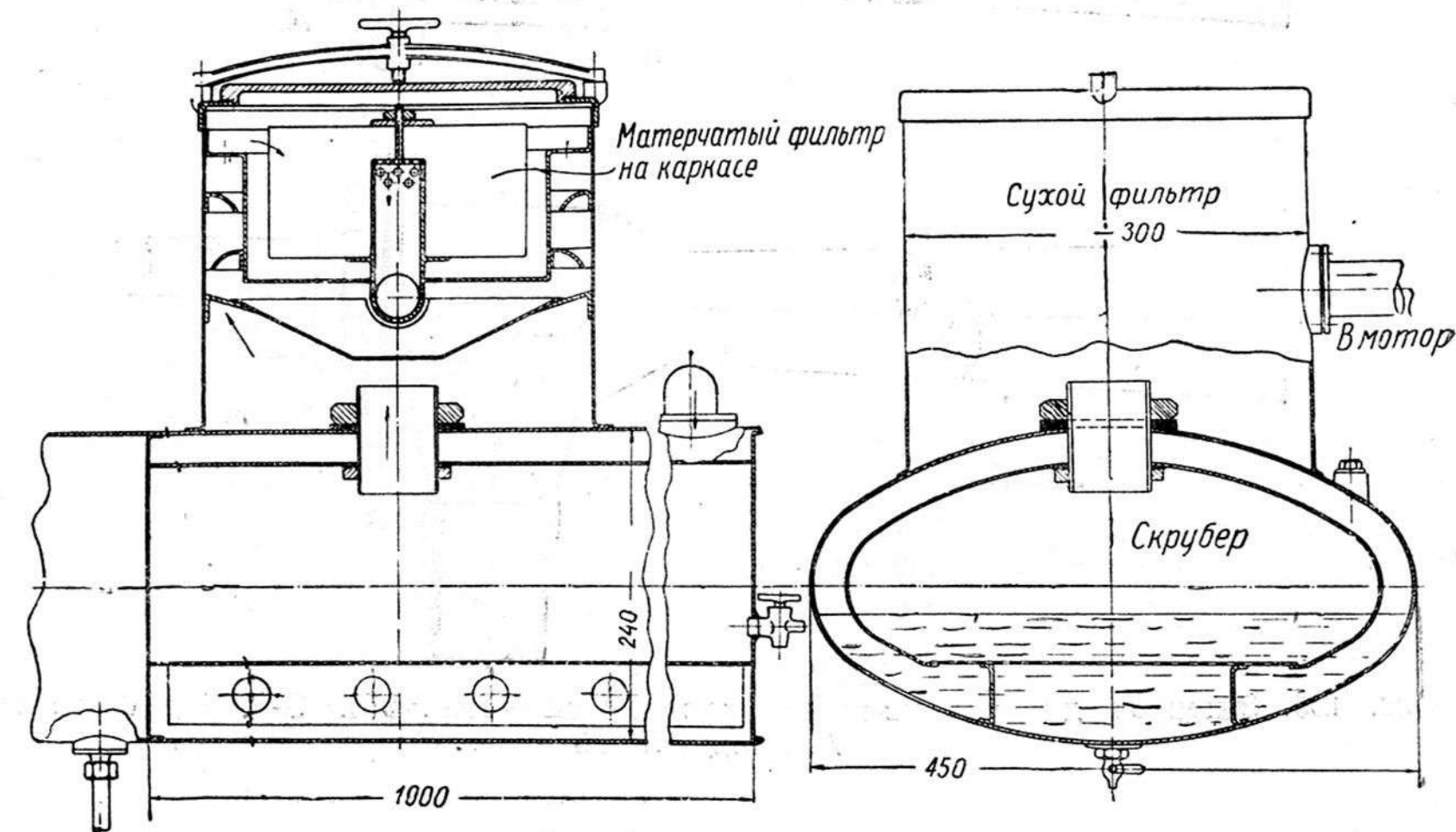


Рис. 104. Мокрый очиститель, выполненный в бензобаке трактора Фордзон

Автоматическая подача топлива (схема на рис. 103) происходит следующим образом: при движении трактора палец, укрепленный на одном из звеньев гусеницы, зацепляет за конец коромысла, которое сжимает пружину, и с помощью системы рычагов передвигает на несколько зубьев храповик решетки, которым подается тележка.

Затем силой пружины производится поворот решетки, и тележка с диском двинется вперед, продвигая топливо к камере горения.

Если топливо лежит уже достаточно плотно, то сила пружины будет недостаточна для продвижения его и коромысло останется в положении, при котором палец гусеницы не будет его цеплять. Таким образом подача топлива происходит автоматически по мере надобности. На рис. 103 одновременно приведен электрический запальник для поджога топлива, являющийся оригинальным предложением для розжига газогенератора.

Признавая оригинальность и новизну конструкции, экспертиза установила и ее недостатки: главным образом малый объем генератора, малый диаметр шахты по сравнению с длиной и слишком сильное охлаждение генератора со стороны загрузочной крышки в зимнее время.

### 3. Использование топливного бака под очиститель (проект НАТИ)

Очиститель (скруббер — рис. 104) помещен в секции нормального керосинового бака трактора типа Фордзон. Передняя часть бака, отделенная перегородкой, служит для помещения воды, вторая часть, как обычно, заключает бензин для пуска в ход. Газ, входящий в верхнюю часть очистителя, проходит между наружными и внутренними стенками в воду, оттуда через решетку во внутренний бак, а



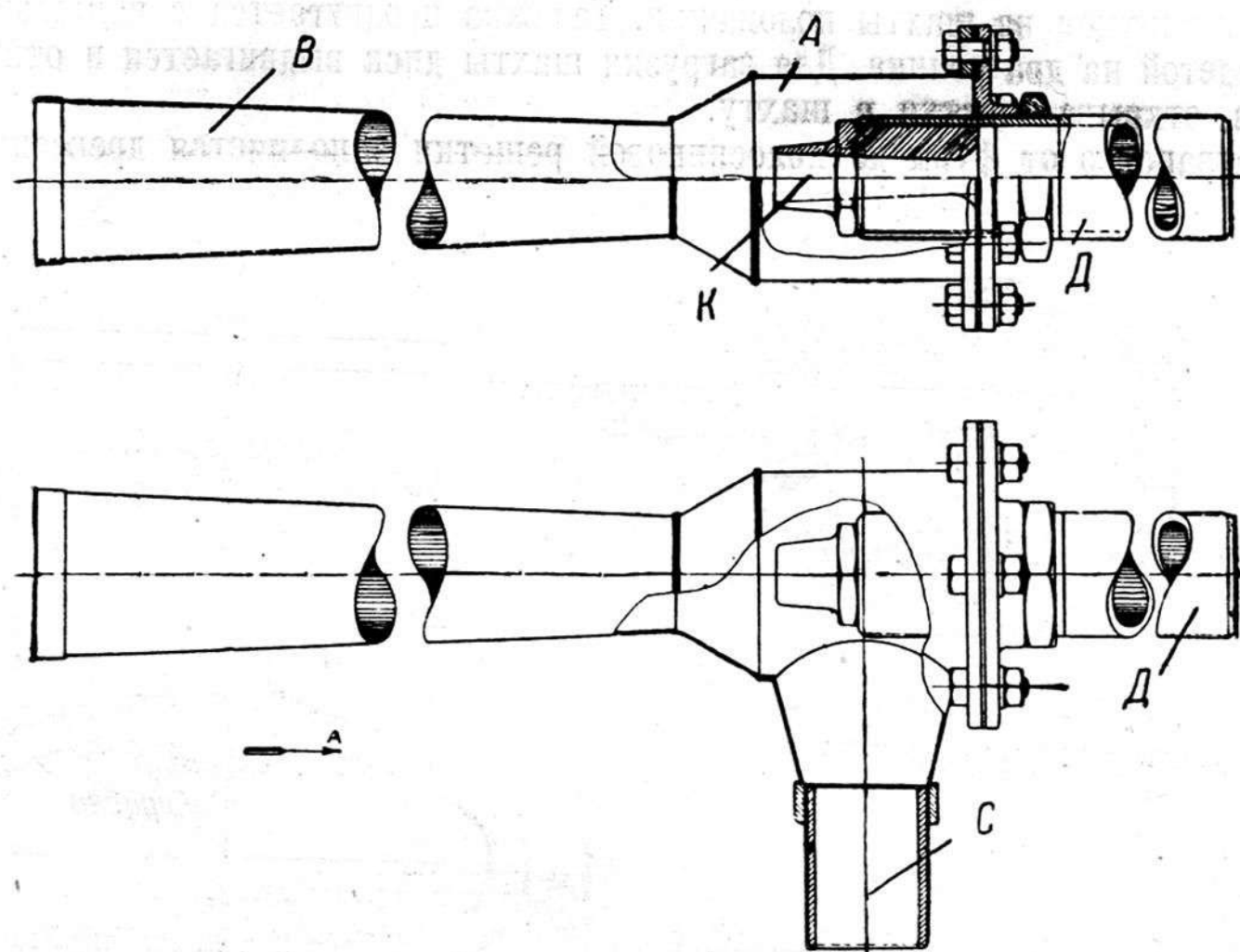


Рис. 105. Эжектор для раздувки газогенератора установки В-3. Предложение А. Введенского

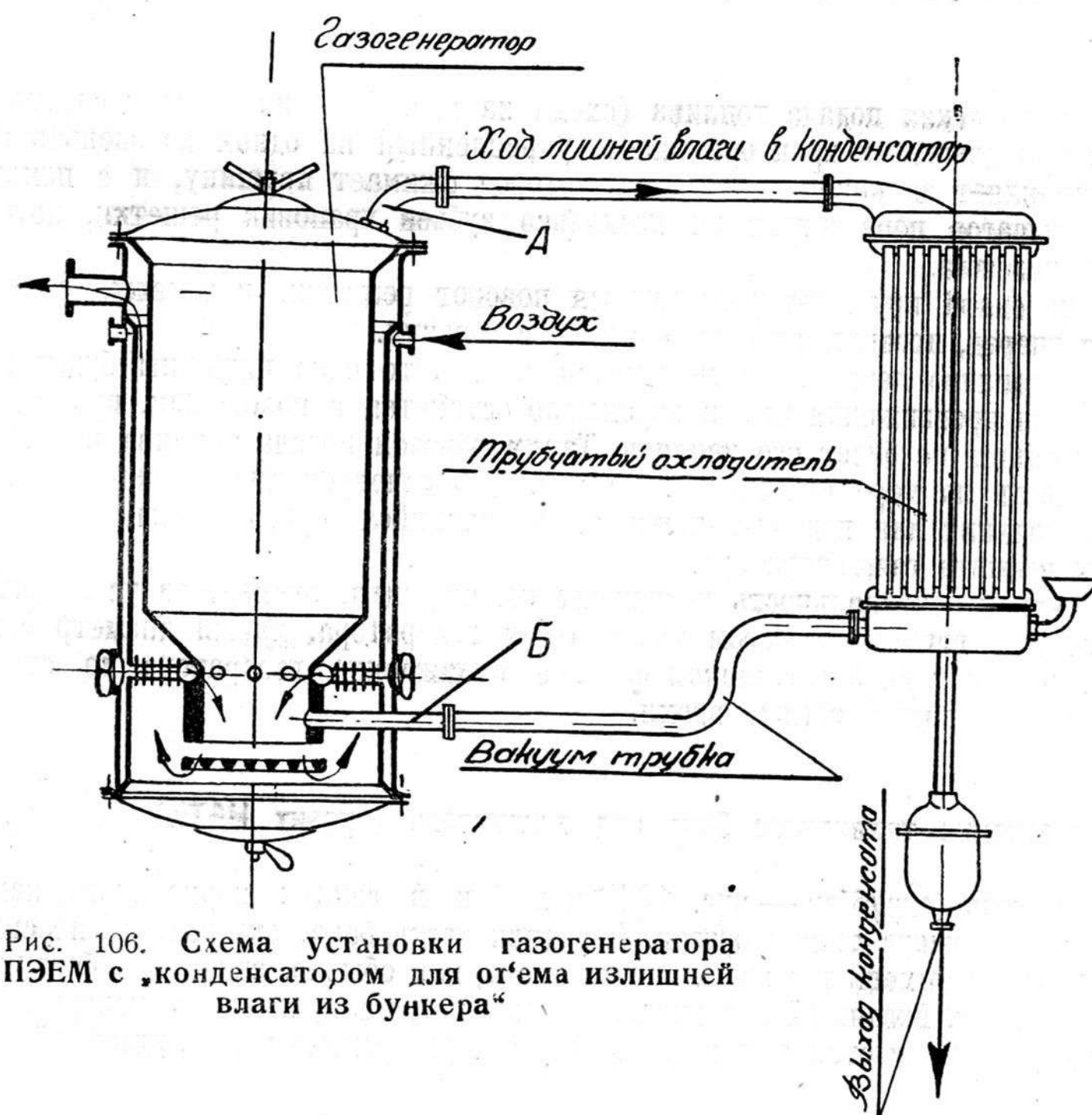


Рис. 106. Схема установки газогенератора ПЭМ с конденсатором для отъема излишней влаги из бункера

затем по трубе, укрепленной в верхней части очистителя, выходит из него, чтобы попасть во второй очиститель, помещенный непосредственно над первым (сухой фильтр).

Такое использование бака отмечено экспертизой как оригинальная мысль проекта.

#### 4. Розжиг шахты с помощью эжектора (проект инж. А. Введенского)

Эжектор (рис. 105) работает от выхлопных газов двигателя на жидком горючем.

Эжектор представляет цилиндр *А*, соединенный с всасывающим патрубком *С* и с трубопроводом выхлопных газов *Д*. Выходное отверстие цилиндра *А* имеет расширяющуюся насадку *В*.

Выхлопные газы, проходя через сопло *К* с большой скоростью, производят в цилиндре *А* разрежение, вследствие чего через отверстие *С* подсасываются продукты сгорания и производится розжиг шахты. Конструктором приведен подробный расчет эжектора на основании общей теории эжектора, предложенной Цейнером и напечатанной в «Вестнике металлопромышленности» за 1928 г.

Экспертизой установлена оригинальность применения энергии выхлопных газов двигателя для работы эжектора. Последний позволяет значительно ускорить

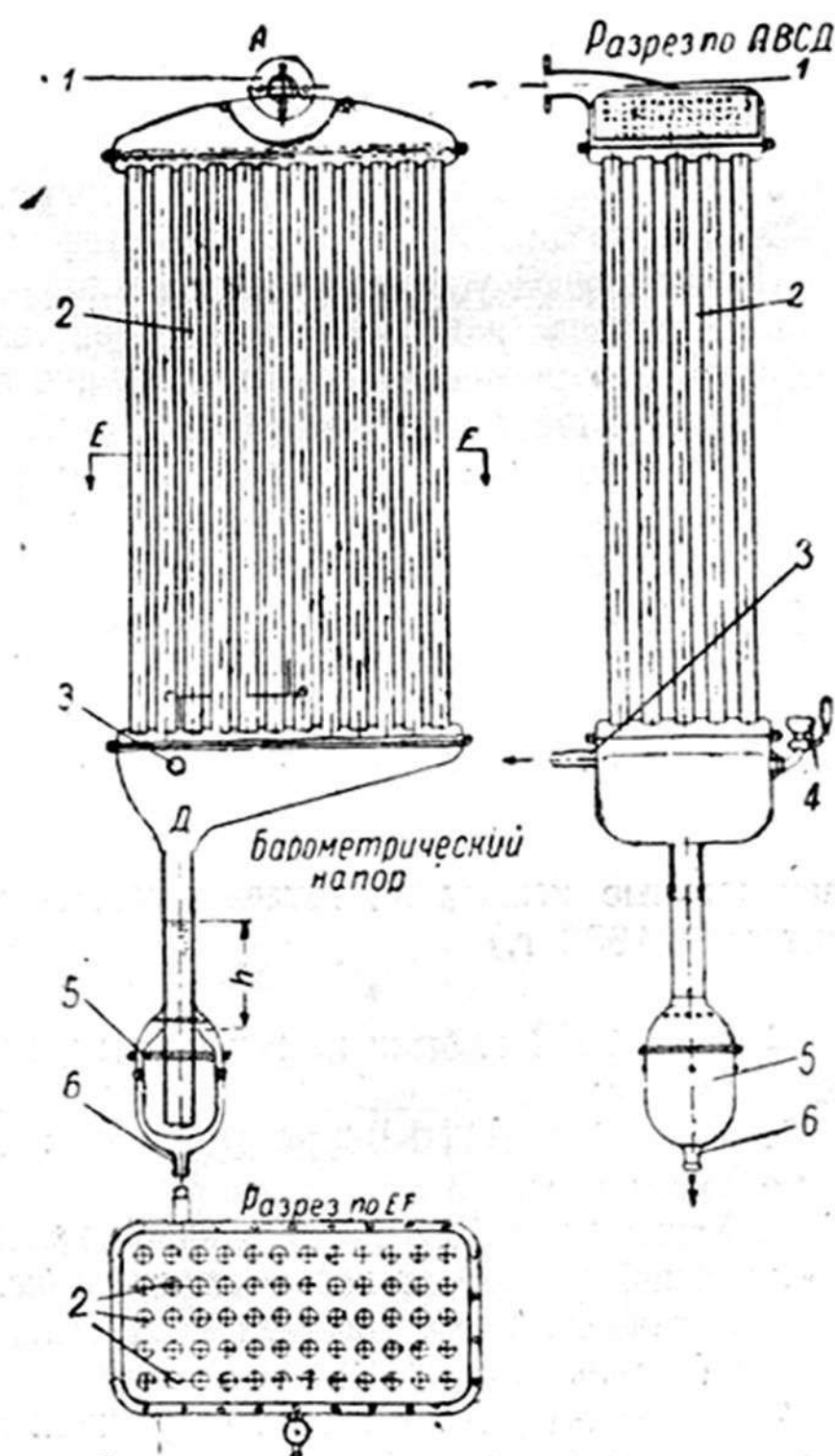


Рис. 107. Холодильник-конденсатор „ПЭМ“ для отбора паров из бункера газогенератора. 1—вход парогазовой смеси из бункера; 2—трубки, охлаждающие смесь; 3—выход осушенного газа; 4—заливной кран; 5—гидравлический затвор; 6—выход сконденсировавшейся влаги



розжиг шахты. Однако эжектор сложен в выполнении, и для работы его двигатель должен потреблять жидкое горючее, что вызывает излишний расход его.

#### 5. Конденсатор-холодильник установки НАТИ для трактора типа Интернационал

В случае газификации влажного топлива (с содержанием влаги 30 проц. и выше) в бункере образуется много воды, ухудшающей процессы газификации. Для отвода и конденсации излишков воды служит конденсатор-холодильник. На рис. 106 показана схема присоединения холодильника к газогенератору, а на рис. 107 — устройство холодильника.

Для отвода из бункера паров воды используется перепад давлений между патрубками А и В (рис. 106).

Конденсатор (рис. 105) состоит из 60 трубок диаметром 20 мм, впаянных в два резервуара. Верхний резервуар служит приемником пара и соединен патрубком с газогенератором. Пар, проходя по трубкам конденсатора, охлаждается наружным воздухом, и конденсат собирается в нижнем резервуаре, откуда он автоматически удаляется через водяной затвор. Для создания тока пара и конденсата использована разница давлений между верхней частью генератора и топливником. Разница эта достигает 25—40 мм водяного столба и вполне гарантирует необходимый ток пара.

#### Конкурсные испытания готовых газогенераторных установок на колесных тракторах (1931 г.)

К осени 1931 г. оказались готовыми к испытанию две газогенераторные установки:

1. Установка НАТИ на колесном тракторе Интернационал 22/36 (рис. 108).
2. Установка ВИСХОМ типа СЖ-2 на колесном тракторе СТЗ 15/30 (рис. 92).

Проект первой установки был на конкурсе, но, к сожалению, готовая установка была лишена наиболее характерной части — конденсатора-холодильника — вследствие невозможности его изготовления в то время.

Вторая установка не участвовала в конкурсе проектов.

Обе установки были испытаны в октябре и ноябре 1931 г. на пахоте в совхозе Мамонова. Испытания эти показали, что обе установки были недостаточно подготовлены для испытания; тракторы не могли быть испытаны по установленной программе (40 часов работы на 2-й скорости) вследствие постоянных неисправностей газогенераторных установок и недостаточной тяги на 2-й скорости. Кроме того, как в конструкции установок, так, главным образом, в их выполнении был ряд существенных недостатков.

#### Сравнительные испытания готовых газогенераторных установок на гусеничных тракторах (1932 г.)

К весне 1932 г. были подготовлены к испытаниям следующие газогенераторные установки:

1. Установка НАТИ-ВЗ на гусеничном тракторе Коммунар. Топливо — древесные чурки (рис. 93).
2. Установка ОКБ-8 на гусеничном тракторе Кэтерпиллер-60 (американском) с увеличенной до 5,69 степенью сжатия (рис. 109). Топливо — древесные чурки.
3. Установка проф. Наумова на гусеничном тракторе Коммунар. Топливо — древесный уголь (рис. 110).
4. Установка Декаленкова на гусеничном тракторе Коммунар. Топливо — древесные чурки (рис. 94).

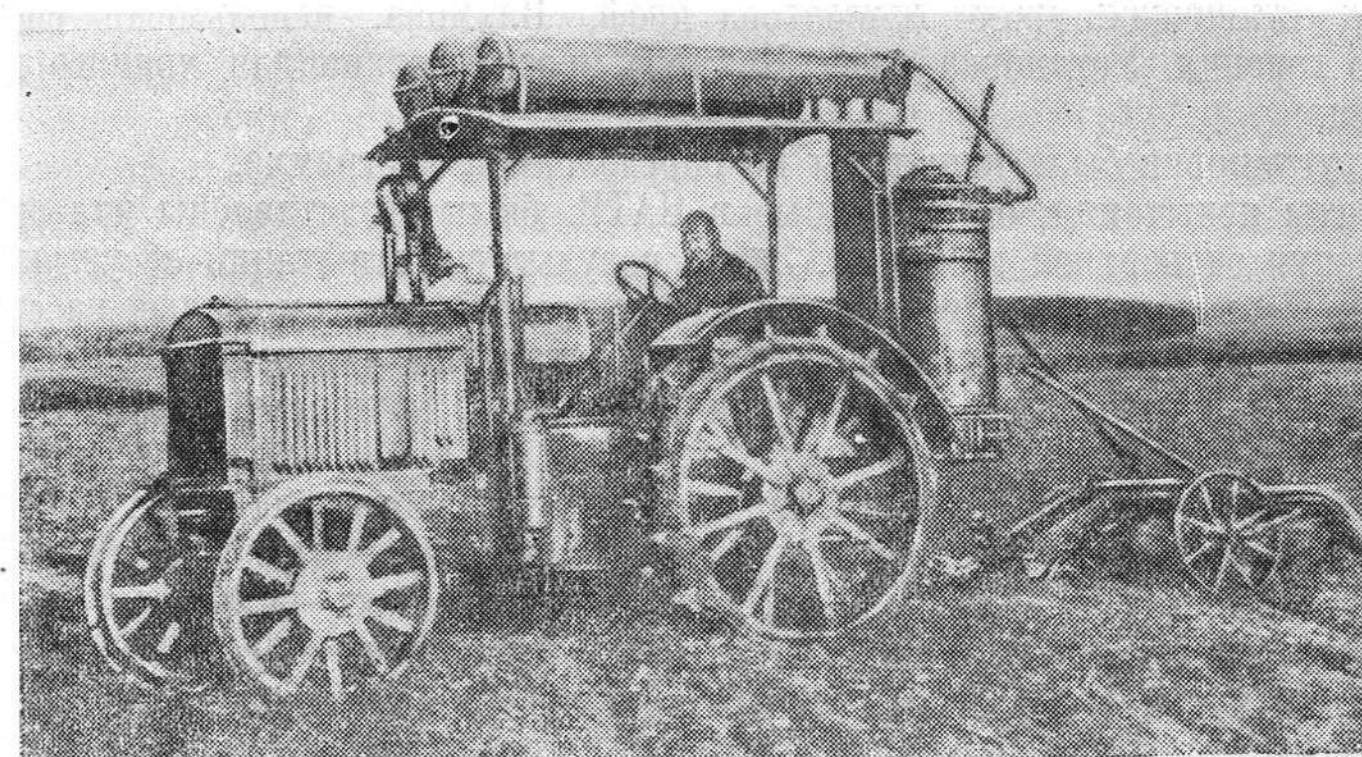


Рис. 108. Трактор Интернационал с газогенератором ПЭМ (НАТИ)

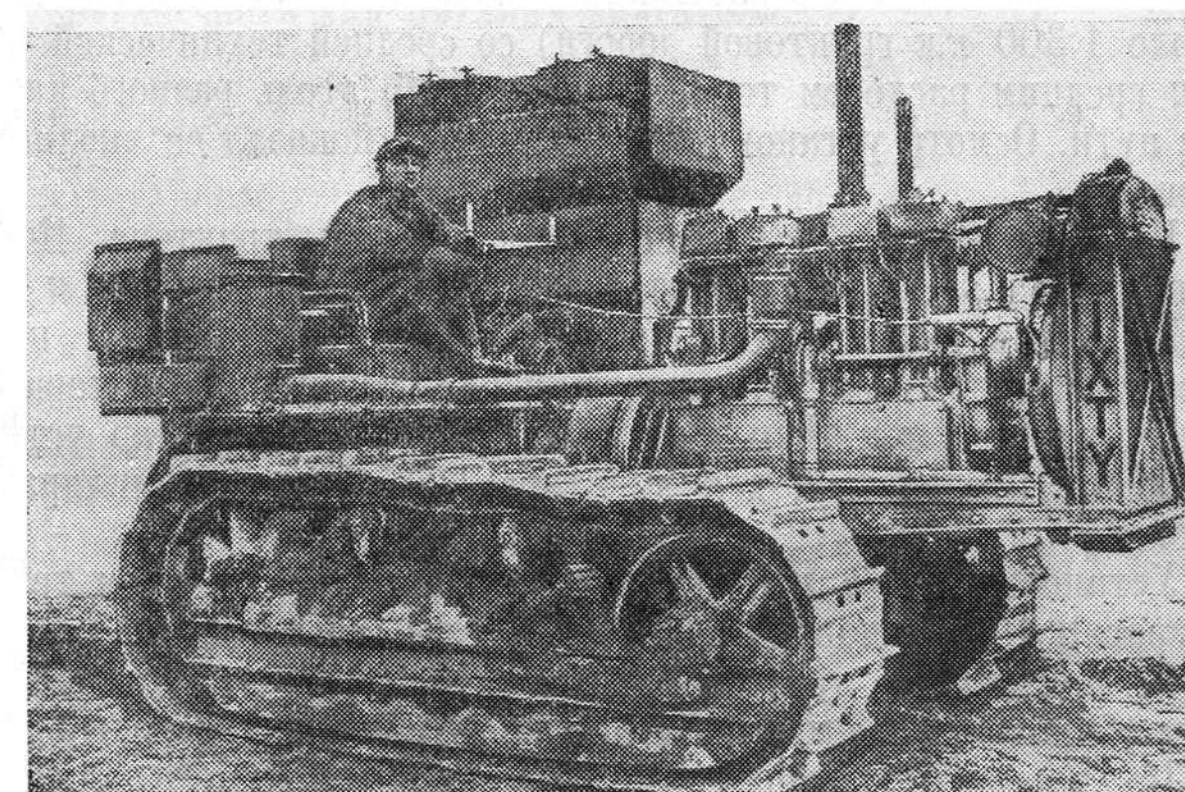


Рис. 109. Трактор Кэтерпиллер с газогенератором ОКБ-8

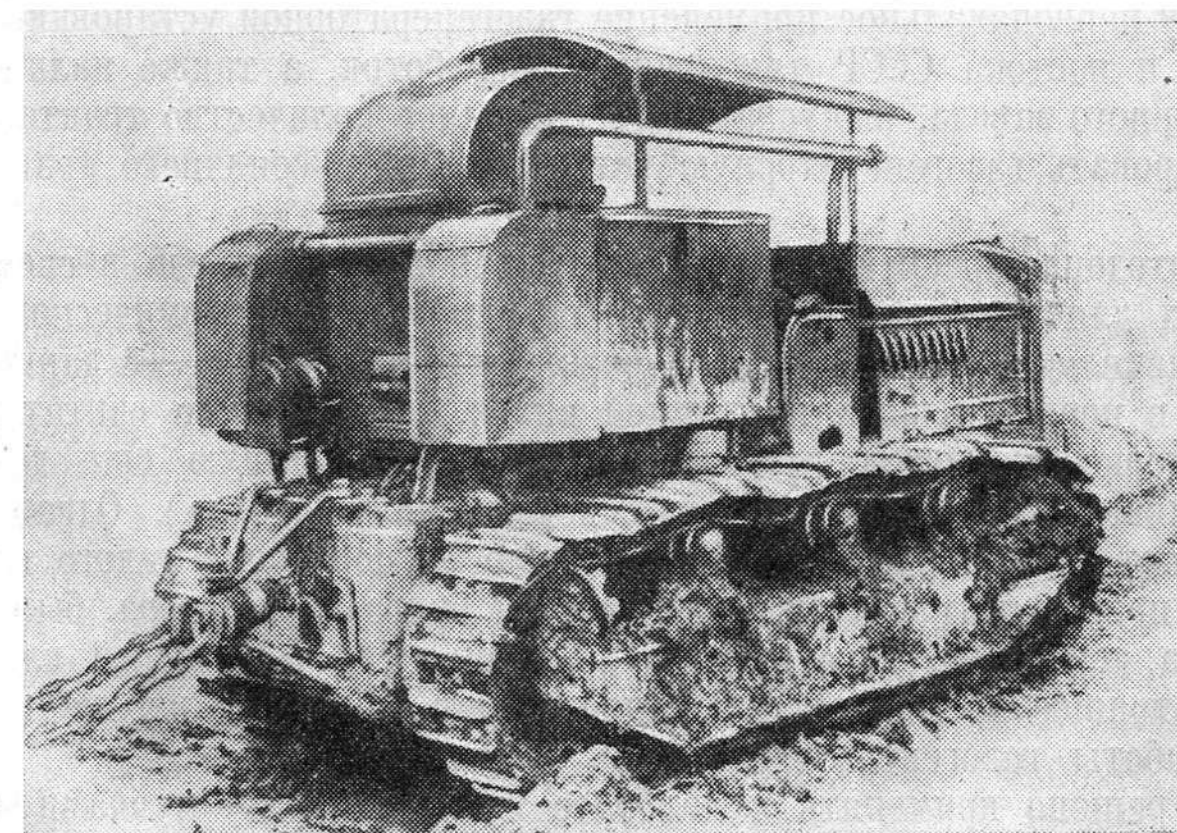


Рис. 110. Трактор Коммунар с газогенератором У-3 проф. Наумова



Во всех установках, кроме генератора проф. Наумова, использован способ опрокинутого горения. Установка проф. Наумова проектирована для прямого процесса горения.

Все эти установки были испытаны по определенной программе.

Результаты испытания, обработанные в НАТИ, были представлены для оценки и заключения экспертной комиссии. Затем результаты испытаний обсуждались в рабочей комиссии совета жюри, которая отметила, что представленные на сравнительные испытания четыре газогенераторные установки в основном равноценны, причем все конструкции обладают теми или иными крупными недостатками, подлежащими устранению.

Для дальнейшего продвижения в жизнь газогенераторного дела и для создания усовершенствованных газогенераторных установок можно было идти двумя путями: во-первых, устранить обнаруженные недостатки испытанных установок и, во-вторых, проектировать новые, лучшие по качеству установки.

По первому пути пошли НАТИ, проф. Наумов и С. Декаленков.

Проф. Наумов дал усовершенствованную установку, поставленную на 1,5 т грузовик Форд. Эта машина с газогенераторной установкой типа У-5 с полезной нагрузкой около 1,2 т успешно выполнила в августе 1933 г. опытный пробег Ленинград—Тифлис, покрыв расстояние около 3 000 км (из которых 1 700 км шоссе и около 1 300 км грунтовой дороги) со средней технической скоростью 24,4 км в час и средним расходом топлива (древесный уголь разного качества) 0,453 кг на 1 км пути. Осмотр установки после пробега показал ее вполне удовлетворительное состояние.

НАТИ переделал установку на колесном тракторе Интернационал 22/36, введя металлический топливник по принципу Имберта, и под наименованием НАТИ-3 установил вместе с двигателем от трактора СТЗ на буксирном катере Московской судовой верфи. Предварительные испытания катера дали удовлетворительные результаты. Испытанная на тракторе Коммунар установка НАТИ-ВЗ переделана и назначается для трактора ЧТЗ. Два экземпляра установки осуществлены.

Установка СЖ-2, испытанная Автодором на колесном тракторе СТЗ, переконструирована в установку НАТИ-6 для того же трактора.

С. Декаленков усовершенствовал испытанную установку с добавлением к ней трубчатого охладителя. Установка назначена для грузовика ГАЗ.

По второму пути пошла тракторная секция Автодора. Секция приняла на себя задачу коллективного проектирования новой газогенераторной установки под наименованием Автодор-1 для одного из тракторов с учетом всего опыта Автодора.

Для проектирования установки были выработаны определенные условия.

Имея в виду первоначальное применение газогенераторной установки в лесных районах севера и востока СССР для лесных разработок, а также наличие Челябинского тракторного завода, выпускающего громадное количество тракторов, было решено проектировать газогенераторную установку для гусеничного трактора ЧТЗ типа С-60.

Бригада Автодора, проектировавшая эту установку, не имела в своем распоряжении данных для полного анализа хозяйственно-техно-экономической стороны вопроса о сравнительной рентабельности разных видов топлива. Те данные, которые приведены в первых главах настоящей книги, заставили ее считать наилучшим твердым горючим обожженную древесину, не доведенную еще до степени сильного обугливания (бурый уголь или «поджаренные дрова»). Однако в виду того, что пока нет хорошо разработанной технологии получения такого топлива, а эта разработка превосходит возможности рабочей бригады Автодора, было решено остановиться на древесине, подсушенной до количества физической влаги около 15 проц. В настоящее время такое топливо может считаться вполне пригодным для хорошей работы газогенератора.

Древесину решено применять в наиболее удобном виде — чурками из отбросов лесных разработок с примерными размерами  $120 \times 70 \times 70$  мм. Размеры эти до-

пустимы при значительном поперечнике шахты генератора, а изготовление крупных чурок обойдется дешевле мелких.

Для подсушки и измельчения дров рекомендовано разработать соответствующие устройства, которые несложны и могут быть переносными. При применении подсушенного топлива нет надобности в больших запасах его, связанных с устройством особых помещений (навесов, сараев) и с пожарной опасностью.

Выбор горючего обусловил выбор опрокинутого процесса газификации, на котором бригада и остановилась.

## Краткое описание газогенераторной установки Автодор-1 для гусеничного трактора ЧТЗ типа С-60

### А. Составные части установки

1. Газогенератор.
2. Очиститель горячего газа.
3. Газоохладитель.
4. Газоочиститель.
5. Смеситель и другие части для питания двигателя.

### Б. Расположение установки и ее крепление

1. Газогенератор установлен на левом крыле трактора вместо большого бака с жидким топливом и опирается своими лапами на два кронштейна. Один из кронштейнов крепится к раме трактора, другой опирается на швеллеры, положенные поверх крышки коробки заднего моста и служащие одновременно опорами для охладителя, очистителя и смесителя.

2. Очиститель горячего газа расположен также на левом крыле, непосредственно за генератором (между генератором и охладителем). Очиститель крепится к швеллеру, лежащему на крышке коробки заднего моста, и кроме того стяжкой, связывающей его с другим швеллером правого крыла.

3. Газоохладитель расположен сзади трактора над приводным шкивом и опирается на оба швеллера, лежащие на крышке заднего моста. Для защиты охладителя от повреждений при накатке груженых прицепов поставлена защитная решетка.

4. Газоочиститель установлен на правом крыле между двумя угольниками, положенными вдоль ящика сидения (поперек трактора).

5. Смеситель соединен одной стороной с фильтром-трубопроводом из тонкостенной газовой трубы, а с другой — с всасывающим коллектором двигателя.

### В. Описание отдельных частей установки

#### 1. Газогенератор (рис. 111)

Газогенератор имеет цилиндрическую форму сверху большего диаметра, чем внизу, с коническим переходом. Верхняя часть служит бункером для топлива, нижняя — газообразователем.

Газообразователь состоит из цилиндрического корпуса с внутренним диаметром в 616 мм и высотой 592 мм, футерованного на высоте 420 мм огнеупорным кирпичом, образующим камеру горения. Вверху камеры расположено 12 стальных фурм, проходящих сквозь верхний ряд кирпичей.

Воздух к фурмам подводится через фурменный пояс, опоясывающий камеру снаружи. Пояс имеет два люка для впуска воздуха и пробки против каждой фурмы. Люки снабжены герметически закрывающимися крышками.

Фурмы вставляются в боковые стенки генератора на резьбе, для чего в корпус вварены отрезки нормальных газовых труб.



Резьба смазывается графитным составом для предохранения от загорания. Пребки, закрывающие отверстия в фурменном поясе, также ввинчиваются в отрезки газовых труб, вваренных в стенку.

Кирпичная футеровка держится на солидном угольнике, приваренном к корпусу.

Угольники хорошо охлаждаются наружным воздухом и обеспечены от деформации. На расстоянии 60 мм от нижней поверхности футеровки расположена зольная решетка, изготовляемая сваркой из полосового железа  $20 \times 3$  мм.

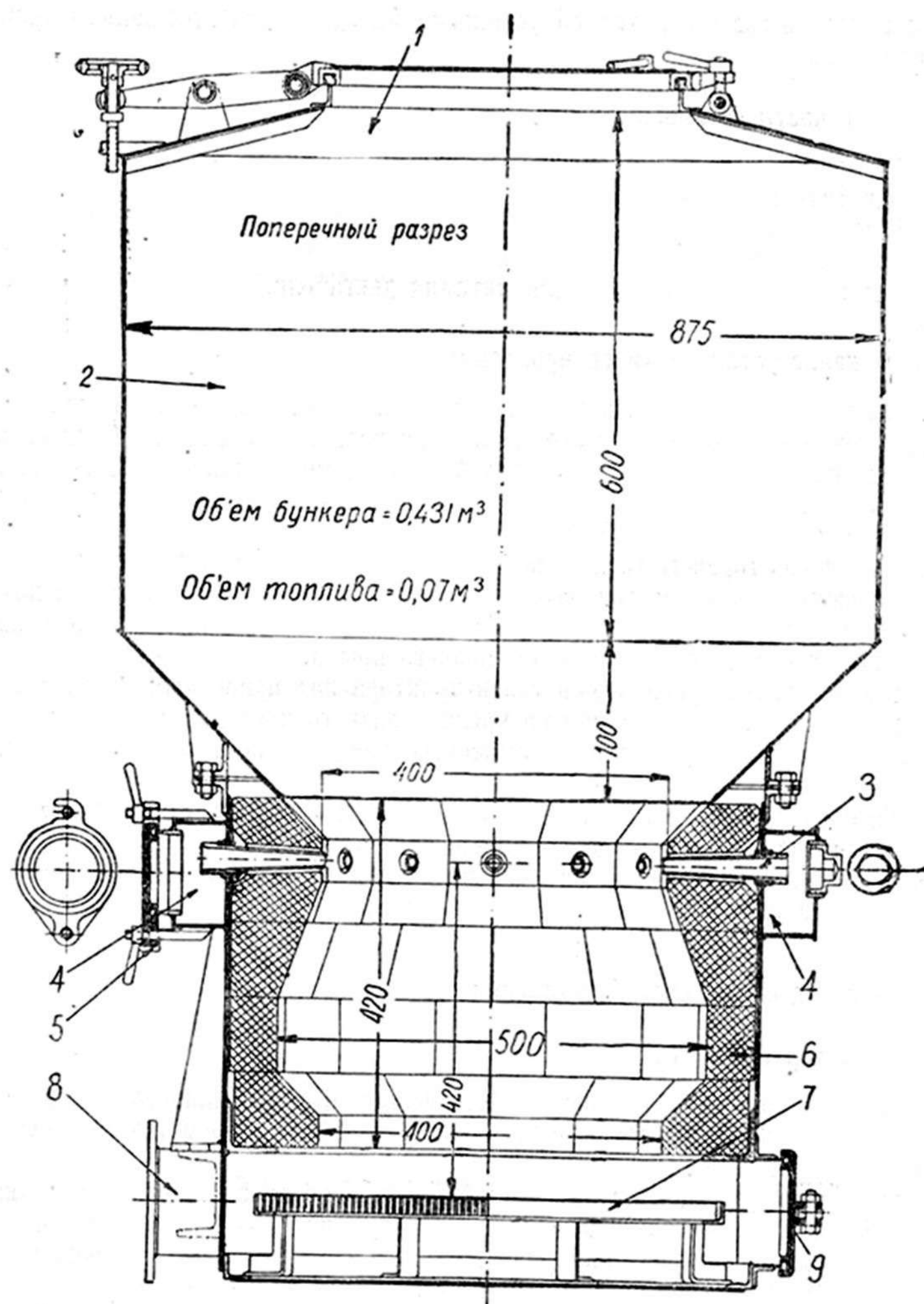


Рис. 111. Разрез газогенератора Автодор-I. Установка для трактора Сталинец-60 (ЧТЗ). 1—загрузочный люк; 2—бункер; 3—воздушные фурмы; 4—воздухоприемник (фурменное кольцо); 5—заглушка всасывающего отверстия; 6—кирпичи огнеупорной футеровки; 7—колосниковая решетка; 8—газоотсасывающий патрубок; 9—зольниковый лючок

Решетка состоит из трех отдельных частей, вкладываемых в круглую рамку из угольника и держащихся на стойках, приваренных к угольнику. Решетка по частям может быть извлечена через зольниковую крышку.

Под решеткой имеется пространство высотой 80 мм.

Решетка алитирована, что дает ей высокую жароупорность. Корпус нижней части как несущей конструкции с большими температурными воздействиями имеет толщину 4 мм.

К корпусу приварены две лапы, которыми генератор устанавливается на кронштейны. Фурменный пояс и днище генератора изготовлены из листового материала толщиной 2 мм.

Зольная дверка — чугунная с асбестовым уплотнением и зажимной скобой. Расположение зольной дверки обеспечивает одновременное обслуживание пространства над и под решеткой. Выход газа как из-под решетки, так и из слоя угля сверху решетки происходит при умеренных скоростях.

Газ поступает в патрубок большого сечения. Фланец патрубка примыкает к фланцу очистителя.

Бункер состоит из цилиндрической части и конусов нижнего и верхнего. Нижний конус продолжен до начала футеровки с тем же наклоном, как и верхние кирпичи, т. е. около  $45^\circ$ , что обеспечивает полный сход топлива. Цилиндрическая часть имеет внутренний диаметр 875 мм и высоту 556 мм. Верхний конус заканчивается рамкой для крышки.

Общая высота бункера — 840 мм. Стенки цилиндрической части и верхнего конуса толщиной 1,5—2 мм, толщина стенок нижнего конуса — 3 мм.

Круглое загрузочное отверстие имеет в свету диаметр 400 мм. Крышка имеет кольцевую выточку, заполняемую асбестовой набивкой, и прижимается с помощью винтов к ребру рамки.

### Камера горения

На уровне фурм диаметр камеры составляет 400 мм. Средняя часть камеры уширяется до 500 мм для понижения скорости протекания газа и увеличения времени пребывания его в раскаленном слое.

Нижняя часть камеры опять сужена до 400 мм, чтобы помешать течению газа у стенок и предотвратить образование холодного конуса.

Генератор выполнен без специального подогрева воздуха, кроме фурменного пояса, так как подобное устройство вносит большие усложнения и понижает надежность и долговечность конструкции. Розжиг генератора производится нормально самодувом, для этого требуется 40—50 минут перед первоначальным пуском в ход или после длительного перерыва и 10—15 минут после ночного перерыва. По желанию может быть поставлен вентилятор для сокращения времени розжига.

### Основные расчетные данные генератора

Часовое количество газа при  $15^\circ$  и 760 мм давления — 163 куб. м.

Часовое количество воздуха, поступающего в фурменный пояс при  $15^\circ$  и 760 мм давления, — 102 куб. м.

Выход газа с 15 проц. влаги из 1 кг топлива — 2,84 куб. м.

Часовое количество сжигаемого топлива — 57,5 кг.

Площадь сечения камеры горения на уровне фурм — 0,126 кв. м.

Напряженность горения в фурменном сечении — 460 кг/кв. м.

Сечение двух лючков — 0,0127 кв. м.

Скорость воздуха в лючках — 2,2 м/сек.

Площадь сечения в фурменном поясе при разветвлении воздуха на 4 потока и отдаче 12 проц. в лючковых фурмах — 0,024 кв. м.



Скорость воздуха в фурменном поясе — 1 м/сек.

Скорость воздуха в фурмах при температуре воздуха 100° — ок. 17 м/сек.

Скорость газа при выходе его — ок. 1 м/сек.

Скорость газа в выходном патрубке — 7—10 м/сек.

### Объемные и весовые данные

Емкость бункера — 0,431 куб. м.

Весовая емкость при объемном весе чурок 300 кг/куб. м — 130 кг.

Запас топлива при часовом расходе 57,5 кг — на 2 ч. 15 мин.

Емкость футерованной камеры — 0,07 куб. м.

Вес металлических частей — 184 кг.

Вес футеровки — 100 кг.

Общий вес генератора — 284 кг.

Проект газогенератора выполнен инж. И. Титовым и Г. Полубояриновым.

## 2. Очиститель горячего газа

Назначение очистителя — улавливание крупной пыли, уносимой газом из генератора. Очиститель состоит из двух ящиков, сваренных из листового железа толщиной 1,5 мм.

Контурные размеры ящиков: 583×180×240 мм.

Газ поступает в нижний ящик и проходит через проволочную корзину, наполненную отожженной железной проволокой.

На дырчатых подставках в ящике установлены вертикальные ряды лодочек, расположенных в шахматном порядке. Каждый ряд лодочек собран на двух гребенках, к которым лодочки прихвачены сваркой. В нижнем ящике — 10 рядов лодочек.

При вступлении в ряд лодочек газ приобретает скорость порядка 15 м/сек.; далее сечение увеличивается, а против щели пройденного ряда газ встречает лодочки следующего ряда.

Пыль падает на дырчатую поставку, проваливается через дыры и собирается между дном ящика и подставкой, откуда она может быть удалена при периодической чистке. Для очистки ящик имеет съемную крышку, уплотненную асбестовой набивкой.

Из нижнего ящика газ переходит по патрубку в верхний, имеющий такое же устройство, как нижний. В верхнем ящике установлены 12 рядов лодочек, а сзади них ставится корзинка с отожженными стружками. Ящики связаны двумя стойками из листового железа толщиной 3 мм, которые крепятся к лапам, приваренным к стенкам ящиков.

Температура газа при входе в очиститель — 600—700°.

Общая поверхность охлаждения — 1,264 кв. м.

Температура газа при выходе из очистителя — 400—600°.

## 3. Газоохладитель (рис. 112)

Назначение охладителя — снижение температуры газа до возможно низких, практически достижимых пределов.

Охладитель состоит из трех горизонтальных рядов по 7 труб в каждом, прямоугольного сечения 150×20 мм, длиной 1 880 мм.

Трубы сварены из листового железа толщиной 1 мм. Каждый ряд труб приварен к гребенке, которая в свою очередь приваривается к вертикальным угольникам, охватывающим охладитель с двух сторон.

Верхние и нижние концы угольников замкнуты приваренными к ним горизонтальными угольниками, образуя жесткую раму.

В ребре заднего вертикального угольника имеются прорезы, в которые вставлена предохранительная решетка из полос 10×40 мм, длиной 2 180 мм. Решетка крепится к угольникам помощью болтов.

Газ из очистителя поступает по патрубку в первый короб 110×304×150 мм, толщина стенок 2 мм. Короб приварен к трубной доске и имеет съемную крышку с асбестовой набивкой.

Выходя из короба, газ распределяется по верхнему ряду труб и вступает затем во второй короб 60×304×390 мм с правой стороны трактора. Этот короб имеет также съемную крышку.

Затем газ поступает в средний ряд труб, выходит в третий короб таких же размеров, как второй, и переходит в нижний ряд труб. После выхода из нижнего ряда труб газ поступает в четвертый короб, подобный первому.

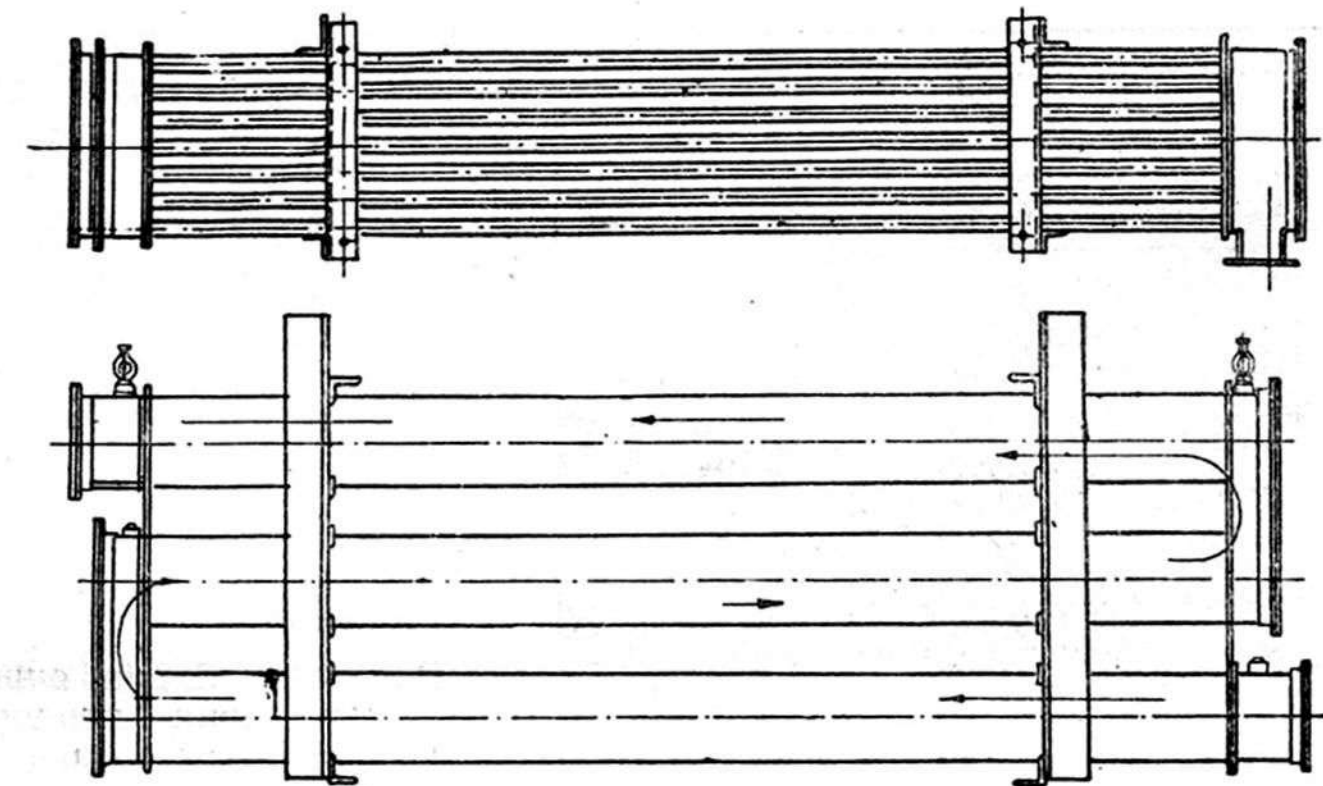


Рис. 112. Общий вид охладителя газа установки Автодор-1

Охлажденный газ идет по патрубку в фильтр. Охлаждение газа достигается омыванием труб охладителя естественными потоками воздуха.

Направление воздушного потока перпендикулярно направлению газа, что обеспечивает наилучшее использование поверхности охлаждения. Чистка охладителя требуется примерно через 150—200 часов работы. Температура газа при входе в охладитель 600°. Общая поверхность охлаждения около 14,5 кв. м. Температура газа при выходе из охладителя 30—60°.

Проект очистителя горячего газа и охладителя выполнен инж. Г. Полубояриновым.

## 4. Газоочиститель (рис. 113)

Назначение газоочистителя — очистка охлажденного газа от пыли, сажи, следов соломы и капель водяного тумана, уносимых газом из охладителя.

Очистка газа осуществляется в два приема: а) соприкосновением газа, движущегося с весьма малыми скоростями, с большими поверхностями очищающих пластин при частом изменении направления струи газа (поверхностный очиститель для грубой очистки); б) пропусканием газа сквозь массу (тонкая очистка).

Таким образом очиститель относится к типу поверхностных с двумя ступенями очистки.

Очиститель представляет прямоугольный ящик размером 500×400×500 мм, сделанный из железа толщиной 1,5 мм. Посредством двух перегородок, не достигающих одна до дна, а другая до крышки, ящик разделен на три отделения.



Газ входит через штуцер, приваренный к торцевой стенке ящика, в первое отделение, занимающее всю ширину ящика (400 мм).

В этом отделении газ поднимается и через перегородку, не доходящую на 50 мм до крышки, входит во второе отделение. Это отделение занимает также всю ширину ящика и имеет в длину 350 мм.

Газ во втором отделении, двигаясь сверху вниз, проходит мимо 34 экранов, сделанных из гофрированной жести. Высота экрана — 350 мм, длина — 400 мм. Экраны отстоят друг от друга на 10 мм, опираются на два колосника и удерживаются на определенных расстояниях с помощью пяти гребенок. Три гребенки прикреплены к глухой продольной стенке ящика, а две устанавливаются со стороны бокового люка и крепятся шурупами к выступам фланца люка.

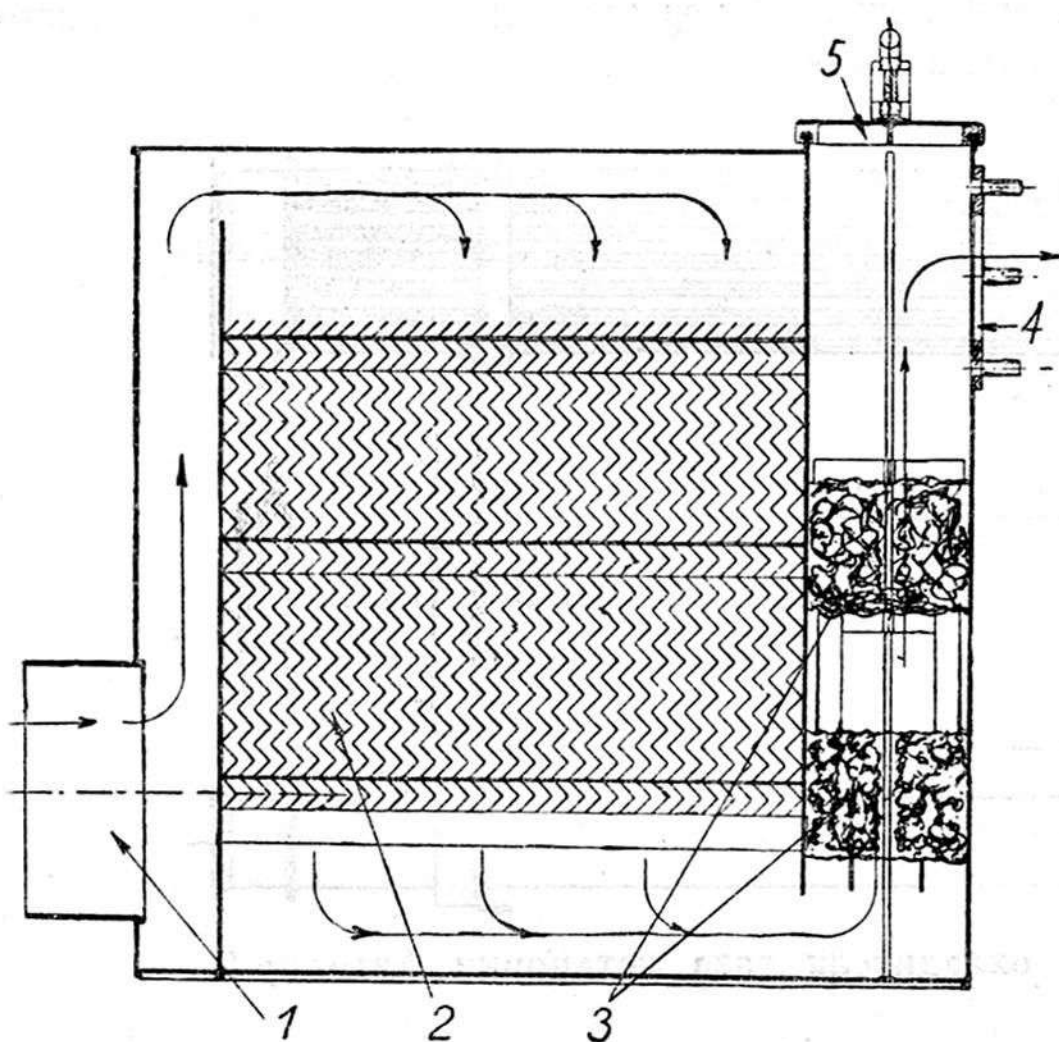


Рис. 113. Схема очистителя установки Автодор-1.  
1—вход газа; 2—гофрированные вертикальные пластины; 3—металлический волос; 4—выход газа; 5—люк для чистки фильтра

Фланец люка размерами  $330 \times 350$  мм служит для выемки экранов при чистке или замене, а также для осмотра. Люк снабжен крышкой, которая крепится болтами к корпусу ящика. Крышка имеет резиновую уплотняющую прокладку. В отделении экранов газ течет сверху вниз с малой скоростью между экранами. При этом мелкие капельки воды вместе с твердыми частицами пыли собираются на экранах в крупные капли, которые скатываются вниз.

При выходе из экранов газ подтекает под перегородку в третье отделение очистителя.

Незначительная скорость газа недостаточна для того, чтобы увлечь с собой крупные капли грязи, падающие на дно.

В третьем отделении помещается очиститель для тонкой очистки газа от самых мелких частиц, которые могут быть увлечены потоком газа. С целью возможного развития очищающей поверхности и уменьшения скорости очистки (а вместе с тем и сопротивления) очищающая масса разделена на три части, из которой две помещены снизу и одна сверху.

Газ одновременно проходит через все три массы. Для этого между двумя нижними массами оставлен проход.

Очищающие массы состоят из проволоки, заложеной между проволочными сетками, приваренными к жестким рамкам. Сетки опираются на угольники, прикрепленные к стенкам ящика.

Рамки легко и быстро вынимаются вместе с сетками и очищающей массой через верхний лючок, закрываемый крышкой. Проволока и сетки могут быть очищены, промыты или прожжены.

Прходное сечение тонкого очистителя составляет 650 кв. см.

После прохождения через очищающую массу газ, освобожденный от самых мелких примесей пыли, сажи, смолы и влаги, поднимается вверх и вытекает в газопровод, который своим фланцем крепится непосредственно к фланцу, приваренному к корпусу очистителя. Проект очистителя выполнен инженером В. Уваровым.

## 5. Смеситель (рис. 82) и другие части для питания двигателя

В систему питания двигателя входят:

- а) смеситель газа с воздухом для образования горючей смеси;
- б) всасывающий коллектор двигателя;
- в) карбюратор для предварительного пуска двигателя;
- г) тяги газовых и воздушных дросселей для выключения бензина и регулировки количества смеси.

а) Смеситель турбулентного типа представляет тонкостенную чугунную отливку в форме тройника. Внутри смесителя вставлен стакан с 8 щелевыми прорезами размером  $3 \times 40$  мм по образующим цилиндра, касательно к стенкам.

Внутренность стакана образует камеру смешения, куда всасывается газ по патрубку с фланцем, являющимся продолжением камеры смешения и имеющему дроссель для регулировки количества всасываемого газа.

С другой стороны камеры смешения имеется второй патрубок, соединяющий камеру с всасывающим коллектором двигателя; патрубок снабжен дросселем для регулировки количества смеси. Дроссель соединен с регулятором двигателя и с ручным акселератором. Диаметр камеры смешения и двух патрубков один и тот же — 66 мм. Вокруг стакана камеры смешения образуется кольцевое пространство, в которое всасывается воздух по касательной к кольцу.

Снизу к кольцевому пространству примыкают два патрубка, соединяющие смеситель с воздухопроводом из воздухоочистителя и с карбюратором. Диаметр патрубков — 40 мм и они снабжены дроссельными заслонками.

Дроссельная заслонка бензинового патрубка связана с заслонкой газа таким образом, что при открытии газовой заслонки закрывается заслонка бензина и наоборот. Дроссель воздуха приводится в действие отдельной тягой, выведенной к колонке тракториста.

Наличие двух подводов воздуха к смесителю — через карбюратор и помимо него — позволяет плавно осуществлять регулировку, производить пуск двигателя на бензине, работать на смеси бензина с газом и на чистом газе.

Надлежащая регулировка воздуха, как показал опыт работы бригады, является чрезвычайно важной, и на регулировку было обращено особое внимание.

Для избежания детонации вследствие повышенной степени сжатия двигателя диаметр патрубка, всасывающего бензиновую смесь, назначен меньше (40 мм) патрубка на карбюраторе (50 мм).

Этим устраняется также возможность работы двигателя на бензине под нагрузкой, так как такая работа могла бы привести к печальным последствиям.

б) Для исключения подогрева газа обычный всасывающий коллектор двигателя изменен и выполнен в виде чугунной отливки, без подогревающей рубашки, с плавными переходами при поворотах струй смеси.

в) Для предварительного пуска двигателя использован поставленный на тракторе ЧТЗ карбюратор Энсайн, дополненный приспособлением для открытия и закрытия дроссельной заслонки.

Управление дросселем не выводится к колонке тракториста, а смонтировано непосредственно на карбюраторе в виде рычажка и зацепки. При пуске двигателя дроссель перекрывается для обогащения смеси; когда двигатель разовьет обороты,



## МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

### Приспособление современного автомобиля и трактора для работы на твердом топливе

Любая конструкция современного автомобиля или трактора может быть легко приспособлена для работы на газе, получаемом из древесного топлива. Для этого не требуется обязательной переделки двигателя и шасси. Необходимо только смонтировать части газогенераторной установки и на всасывающей трубе мотора поставить смеситель. Приспособленная таким образом машина будет работать на твердом топливе, однако развиваемая ею мощность по сравнению с мощностью на жидком горючем будет значительно понижена. Для того, чтобы повысить мощность и добиться, чтобы работоспособность машины была примерно такой же, как на жидком горючем, необходимо двигатель приспособить для работы на газе.

### Монтаж установки

В зависимости от конструкции газогенератора, очистителей и других частей установки, а также от конструкции машины, монтаж установки производится по схеме, разрабатываемой заводом или организацией, дающей установку.

Обычно монтажная схема включает в себя следующие части, дополнительно ставящиеся на машине:

1. Газогенератор.
2. Очистители и охладители газа.
3. Раздувочное устройство.
4. Приборы питания двигателя и смеситель.

**Газогенератор.** Монтаж газогенератора, как правило, производится на машине со стороны, противоположной всасывающему коллектору двигателя и карбюратора. Газогенератор крепится к лонжеронам шасси при помощи легких тавровых балочек, прихваченных, в свою очередь, к лонжеронам при помощи накладных скоб. Сверлить лонжероны и крепить балочки с помощью болтов не рекомендуется. Установка газогенератора со стороны, противоположной карбюратору, позволяет наиболее выгодно расположить соединительные газопроводы и избежать лишних поворотов и загибов трубопровода. Чаще всего генератор монтируется в левом переднем углу платформы, позади кабинки водителя; реже можно встретить установку газогенератора позади кузова (автобусы) или с левой стороны кабинки водителя (машины с открытой узкой кабиной старого образца).

Генератор монтируется с таким расчетом, чтобы его бункер и загрузочный люк были выше сидения водителя. Этим облегчается загрузка топливом, а водитель предохраняется от газов, просачивающихся через неплотности люка.

Рабочая часть генератора обычно располагается ниже сидения водителя или на его уровне, но обязательно под платформой, что делается для предохранения грузов от нагревания лучистой теплотой, выделяемой активной зоной.

дроссель открывается, а в дальнейшем регулировка производится дросселем на газовом патрубке.

г) Для регулировки качества и количества смеси к колонке тракториста выведены три тяги. Тяга дросселя смеси, связанная с регулятором двигателя, оставлена прежней, а в дополнение к ней на тракторе установлены тяги к газовому и воздушному дросселям. Кроме того установлены дополнительные тяги для опережения зажигания и для включения и выключения бензина.

Все тяги смонтированы вместе и выполнены в виде тонкостенных стальных трубок, вложенных одна в другую. Этих трубок три: внешняя назначена для перевода рычажка опережения зажигания, а две внутренние трубки служат для поворачивания рычажков дросселей газа и воздуха.

Внутри трубок проходит стальной прут диаметром 5 мм, при помощи которого производится выключение бензинопровода.

Весь пучок тяг расположен с правой стороны двигателя и крепится с одной стороны к колонке тракториста, а с другой — к цилиндрам двигателя.

Конструкция смесителя и приборов управления разработана инж. А. Введенским, которым даны, кроме того, теоретические основания и подробные расчеты, здесь не приведенные.

### Г. Переделка двигателя трактора Сталинец-60 (ЧТЗ)

Кроме составления проекта газогенераторной установки на тракторе ЧТЗ, рабочей бригадой Автодора выполнен проект переделки тракторного двигателя с целью возможного уменьшения потерь мощности, вызываемых переходом с жидкого горючего на твердое.

Переделка двигателя осуществлена изменением формы и объема камеры сгорания путем создания новой головки двигателя. Внешний габарит головки сохранен целиком, что обеспечивает минимальные переделки оборудования в случае крупносерийного производства газовых двигателей для трактора ЧТЗ.

Сохранены стандартные клапаны и весь механизм газораспределения, кроме клапанного коромысла, у которого изменено соотношение плеч: вместо 1:1,565 дано 1:2. Таким путем увеличена высота подъема клапана, за счет чего предполагается довести давление начала сжатия до 0,9 кг/кв. см, что для газогенераторной установки является достаточно высоким давлением.

Изменением головки повышена нормальная степень сжатия двигателя с 3,69 до 8.

Для возможности ручного пуска в ход двигателя на бензине и для избежания детонации, связанной с применением высокой степени сжатия, введен специальный декомпрессионный краник, помещенный в цилиндре на такой высоте, что при пуске в ход степень сжатия остается такой же, как при работе на жидком горючем. После перехода на газ краник закрывается.

По произведенным подсчетам переделка двигателя в связи с усовершенствованной конструкцией газогенераторной установки даст возможность ожидать мощность на газе, составляющую 80—85 проц. от нормальной мощности на жидком горючем. Это представляет уже большое достижение, так как без переделок двигателя падение мощности его на основании испытаний, произведенных Автодором, достигало 44 проц., т. е. от мощности оставалось только 56 проц.

Подробные тепловые расчеты двигателя и проект его переделки выполнены инж. М. Дряян. Ни объем настоящей книги, ни характер ее содержания не позволяют привести этих расчетов, а также детальной разработки проекта.

Проект газогенераторной установки Автодор-I является, вероятно, наиболее полно, детально и оригинально разработанным из всех существующих до последнего времени проектов газогенераторных установок Советского союза.



Монтаж газогенератора должен производиться так, чтобы между ним и деревянными частями кузова и шасси оставалось свободное пространство, приблизительно в 10 см, для облегчения циркуляции воздуха вокруг шасси.

Если это невозможно, необходимо изолировать асбестом части, отстоящие от генератора менее чем на 10 см. Для этой же цели можно ставить специальные тепловые экраны из асбестовых листов с металлическими рамами.

**Очистители и охладители газа.** В большинстве современных газогенераторных автомобилей и тракторов очистители газа одновременно выполняют роль охладителей газа. В этом случае их монтаж производится или под кузовом перпендикулярно лонжеронам шасси или сбоку шасси под кузовом и со стороны всасывающего коллектора и карбюратора двигателя. Очистители крепятся при помощи накидных скоб к лонжеронам или на балочках крепления газогенератора. Так же, как и генератор, очистители ограждаются от деревянных частей асбестом с прослойкой воздуха не менее 10 см.

Если установка имеет специальные охладители газа, выполняемые обычно в виде ряда последовательно соединенных труб, то их монтаж производится или сзади машины под кузовом, перед радиатором двигателя или с боков кабины водителя. Реже можно встретить монтаж охладителей сверху кабины водителя или кузова. Место для монтажа охладителей выбирается с расчетом на хорошее обдувание встречным воздухом, не загрязняемое брызгами грязи, газами и открытое со всех сторон. Эти условия не позволяют рекомендовать установку холодильников под кузовом и сзади машины. Наиболее удобно устанавливать холодильник сверху кабины или перед радиатором. Установку по бокам кабины водителя тоже надо считать вполне приемлемой.

Весь монтаж частей установки надо производить с таким расчетом, чтобы избежать выходящих на сторону частей и креплений.

**Раздувочное устройство.** Для приведения газогенератора в действие служит небольшой ручной или электрический вентилятор (работающий от аккумуляторной батареи) или эжектор, работающий на выхлопных газах двигателя. Последний прибор большого распространения не получил. В зависимости от монтажной схемы вентилятор ставится или как нагнетатель воздуха или используется для отсоса газа из газогенератора. В обоих случаях монтаж производится непосредственно на газогенераторе или в системе газопровода, с обязательным условием хорошего подступа к прибору для обслуживания и ремонта.

**Соединение частей установки.** Соединение газогенератора с очистителями и охладителями газа и подвод газа к смесителю осуществляются при помощи гибких стальных газопроводов или тонкостенных легких стальных труб, соединенных между собой плотными жесткими фланцами и муфтами.

Гибкие стальные газопроводы позволяют удобно и просто разместить газопровод на машине (они допускают радиус изгиба до 40 см). Соединение гибких трубопроводов с аппаратурой и между собой производится при помощи сальниковых гаек (американских гаек) с асбестовым уплотнением. Недостатком гибких труб является их сравнительно короткая служба. Вследствие сотрясения и изменения температурных условий в трубах быстро разрушаются спиральные асбестовые уплотнения и они начинают пропускать воздух.

Более надежным и дешевым газопроводом является обычная тонкостенная труба, правда, менее удобно размещаемая на машине.

Газопровод необходимо размещать так, чтобы отдельные участки и общий газопровод были возможно короткими. Необходимо избегать резких и крутых изгибов, особенно прогибов вниз.

Помимо большего гидравлического сопротивления, резкий изгиб трубопровода создает хорошие условия для осаждения инея и льда, что неоднократно замечалось при эксплуатации газогенераторных установок в тяжелых зимних условиях. Если невозможно избежать резких и крутых поворотов, необходимо принять меры для утепления этих участков при помощи асбеста или картона.

Изгиб газопровода вниз создает условия для скапливания в нем конденсата и подсмольной воды, а следовательно, и засорения колена, поэтому на низшей точке отвода необходимо ставить пробку или гидравлический затвор для сбора и выпуска конденсата. Надо стремиться во всех возможных случаях перегибы трубопровода делать кверху.

Основное правило монтажа как газопровода, так и отдельных частей — создать наибольшую герметичность всей системы. Установка никогда не отказывает в работе, если все соединения, лючки и т. д. плотны и целы и нет пропуска воздуха во всасывающую систему.

**Двигатель.** Как указывалось выше, основная цель приспособления двигателя для работы на газе — приблизить его мощность к мощности на бензине. В двигателе, переводимом на газ, необходимо: отключить подогрев газовой смеси, повысить степень сжатия, увеличить опережение зажигания. При высоких степенях сжатия (около 9—10) для мощных двигателей нужно, кроме того, устраивать пусковые приспособления и декомпрессионные устройства с целью облегчения пуска и устранения детонаций во время запуска на бензине.

Повышение степени сжатия чаще всего осуществляется путем замены нормальной головки цилиндров головкой с уменьшенной камерой сжатия.

Подобные головки для двигателей тракторов СТЗ, ХТЗ и ЧТЗ запроектированы НАТИ и ЦНИИМЭ. Для двигателей ЗИС и ГАЗ головки разработаны в ЦНИИМЭ. Большая часть этих проектов опробована.

В зависимости от конструкции двигателя подогрев всасываемой смеси можно отключать, не изменяя всасывающего коллектора. Наиболее легко и просто это делается в двигателях трактора Коммунар и грузовика ГАЗ. Несколько труднее приспособить для газа коллектор двигателя ЗИС.

Коллекторы двигателей тракторов СТЗ, ХТЗ и ЧТЗ для газа почти не применимы и их необходимо заменять новыми. Для этих двигателей газовые коллекторы разработаны в НАТИ. Переделка всасывающего коллектора двигателя ЗИС разработана в ЦНИИМЭ, по заданию которого бригадой Автотора в проекте Автотор-1 сделан всасывающий коллектор также и для двигателя ЧТЗ. Для работы на газе опережение зажигания ставится в пределах от 30 до 45° от ВМТ, причем большее опережение ставится при низких степенях сжатия.

**Управление смесью.** Для управления газовой смесью необходимо в дополнение к обычным тягам управления прибавить: тягу дросселя газа, смеси и воздуха. Устанавливая на автомобиле или тракторе газогенератор, следует внести в систему управления следующие изменения: тягу «газа» и акселератор переключать на смеситель к заслонке смеси, куда также приключать и тягу регулятора. Тяга «воздуха» переключается на заслонку включения и выключения бензина (карбюратора). Дополнительно ставятся две тяги — тяга газа, соединенная с заслонкой смесителя, включающей и выключающей газ, и тяга воздуха, соединенная с воздушной заслонкой смесителя. Управление опережением зажигания оставляется без изменения.

Во время езды водителю приходится, главным образом, иметь дело с тягой смеси, регулирующей, как и в случае работы на жидком горючем, мощность двигателя. Эта тяга соединяется как с акселератором, так и с ручным рычажком «газа». Работая на газе транспортного газогенератора, приходится довольно часто регулировать воздух смесителя, а поэтому надо во время монтажа обращать также внимание на рычажок «воздуха», устанавливая его возможно удобнее для водителя. Желательно рычажок «воздуха» делать с большим рабочим ходом и хорошим креплением, что позволяет производить тонкую регулировку воздуха смеси. Рычажки включения бензина и газа можно делать более упрощенными, так как они работают, главным образом, во время пуска двигателя и его перевода на газ. Обычно рычажки газа и бензина делаются с двумя положениями: закрыт — открыт. Все тяги управления необходимо выводить к сидению водителя и размещать возможно удобнее для обслуживания.



Для пуска в ход газогенераторной установки прежде всего производят заправку газогенератора и очистителей.

Газогенератор, работающий на древесном угле, загружается доверху углем через верхний загрузочный люк. Газогенератор, работающий на древесных чурках, щепе и т. д., разжигается на древесном угле. Поэтому в шахту прежде всего насыпают просеянный, сухой древесный уголь, заполняя им топливник от колосниковой решетки до уровня, несколько прикрывающего фурменный пояс.

Некоторые газогенераторы, например Имберт, помимо заполнения топливника углем, требуют засыпки дополнительного угля снаружи топливника в специальную камеру, образуемую внешней стенкой шахты и топливником. Дополнительный уголь засыпается через люки, устроенные с боков шахты. Древесный уголь требуется только при первом розжиге, после же перерыва в работе загружать в шахту уголь не требуется, так как для розжига вполне достаточно угля, остающегося в газогенераторе.

Заправка очистителей заключается в заливке их водой и маслом до определенного уровня, обычно фиксируемого пробным краником, или в заполнении камер очистителя очищающим материалом. Время заправки газогенератора обычно колеблется от 10 до 15 минут, при этом в шахту загружается от 5 до 7 кг древесного угля для розжига и от 70 до 100 кг основного рабочего топлива.

После загрузки топлива и заправки очистителей производится тщательный осмотр установки. При этом особое внимание обращается на плотность соединений. При осмотре надо помнить, что малейший подсос воздуха в систему влечет за собой расстройство работы и чрезвычайно затрудняет пуск установки.

## Розжиг

Процесс розжига газогенераторной установки несложен и может выполняться неквалифицированными рабочими. Розжиг производится путем зажигания угля в топливнике и раздувки. Зажигание может производиться тремя способами:

1. На слой угля в топливник кладется легко горящий материал — древесная сухая стружка, солома, тряпки, смоченные в отработанном масле, и т. д. — и слегка засыпается сверху углем. Плотны прикрываются все люки, и горячий материал поджигается. Вращая ручку вентилятора (эксаустора), производят отсос продуктов горения снизу шахты, разогревая весь слой топлива в топливнике. В зависимости от мощности установки зажигание длится 1—2 минуты. Как только уголь в топливнике загорелся, шахту полностью засыпают топливом и начинают раздувку.

2. К отверстиям газогенератора, всасывающим воздух, подносится горящий факел (намотанная на проволоку тряпка, смоченная в отработанном масле), причем одновременно при помощи эксгаустора или эжектора производится отсос газов из газогенератора. Вместе с воздухом в топливник подсасываются языки пламени факела, которые и поджигают уголь.

3. Розжиг естественной тягой производится следующим образом. Под колосниковой решеткой, в зольнике, разводится костер. Для тяги открывается верхний загрузочный люк или труба холостого хода и лючок зольника. Горячие газы под влиянием естественной тяги поднимаются вверх, поджигают древесный уголь и раскаляют его. Зажигание естественной тягой, благодаря своей простоте, пользуется большой симпатией у водителей, однако оно требует сравнительно много времени — 20—30 минут и больше. При розжиге «естественной тягой» под колосниковую решетку надо класть материалы, дающие мало дыма, так как иначе вместо розжига дым будет глушить начинающееся в топливнике горение и процесс затянется на продолжительное время.

Раздувка газогенератора следует непосредственно за зажиганием, и в некоторых конструкциях, особенно древесно-угольных, момент перехода почти незаметен. Раздувка, так же как и зажигание, может производиться вручную вентилятором (эксаустором) или самим двигателем при помощи эжектора или простым подсосом в цилиндры продуктов горения шахты. Конец раздувки фиксируется моментом получения устойчиво горящего газа, дающего бездымное фиолетовое пламя.

Если розжиг производится отсасыванием газа из газогенератора, то пробу газа на горение делают за вентилятором. Если же розжиг производится при помощи нагнетания в шахту воздуха, то пробные краники устанавливаются на газопроводе перед или после очистителей. Система розжига путем отсасывания газа из газогенератора, имея положительные стороны (удобство монтажа, эксгаусторы, возможность использования эжектора), страдает большим недостатком, требуя после раздувки время на заполнение газом газопровода и аппаратуры, что обычно производится самим двигателем, работающим это время на бензине. Розжиг нагнетанием воздуха в генератор более удобен, хотя он требует монтажа вентилятора около газогенератора.

Для получения хорошо горящего газа, в зависимости от мощности установки и способа зажигания, требуется от 3 до 30 минут. Конец розжига фиксируется моментом, когда газ начинает гореть устойчивым пламенем красно-фиолетового цвета.

После остановок двигателя в течение 15—20 минут газогенератор не требует розжига, и двигатель быстро пускается в ход на газе, оставшемся в очистителях, газопроводе и газогенераторе. После остановок продолжительностью в 1—2 часа газогенератор требует небольшой раздувки в течение 1—2 минут, причем зажигания не нужно, так как в топливнике сохраняется достаточно тепла. При более длительных перерывах в работе (5—8 часов) газогенератор требует зажигания и раздувки.

## Пуск двигателя

Как правило, все газогенераторные установки автомобиля и трактора требуют пуска двигателя на жидком горючем. Убедившись в окончании раздувки газогенератора путем пробного поджога газа, приступают к пуску двигателя (если двигатель не пущен раньше для приведения в действие эжектора). Для этого опережение зажигания ставят на максимальное запаздывание. Это особенно важно, так как двигатель, приспособленный для работы на газе, имеет раннее зажигание, и отключают всасывающую трубу двигателя от газогенераторной установки, закрывая газовую и воздушную заслонки. После этого обычным порядком пускают двигатель на бензине. Переходить на газ можно лишь после того, как двигатель разогреется.

Слегка приоткрыв воздушную заслонку, постепенно открывая заслонку газа и одновременно прикрывая заслонку бензина, отключающую карбюратор от всасывающего коллектора, переводят двигатель на смесь газа с бензином. Дав двигателю поработать некоторое время на смеси газа и бензина при полностью открытой заслонке газа и несколько приоткрытой заслонке воздуха смесителя, переходят целиком на газ, постепенно прикрывая бензин. Операция перехода с бензина на газ требует большого навыка, который быстро приобретает опытным водителем, легко определяющим на слух правильную работу двигателя. Переход на газ рекомендуется производить на больших оборотах. Переход с бензина на газ можно делать и на ходу машины, что даже несколько облегчает операцию, так как двигатель получает некоторую нагрузку.

Перевод двигателя с бензина на газ в среднем требует около 1—3 минут при первом пуске и несколько меньше после непродолжительных остановок двигателя.

После остановок продолжительностью около 10—15 минут можно сразу заводить двигатель на газе при помощи стартера.



## Догрузка газогенератора топливом

Полного выгорания топлива в шахте допускать не рекомендуется. Когда верхний слой топлива спустился до низа бункера, но еще не дошел до фурменного пояса, следует догрузить шахту свежей порцией топлива. Время между догрузками определяется опытом. Чаще всего требуется производить догрузку через 60—70 км пробега или через 1—1,5 часа работы. В газогенераторах опрокинутого процесса догружать газогенератор можно без остановки двигателя и даже во время движения. Перед засыпкой заранее приготовленное топливо насыпают в небольшие мешки емкостью 15—20 кг (лучше всего запас топлива на машине держать в мешках в количестве около 10 шт.).

Для избежания нарушения процесса засыпки топлива рекомендуется производить возможно быстрее, закрывая загрузочный люк после каждой засыпанной порции. Производя догрузку или шуровку через верхний загрузочный люк, не надо наклонять над ним голову и смотреть в него, так как иногда при соприкосновении воздуха с находящимся в бункере горячим газом могут произойти небольшие вспышки, и вылетающее из люка пламя может опалить лицо.

## Уход за газогенераторной установкой.

По сравнению с машиной, работающей на жидком горючем, газогенераторная машина требует несколько большей затраты сил и энергии на обслуживание установки.

Обслуживание сводится к постоянному наблюдению за состоянием аппаратов установки и их чистке.

Основное внимание надо обращать на плотность соединяющих частей и лючков и на своевременную чистку аппаратуры.

В нормальных эксплуатационных условиях все обслуживание осуществляется одним человеком — водителем машины, и специального лица, вопреки существующему мнению, не требуется. В организованных крупных хозяйствах в помощь водителю можно давать людей из расчета одного человека на 5 машин, причем это лицо одновременно должно заниматься подготовкой и хранением топлива. На чистку генератора (колюшковой решетки, зольника и очистителей) ежедневно требуется от 15 до 30 минут и раз в декаду от 1 до 1,5 часа.

Очистители после пробега машины от 200 до 400 км подвергаются небольшой чистке, требующей нескольких минут и заключающейся во встряхивании отражательных пластин, очистке пыльных карманов или промывке камер.

Газогенератор требует капитальной чистки только после пробега машины около 1 000—2 000 км или примерно от 1 до 2 раз в декаду. В процессе этой чистки из газогенератора высыпается весь оставшийся уголь, очищаются топливник и зольник. Из выгруженного угля удаляются крупные куски шлака, уголь просеивается и снова загружается в шахту. Ежедневно в генераторе надо осматривать лишь зольник и чистить колюшковую решетку, не освобождая шахту от топлива.

Кроме этого необходимо осматривать сборники и отводы конденсата, и в случае, если они забиваются смолой, прочищать их.

Уход за двигателем, работающим на газе, ничем не отличается от ухода за нормальным бензиновым мотором и даже в некоторых отношениях несколько облегчен, так как сроки промывки картера и замены масла удлиняются. Практика работы современных генераторных установок показала, что в результате полного сгорания горючей смеси в цилиндрах образуется ничтожное количество нагара, а из-за отсутствия конденсации горючего не происходит разжижения масла, и срок его работы без смены значительно возрастает.

Все это сказывается и на сроке службы двигателя. Практика эксплуатации газогенераторных грузовиков в Германии показывает, что установка амортизи-

руется полностью после пробега в 10 000—15 000 км, причем в течение этого времени двигатель совершенно не требует дополнительных просмотров, чистки и т. д.

Проведенные Главдортрансом эксплуатационные испытания трехтонных грузовиков Берлие с газогенераторной установкой Имберт показали, что после пробега свыше 12 000 км в цилиндрах совершенно не было обнаружено отложений нагара, требующих чистки. За все время работы двигателя ни разу не было отказа работы свечей и ни разу не производилась смена масла. При этом расход масла оказался около 6 г на 1 км пробега. То же самое показывают опыты и эксплуатация газогенераторного транспорта за границей.

## Эксплуатационные показатели газогенераторных машин

Основные показатели эксплуатационных качеств газогенераторной машины характеризуются следующими данными.

### 1) Готовность машины к действию

Существует мнение, что пуск машины чрезвычайно сложен, а ее готовность к действию требует много времени. Однако, сравнивая газогенераторный двигатель с нормальным, можно убедиться, что введенные усложнения не так велики. Заправленный грузовик требует для своего пуска от 1 до 10 минут. Даже устарелые, несовершенные конструкции 1925 г., работавшие на угле, показывали вполне приемлемое время для пуска в ход. Так, на одном из парижских конкурсов 135 машин из 231 были пущены в ход через 10 минут. Еще тогда было зарегистрировано минимальное время пуска — около 2 минут.

Современный газогенератор пускается гораздо быстрее. Быстрота пуска в значительной мере зависит от применяемого топлива. Машина, работающая на дровах, требует для пуска больше времени, чем машина, работающая на древесном угле. Однако короткое время пуска еще недостаточно для характеристики времени, необходимого для достижения двигателем полной мощности, особенно при работе на древесном топливе. Так, работы проф. Кюне в Мюнхене показали, что через 5—7 минут после начала розжига двигатель развивает около 56 проц. максимальной мощности, через 15 минут мощность доходит до 90 проц. и только через 25 минут двигатель может развивать полную мощность.

При пуске горячего генератора время до установления постоянства режима и полной мощности значительно сокращается. Многие конструкции газогенераторов позволяют поддерживать в топливнике огонь в течение суток, что также сокращает время пуска.

Так как машина никогда не требует полной мощности двигателя сразу после пуска, то следует считать, что готовность газогенераторной машины к действию мало отличается от готовности машины, работающей на жидких горючих, особенно если принять во внимание возможность запуска и короткого времени работы на бензине и смесях бензина с газом.

### 2) Перевозочная способность транспорта, работающего на твердом топливе

Перевозочная способность транспорта определяется в тонно-километрах на единицу времени и зависит от величины перевезенного полезного груза и средней скорости движения.

Грузоподъемность машины и полезная нагрузка при работе на генераторном газе зависят от двух факторов: веса газогенераторной установки и полезной грузовой площади машины.



Практика эксплуатации и ряд испытаний машин, работающих на генераторном газе, показывают, что уменьшение полезного груза, перевозимого такой машиной, сравнительно с бензиновой незначительно.

Величина полезного груза прежде всего уменьшается за счет веса газогенераторной установки. Современные автомобильные газогенераторные установки имеют вес, колеблющийся от 200 до 400 кг.

Снизить вес установки можно или за счет уменьшения объема шахты и запаса топлива или путем использования высококачественных материалов, что, однако, значительно удорожает установку. Обычно установки, работающие на древесном угле, легче установок, работающих на древесных чурках.

Влияние веса тем значительнее, чем меньше грузоподъемность машины. Для трактора оно менее ощутительно, чем для автомобиля.

При всех прочих равных условиях влияние веса установки на уменьшение полезного груза, в зависимости от тоннажа машины и веса установки, колеблется для автомобиля в пределах 5—8 проц. и для трактора в пределах 1—2 проц.

В таблице 26 приведены цифры уменьшения полезного груза автомобиля для современных газогенераторных установок. Снижая вес газогенератора и аппаратуры и уменьшая емкость бункера, можно легко довести вес установки для 1—5—3-тонных машин до 100 кг, чем значительно снизится потеря. Для автомобилей более высокого тоннажа и тяжелых тракторов вряд ли возможно вес установки снизить ниже 200—300 кг.

Таблица 26

Тоннаж машины	Вес газогенераторной установки в кг в % от грузоподъемности			
	Минимально возможный вес 100 кг	Вес существующих установок		Средний проц. потери полезной нагрузки
		200 кг	400 кг	
Грузовик 1,5 т . . . . .	6,7	13,4	—	10
„ 3 „ . . . . .	3,3	6,7	13,4	8
„ 5 „ . . . . .	—	4,0	8,0	6
„ 10 „ . . . . .	—	—	4,0	4

Для трактора вес газогенераторной установки составляет от 8 до 10 кг на 1 л. с. двигателя.

Уменьшение полезной грузовой площади машины обычно не имеет решающего значения, а в некоторых конструкциях она и не уменьшается (установка сбоку кабины, под кузовом или сзади кузова).

Таким образом при определении перевозочной способности газогенераторных машин можно принимать падение грузоподъемности от 4 до 10 проц.

### 3) Средняя скорость движения

На среднюю скорость движения влияют мощность двигателя и характер участка, на котором производится работа машины.

Однако рядом опытов установлено, что для автомобиля мощность двигателя большого влияния на среднюю скорость перевозок не оказывает. Это объясняется далеко не полной нагрузкой двигателя при нормальной эксплуатации автомобиля. Полную мощность автомобильный двигатель развивает только в редких случаях: взятие крутых подъемов или преодоление коротких участков тяжелого для движения грунта. Средний процент использования мощности автомобильного двигателя составляет около 30.

В тракторе мощность двигателя оказывает более значительное влияние на среднюю скорость движения, так как средний процент использования его мощности достигает 60 и даже 70 полной мощности. Поэтому для трактора при переходе на твердое топливо особенно важно учитывать уменьшение потери мощности и предъявлять высокие требования к переделке двигателя с целью повышения его мощности на газе.

Для газогенераторных машин необходимо главным образом обеспечить мощность двигателя, достаточную для взятия нормальных подъемов пути без значительного изменения средней скорости. Это достигается повышением степени сжатия до 8—9.

Мощность при степени сжатия 8 уже обеспечивает взятие нормальных подъемов с уменьшением средней скорости лишь на 6 проц. Так, 5-тонная машина с двигателем МАН мощностью 45 л. с. и степенью сжатия 8 с полной полезной нагрузкой (5 т) свободно проходит участки с подъемами до 23 проц. Грузовик требует переключения скорости с прямой передачи на низшую только при подъеме свыше 4 проц. Этот газогенераторный грузовик сравнительно с бензиновым может брать следующие подъемы:

Скорость	На бензине в %	На газе в %
4	До 6	До 4
3	„ 9	„ 7
2	„ 15	„ 12
1	свыше 14	свыше 12

Степень сжатия 9 обеспечивает более крутые подъемы с понижением средней скорости около 5 проц. Подъемы до 5 проц. берутся без переключения скорости с прямой передачи.

Что же касается газогенераторной машины, работающей с нормальной для бензина степенью сжатия, т. е. около 4,3, то она может брать подъемы значительно меньшие, чем на бензине. На подъемах около 5 проц. такая машина теряет около 50 проц. средней скорости сравнительно с бензиновой.

Опыты, проведенные Мюнхенской высшей технической школой с газогенераторными грузовиками, имеющими различные степени сжатия, позволяют сделать выводы о потере перевозочной способности машин при переводе на твердое топливо.

В таблице 27 приводятся результаты опытов, произведенных на участке, наиболее подходящем к средним условиям СССР. Участок имел протяженность в 75 км и проходилась машинами туда и обратно. Общий подъем в одну сторону и обратный спуск составлял около 0,5 проц., наибольшие подъемы доходили до 5 проц. на отрезках до 5 км длиной.

### Опытная эксплуатация быстроходного грузовика МАН в Германии

Ниже приводится таблица, которая показывает, что машины, приспособленные к работе на газе и имеющие двигатели со степенью сжатия 9, при уменьшении грузоподъемности на 6,5 проц. и средней скорости на 5,5 проц. дают понижение перевозочной способности на 11,3 проц.

На том же участке пути грузовик фирмы Фомаг грузоподъемностью в 3 т при собственном весе 5,1 т с двигателем мощностью 55 л. с. и степенью сжатия 4,3 показывал потерю средней скорости около 19 проц.



Таблица 27

Результаты опытной эксплуатации быстроходного грузовика МАН на участке Мюнхен—Урфельд

Топливо	Смесь бензола и бензина	Смесь из: 60% березы 20% ели, 20% сосны влажностью 14—16%
Общий вес грузовика с полезным грузом в кг . . .	6 790	7 300
Полезная нагрузка в кг . . . . .	3 420	3 200
Длина пробега в км . . . . .	156	149
Расход топлива { всего . . . . .	51,5	96,0
на 100 км в кг . . . . .	33,0	64,5
Время пробега в мин. . . . .	302	305
Средняя скорость в км/час . . . . .	31	29,3
Процент падения нагрузки . . . . .	0	6,5
Процент падения скорости на всем участке . . . .	0	5,5
Процент понижения перевозочной способности . .	0	11,3
Степень сжатия для газа . . . . .	—	9

При уменьшении полезного груза, как и для первого грузовика, на 6,5 проц. понижение перевозочной способности этого грузовика составит около 25,5 проц. Эта же машина после повышения степени сжатия до 9 проходила участок, теряя среднюю скорость всего лишь на 5 проц. и, следовательно, перевозочную способность на 11 проц.

Учитывая, что газогенераторные грузовики будут работать в СССР со степенью сжатия не менее 6, можно считать потерю перевозочной способности таких грузовиков около 20 проц.

Таким образом потерю перевозочной способности при степенях сжатия от 6 до 9 надо считать в пределах 11—20 проц.

## ЭКОНОМИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ТРАНСПОРТА

Решающим фактором рентабельности газогенераторного транспорта является экономия, которая получается от замены жидкого горючего твердым местным топливом.

Опыты и вычисления одинаково показывают, что в нормальных условиях работы газогенераторной машины 1 л жидкого горючего может быть заменен в среднем следующими количествами твердого топлива:

1 л бензина заменяется 1 кг прессованного угля (карбонита).

1 л бензина заменяется 1,25 кг древесного угля,

1 л бензина заменяет 2 кг древесных чурок влажностью около 18 проц.

Таблица 28 дает цифры сравнительного расхода и стоимости топлива и экономии в стоимости топлива для грузовика 2,5 т. Из этой таблицы видно, что, заменяя бензин дровами, можно получить экономию на топливе около 89 проц. Однако эта экономия не может полностью характеризовать рентабельность газогенераторного транспорта.

Приведенные цифры экономии не могут служить показателем общей экономичности эксплуатации, так как расходы на горючее являются не основными, а лишь одной из многих составных частей общего расхода. Так, средний расход автомобиля примерно распределяется следующим образом: горючее — 30 проц., резина — 55 проц., смазка — 3 проц., ремонт и амортизация — 12 проц.

Таблица 28

Расход топлива на 100 км пробега 2,5-тонного грузовика и экономия в расходах на топливо от замены бензина другим топливом

Топливо	Расход топлива на 100 км пробега	Стоимость топлива в %	Экономия в %
Бензин . . . . .	21 л	100	—
Дизельное топливо . . . . .	14 л	23	77
Сжатый газ метан . . . . .	17 куб. м	58	42
Электроэнергия . . . . .	50 квт-ч	55	45
Дрова . . . . .	45 кг	10	89

Чтобы сравнить экономичность работы на газе и на бензине, необходимо точно рассчитать все эксплуатационные расходы, стоимость газогенераторной установки, удорожание обслуживания и, главным образом, необходимо учесть понижение перевозочной способности транспорта. К сожалению, последний фактор часто совершенно забывается.

Простые рассуждения дают возможность выразить связь экономии на горючем с работоспособностью машины математически и для любого случая вычислить возможную рентабельность использования местного топлива.

Годовые расходы на эксплуатацию машин, работающих на бензине, можно выразить равенством:

$$A = K(C + D) \text{ руб.},$$

где  $A$  — общие годовые расходы в рублях,

$K$  — количество машин данного хозяйства,

$C$  — годовые расходы на бензин одной машины в рублях,

$D$  — общие годовые и прочие расходы, падающие на одну машину в рублях.

Если бензин заменяется твердым топливом, то, учитывая понижение работоспособности в хозяйстве, надо количество машин увеличить на  $K \times L$  единиц, где  $L$  — величина, характеризующая процент уменьшения перевозочной способности одной машины, переведенной на твердое топливо.

Таким образом хозяйство должно иметь  $K(1 + L)$  газогенераторных машин.

Если стоимость 1 л бензина в данном районе будет  $b$  руб., а стоимость 1 кг твердого топлива  $m$  руб. и если 1 л бензина будет заменяться  $p$  кг твердого топлива, то годовой расход одной машины на твердом топливе будет:

$$C \times \frac{p \cdot m}{b} \text{ руб.}$$

Так как все расходы, кроме расходов на топливо бензиновой машины,  $D$  руб., мало отличаются от всех расходов, кроме расходов на топливо газогенераторной машины  $D$  руб., то в пределах практической точности, можем их приравнять.

Общие годовые расходы  $A'$  эксплуатации всех газогенераторных машин можно выразить так:

$$A' = K(1 + L) \left[ C \frac{p \cdot m}{b} + D \right] \text{ руб.}$$

Если годовые расходы газогенераторных машин будут меньше, то полученная экономия выразится разницей  $A - A'$ , а относительная экономия будет равна:

$$\frac{A - A'}{A} = \frac{C}{C + D} \left[ 1 - (1 + L) \frac{p \cdot m}{b} \right] - L \cdot \frac{D}{C + D}.$$

Для большей наглядности приводится несколько вычислений, сделанных в предположении следующих условий эксплуатации:



1. Величина уменьшения перевозочной способности ( $L$ ) газогенераторного грузовика колеблется от 10 до 20 проц. Для вычисления взяты три случая:

$$L = 0; L = 0,10; L = 0,20.$$

2. Среднее значение для  $p$  принимается:

В случае работы на древесном угле  $p = 1,25$  кг угля на 1 л горючего. В случае работы на дровах  $p = 2,0$  кг дров на 1 л горючего.

3. Отношение  $\frac{m}{b}$  принимается от 0,004 до 0,10 для древесного угля и от 0,02 до 0,05 для дров, что представляет достаточно широкие пределы относительной современной стоимости в СССР жидкого и твердого топлива.

4. Пределы отношения  $\frac{C}{C+D}$  берутся от 0,1 до 0,3

и соответственно  $\frac{D}{C+D}$  от 0,9 до 0,7.

Эти цифры лежат в существующих рамках соотношений для хорошей и для плохой эксплуатации транспорта.

Результаты подсчетов сведены в таблицу 29, показывающую экономичность эксплуатации газогенераторных машин в различных условиях работы.

Таблица 29

Относительная экономия от замены жидкого горючего древесным углем и дровами в %

Отношение стоимости твердого топлива к стоимости жидкого $m:b$	Потеря перевозочной способности $L = 0\%$			Потеря перевозочной способности $L = 10\%$			Потеря перевозочной способности $L = 20\%$		
	Отношение $C:(C+D)$			Отношение $C:(C+D)$			Отношение $C:(C+D)$		
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Топливо: дрова . . . . . $p = 2$									
0,05	9,0	18,0	27,0	—	9,8	19,7	—	1,6	12,3
0,02	9,6	19,2	28,8	0,5	11,1	21,7	—	3,0	14,6
Топливо: древесный уголь . . . . . $p = 1,25$									
0,10	8,8	17,5	26,3	—	9,2	18,9	—	10,0	11,5
0,04	9,5	19,0	28,5	0,5	10,9	21,4	—	2,8	14,2

Из приведенной таблицы явствует, что рентабельность газогенераторных установок становится практически ощутимой только тогда, когда расходы, связанные с эксплуатацией, за исключением стоимости топлива, не превышают 80 проц. от общих расходов, а потеря перевозочной способности составляет не больше 10 проц. Получаемая для этих установок экономия находится в пределах от 10 до 11 проц. для дров и от 9 до 11 проц. для древесного угля, колеблясь в этих пределах в зависимости от соотношений стоимости топлива, т. е. для цен твердого топлива, составляющих от 2 до 10 проц. стоимости жидкого горючего.

При понижении перевозочной способности до 20 проц., что отвечает степени сжатия двигателя около 6, возможно ожидать рентабельной работы газогенераторных машин при средних условиях эксплуатации, но уже с значительно пониженной экономичностью (1—3 проц.).

При понижении перевозочной способности выше 20 проц., отвечающей нормальным для бензина степеням сжатия (4,3—5), получить рентабельную эксплуатацию невозможно. В этом случае газогенераторные машины могут работать с некоторой экономичностью только при особо благоприятных эксплуатационных условиях.

Если бы удалось почти совершенно избежать потери перевозочной способности путем сохранения полной мощности двигателя, то можно было бы ожидать громадной экономичности газогенераторного транспорта даже при плохой организации эксплуатации.

Приведенные подсчеты показывают, что в пределах возможной в разных условиях Союза разницы цен на жидкое и твердое горючее стоимость твердого горючего большого влияния на экономичность работы газогенераторных машин не оказывает. Рентабельность может получиться только в результате понижения потерь перевозочной способности транспорта вследствие улучшения конструкции газогенераторных установок и машин, а также в результате хорошей организации эксплуатации газогенераторного транспорта. При соблюдении этих условий в любом районе Союза можно получить значительную экономию от эксплуатации газогенераторного транспорта.



## ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ДЕЛА В СССР

### Топливный вопрос

К началу 1934 г. подвижные газогенераторные установки в СССР уже вышли из первой стадии своего развития, т. е. исследований лабораторного порядка и испытания одиночных образцов. Получен ряд проектов и готовых установок для автомобилей и тракторов, которые могли бы уже поступить в некое серийное производство для дальнейших испытаний в условиях их практического применения в городском и сельском хозяйствах, на лесозаготовках и на речных буксирных судах.

Однако для этого нужно в короткий срок обеспечить газогенераторные установки всеми средствами, необходимыми для эксплуатации.

Прежде всего чрезвычайно важно подвести прочную топливную базу под газогенераторное дело.

Как было выяснено раньше, газогенераторы должны работать, главным образом, на местных сортах топлив, к числу которых в первую очередь следует отнести древесный уголь и сырую древесину, подсушенную до степени влажности, не превышающей 15 проц. В тех районах, где углежжение поставлено достаточно прочно, древесным углем можно пользоваться и для газогенераторных установок.

Если в этих районах углежжение выполняется в специальных печах тоннельного или иного стационарного типа, то оно, конечно, должно быть использовано для газогенераторов, но при условии, чтобы уголь не приходилось перевозить на значительные расстояния. Черный уголь мало приспособлен к длительным перевозкам: он занимает большой объем, требует специальной тары, легко перетирается в пыль и очень марок. Но потребление угля в местах, близких к его производству, вполне рационально и экономично.

В некоторых районах существует еще выжиг угля в кучах; способ этот следует считать неэкономичным, долгим, дающим продукт неоднородного состава и опасным в пожарном отношении.

При введении газогенераторных установок в таких районах необходимо производство углежжения в специальных переносных печах разборного типа. Печи эти очень просты по своей конструкции, и производство их может быть установлено без всяких затруднений и без крупных затрат на первоначальное оборудование.

Испытание печей заграничных образцов дало вполне удовлетворительные результаты, и производство печей может быть налажено без всяких предварительных опытов.

Безопасность печей в пожарном отношении дает возможность постановки печей вблизи жилых пунктов, что в связи с подвижностью печей может обеспечить получение угля в непосредственной близости к пунктам его потребления.

Конкретно, решение топливного вопроса в ближайшее время должно заключаться в следующем:

1. Необходимо наметить несколько пунктов, в которых будет производиться опытная эксплуатация газогенераторных установок на автомобилях и тракторах, причем горючим будет служить древесный уголь.

2. Составить и осуществить проект снабжения эксплуатационной единицы, состоящей из определенного количества машин (например 10 или 20), средствами для подготовки топлива, т. е. печами для углежжения и другим дополнительным оборудованием.

3. Пустить подготовленный таким образом пункт в опытную эксплуатацию, обеспечив его на первое время надлежащим наблюдением и руководством.

По результатам опытной эксплуатации необходимо сделать надлежащие поправки как в организационных, так и в техникохозяйственных вопросах для дальнейшего применения газогенераторных установок уже в крупном масштабе.

Подобным же порядком следует идти и при назначении в качестве горючего сырой древесины.

Выбрав пункты, где древесина в виде отбросов или отходов имеется в достаточном количестве, необходимо организовать там подсушку сырого топлива с помощью постоянных или переносных печей, с таким расчетом, чтобы производительность печей покрывала с некоторым избытком потребность в топливе, но чтобы, с другой стороны, не накапливалось больших запасов топлива. Это потребовало бы устройства специальных помещений для него и вызвало бы пожарную опасность. Кроме того, подсушенное топливо при долгом хранении в неблагоприятных условиях могло бы получить нежелательное повышение влажности.

Проекты на полное оборудование опытно-эксплуатационных баз могут быть поручены отдельным сведущим лицам (группам или бригадам) или служить предметом конкурса.

Применение других видов местного топлива для газогенераторных установок должно быть поставлено во вторую очередь. Сюда относятся, главным образом, использование соломы и растительных отбросов в районах, лишенных лесонасаждений, но имеющих большие свободные запасы соломы, т. е. для степных земледельческих районов. Однако работы по приведению этого топлива в состояние, пригодное для его использования в газогенераторных установках, т. е. брикетирование, должны вестись теперь же. Цель этих работ — выяснение экономичности применения брикетов и нахождение способов их производства в промышленном масштабе.

Необходимо также поставить в соответствующих научно-исследовательских институтах систематические работы по выяснению наилучшего состава и наиболее практических способов получения бурого угля, как наиболее выгодного для газогенераторных установок древесного горючего.

Независимо от этого, конечно, могут и должны вестись и другие работы по применению разных видов твердого топлива, например минерального горючего или комбинированного древесно-минерального горючего в форме брикетов.

Следует еще раз подчеркнуть, что разрешение топливного вопроса, т. е. приведение неисчерпаемых запасов твердого топлива в состояние, вполне годное для применения в газогенераторах, составляет основную задачу самого ближайшего времени. Если на первых порах этот вопрос будет решен вполне удовлетворительно по отношению к древесному углю и подсушенной древесине, то это уже будет огромным шагом вперед.

### Усовершенствование газогенераторных установок

К началу 1934 г. в СССР запроектирован ряд газогенераторных установок для автомобилей, тракторов и речных судов.

Часть проектов уже осуществлена в виде опытных образцов, которые прошли предварительные испытания и участвовали в пробных пробегах.

Установки, показавшие удовлетворительные качества, могут быть пущены в серийное производство с исправлением тех недостатков, которые были обнару-



жены при испытаниях. Такими установками следует снабдить опытные эксплуатационные станции на лесоразработках, а также в колхозах или совхозах, которые могут иметь запасы древесного угля или подсушенной древесины. Установки также могут быть поставлены на опытных группах автомобилей в городских хозяйствах и на речных судах.

На всех таких пунктах установки должны работать в эксплуатационных условиях под наблюдением и руководством специалистов с целью определения их пригодности для массовой работы.

Все обнаруженные в установках недостатки как с конструктивной, так и с эксплуатационной точек зрения должны быть после небольшого срока опытной эксплуатации устранены. Вслед за этим можно будет сделать выбор наилучших систем для дальнейшего пуска их в крупносерийное и даже массовое производство.

По своей конструкции газогенераторные установки настолько просты, что производство их может быть выполнено на существующих заводах соответственного типа без крупных изменений их оборудования. Необходимо только озаботиться выделением производственных отделов на существующих заводах, где и должна быть организована постройка установок и запасных к ним частей в тех размерах, как это будет признано нужным.

#### Переделка двигателей для работы на газе

Требуемая для работы на газе переделка двигателей может быть без особых затруднений выполнена на заводах, изготавливающих эти двигатели, без нарушения их нормальной работы.

В дальнейшем, если газогенераторные установки получат широкое распространение, можно будет установить производство специальных газовых двигателей, которые будут строиться на существующих заводах или для них будет построен специальный завод.

Трудно предвидеть в настоящее время, насколько широкое распространение могут получить подвижные газогенераторные установки в будущем. Может быть, будут найдены достаточно дешевые способы производства жидкого горючего из твердого топлива или получит распространение применение ожиженных газов, естественных или добываемых также из твердого топлива.

Во всяком случае можно предвидеть, что при ограниченных запасах естественного минерального жидкого горючего и при неисчерпаемых запасах твердого, особенно древесного, топлива все виды дешевого местного горючего будут использованы в многообразных условиях советского хозяйства. Поэтому и газогенераторные установки, потребляющие дешевое местное горючее, конечно, могут и должны найти свое место в социалистическом хозяйстве Союза.

#### КРАТКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТРАНСПОРТНЫМ ГАЗОГЕНЕРАТОРАМ

- Белянчиков П. М. — Газогенераторы для автотяги. Книгосоюз. Москва. 1929.
- Карпов В. Б. — Автомобильные газогенераторы. ОГИЗ Москва—Ленинград. 1930.
- Гиттис В. Ю. — Применение твердого топлива в автомобилях и тракторах. (Сборник статей «Автомобиль—дорога—трактор»). Изд. журнала «За рулем». 1930.
- Гиттис В. Ю. — Транспортные газогенераторы. ОГИЗ. Гострансиздат. 1931.
- Материалы Всесоюзной топливной конференции, том III, март 1930. Планхозгиз. 1930.
- Крживицкий А. А. — Применение газогенераторов для автомобильных и транспортных двигателей (Доклад на 3 Всесоюзном теплотехническом съезде 1926 г.). Труды съезда, том III, вып. 2. Москва, Теплотехнический институт, 1927.
- Декаленков С. И. — Дровяной автотракторный газогенератор «Пионер». Госметехиздат. Москва. 1933.
- Нарбут М. В. и Волчок А. Я. — Результаты исследования транспортных газогенераторов; Ребок Б. Ф. — Тяговые свойства автомобилей и тракторов, работающих на твердых сортах топлива. (Труды Всесоюзного научно-исследовательского дизельного института. Часть I, вып. 6).
- Ребок Б. Ф. — Материалы по изучению влияния свойств твердого топлива на качество силового газа транспортных генераторов. Труды ВНИДИ. Часть II, вып. 7.
- Ожигов А. А., Амелькин О. С., Минкин З. М. — Применение поддува в транспортных генераторных установках. Труды ВНИДИ, часть III, вып. 8. Гос. энерг. изд-во. Москва—Ленинград. 1932.
- Исследование газогенератора «Берлие» на древесном топливе. (Труды Уральского научно-исследовательского лесопромышленного института). Вып. 5, Госметехиздат. Свердловск. 1932.
- Кроме того, материалы по газогенераторным транспортным установкам имеются в журналах: «Автотракторное дело» — 1931—34 гг., «Мотор» — 1930—31 г., «Машина в деревне» — 1931 г., «Вестник металлопромышленности» — 1928 г., «Дорога и автомобиль» — 1930—31 г., «Предприятие» — 1928—29 г., «Механизация и моторизация РККА» — 1933 г., «Известия НАТИ» — 1932—33 г. и в ряде иностранных журналов.





## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Общие основания для замены жидкого горючего твердым топливом . . . . .	5
Глава II. Виды и свойства твердого топлива для подвижных газогенераторных установок . . . . .	8
Требования к топливу — 8; минеральное (ископаемое) твердое топливо — 9; растительное твердое топливо — 9; породы дерева — 10; влажность древесины — 10; размеры древесного топлива — 12; изготовление чурок — 12; обугленная древесина — 14; сравнение высушенной древесины с черным углем — 18; карбонит — 19; другие виды твердого растительного топлива — 20.	
Глава III. Части газогенераторных установок и их расположение на машине . . . . .	23
Части газогенераторных установок — 23; расположение частей газогенераторной установки на автомобиле и тракторе — 24.	
Глава IV. Процессы образования газа в газогенераторе . . . . .	26
Газогенераторы с прямым процессом газификации — 27; горизонтальный процесс газификации — 29; опрокинутый процесс газификации — 29.	
Глава V. Основы устройства транспортного газогенератора . . . . .	31
Газогенераторы прямого процесса . . . . .	31
Загрузка топлива — 31; подача первичного воздуха и его подогрев — 32; подача пара и воды — 32; отсос газа из шахты — 34; обмуровка топливника — 35; удаление из генератора остатков — 35; топливо и размеры активной зоны — 35.	
Описание газогенераторов прямого процесса . . . . .	37
Газогенератор ПИП — 37; газогенератор У-5 проф. Наумова — 40; газогенератор АРА — 40; газогенератор Шарли Ру — 40; газогенератор Ипагном (Пинч) — 42.	
Газогенераторы с горизонтальным процессом . . . . .	42
Газогенератор Барбье — 42; газогенератор Автогаз — 45; газогенератор Трактор — 45.	
Газогенераторы опрокинутого процесса . . . . .	48

Основания для устройства газогенераторов опрокинутого процесса . . . . .	48
Форма шахты газогенератора — 48; способ загрузки топлива и его подача в активную зону (топливник) — 48; подача воздуха и его подогрев — 50; подача пара и воды — 51; отсос газа — 51; удаление золы — 52; обмуровка — 52; основные размеры активной зоны (топливника) — 52; способы газификации влажного топлива и разложение смолистых веществ — 54.	
Описание газогенераторов опрокинутого процесса . . . . .	55
Газогенератор Рекс — 55; газогенератор Сагам — 56; газогенератор В-3 — 58; газогенератор ОКБ-8 — 59; газогенератор НАУ-6 — 62; газогенератор Панар-Левассор — 62; газогенератор Рено — 63; газогенератор Берлие — 64; газогенератор Имберт — 65; газогенератор Кромаг-Сагам — 67; газогенератор Дейц К-УЗ — 68; газогенератор ЦНИИМЭ-2 — 72.	
Глава VI. Газоохладители . . . . .	73
Значение охлаждения газа — 73; способы охлаждения газа — 74; специальные газоохладители — 76, конечная температура охлажденного газа — 79.	
Глава VII. Газоочистители . . . . .	81
Вредные примеси газа и их влияние на работу двигателя — 81; способы очистки газа — 83; характеристика газоочистителей — 85; жидкостные очистители (промыватели) — 85; поверхностные очистители — 86; сухие фильтры — 97; динамические очистители — 99.	
Глава VIII. Системы питания двигателя газовой смесью и способы регулировки . . . . .	104
Особенности работы автотракторного смесителя — 104; размеры сечений газовых и воздушных каналов смесителя и скорости газа и воздуха — 105; требования к смесителю — 106; типы смесителей — 107; смесители с параллельным потоком газа и воздуха — 107; смесители с пересекающимися потоками газа и воздуха — 109; турбулентные смесители — 111; смесители-карбюраторы — 113; установка смесителя — 115; регулировка газа, воздуха и смеси — 116.	
Глава IX. Приспособление двигателя к работе на газе . . . . .	119
Увеличение степени сжатия (объемное изменение) горючей смеси в цилиндре двигателя — 119; повышение теплопроизводительности газа — 120; охлаждение газа до возможно низких температур — 121; нагнетание горючей смеси в цилиндры — 121; уменьшение разрежения путем понижения сопротивлений — 121.	
Глава X. Развитие транспортных газогенераторов в СССР . . . . .	123
Практическая работа за период 1923-1934 гг. Работа проф. Наумова — 123; работа Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной механики (ВИСХОМ) — 126; работа Научно-исследовательского института лесной промышленности (Институт древесины) — 127; работы НАТИ — 128; работы Сибирского технологического института — 132; газогенератор А. Коновалова — 132; работы проф. В. Карпова — 132; научно-исследовательские работы в области легких газогенераторов — 133; изучение конструкций и работы газогенераторов заграничного происхождения — 133; изучение процессов газификации — 135; повышение калорийности газа — 135;	



изучение возможности газификации различных видов твердого топлива в легких газогенераторах — 136; борьба с загрязнением газа смолами — 136; изучение влияния кусков топлива на качество газа — 136; влияние влажности топлива — 137; изучение бензинового двигателя при работе на газе — 137; изучение методов повышения мощности мотора — 137; изучение работы трактора и автомобиля на газе — 138.

**Глава XI. Работа Автодора по развитию подвижных газогенераторных установок . . . . . 139**

Конкурс 1931 г. — 139; конкурсные испытания готовых газогенераторных установок на колесных тракторах (1931 г.); сравнительные испытания готовых газогенераторных установок на гусеничных тракторах (1932 г.) — 146; краткое описание газогенераторной установки Автодора гусеничного трактора ЧТЗ типа С-60 — 149.

**Глава XII. Монтаж и эксплуатация транспортных газогенераторных установок . . . . . 157**

Приспособление современного автомобиля и трактора для работы на твердом топливе — 157; экономика газогенераторного транспорта — 166

**Глава XIII. Пути дальнейшего развития газогенераторного дела в СССР . 170**

Топливный вопрос — 170; усовершенствование газогенераторных установок — 171; переделка двигателей для работы на газе — 172.

**Краткий указатель литературы по транспортным газогенераторам . . . . 173**

