

В. П. КАРПОВ

1 руб.

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ
ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ**



В. П. КАРПОВ

Ж. 9

АВТОМОБИЛЬНЫЕ
ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

124866

№ 231924
19-20/31 р.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1930 ЛЕНИНГРАД

ОТ АВТОРА.

В настоящее время за границей, особенно во Франции, наряду с применением двигателей типа дизеля для автотранспорта, выработан ряд конструкций газогенераторных грузовиков. Главное преимущество последнего вида грузовых машин заключается в возможности использования твердых и дешевых сортов топлива — древесного угля, дров, торфа, антрацитов и т. п. Вследствие значительной разницы в стоимости бензина по сравнению с указанными сортами горючего, работа двигателя на генераторном газе обходится почти в два раза дешевле чем на бензине, несмотря на сравнительно низкий эффективный коэффициент полезного действия газогенераторной установки.

Переход с бензина на генераторный газ нельзя совершить без переустройств бензинового двигателя, так как иначе этот переход вызовет потерю в мощности около 30%, а иногда и больше. Для сохранения мощности двигателя, а следовательно и динамических качеств автомобиля, повышают степень сжатия двигателя и увеличивают объем цилиндров, или же, наряду с увеличением сжатия, обогащают генераторный газ, вводя в зону распада в газогенератор богатые по своему калориметрическому содержанию углеводороды (мазут, жиры, нафталин, масла и т. п.). В качестве меры, также в значительной степени уменьшающей потерю мощности, применяют нагнетание в цилиндры двигателя горючей смеси.

Кроме перечисленных осложнений установка газогенератора на грузовик или трактор ведет к увеличению мертвого веса системы, усложняет обслуживание, требует предварительной растопки газогенератора, периодических загрузок топливом в пути, в лучшем случае через 70—75 км (для грузовиков) и т. п. Присос газа к двигателю при запуске хотя и осуществляется вентилятором, но тем не менее при больших степенях сжатия (ок. 6 атм.) двигатель

вручную на газе пущен быть не может. По этой причине двигатель пускают от стартера на бензине при пониженном сжатии. При остановках грузовика, длительностью превышающих 5 минут, запуск без предварительного дутья вентилятором для восстановления заглохшего генераторного процесса затруднителен.

Так как генераторный газ до подхода к двигателю должен быть очищен и охлажден, то приходится устанавливать на шасси автомобиля очистители и охладители газа, которые еще более увеличивают мертвый вес системы.

В силу перечисленных обстоятельств, газогенераторная подвижная установка не получила большого распространения в нормальных условиях. Только при наличии кризиса в жидких горючих или отсутствии их, или, наконец, при дороговизне их доставки к месту потребления, — газогенераторная подвижная установка получает право на существование и иногда может быть незаменима. Легкие газогенераторы могут найти применение также в сельском хозяйстве и кустарной промышленности (подвижные тракторы, электросиловые и осветительные установки с легкими быстроходными двигателями).

Переходя к изложению теории и практики затронутого вопроса автор предполагает, что читатель знаком с основными принципами термодинамики и сущностью газогенераторного процесса.

1 июня 1929 г.

В. Карпов.

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЙ ПРОЦЕСС.

В настоящее время в подвижных установках применяется или прямой или обратный газогенераторные процессы, между которыми нет никакой теоретической разницы. Практически же обратный процесс отличается отсутствием смолы в газе вследствие того, что в зоне диссоциации находится накаленный уголь, уже лишенный смолы и летучих.

Теоретические обоснования термохимического расчета газогенераторного процесса стационарных установок могут быть применены в полной мере и для подвижных установок. Только при расчете паровоздушного процесса, как показали опыты, приходится пользоваться реакцией низких температур.

Как прямой, так и обратный процессы допускают полную возможность получать бедный газ Сименса или паровоздушный газ. Кроме того может быть получен также бедный газ, но более дешевый, нежели газ Сименса, при вдувании отработанных продуктов горения двигателя под решетку газогенератора, в целях использования избытка теплоты воздушного процесса. Последнее обстоятельство особенно важно для установок, работающих от газогенераторов на древесном угле без впуска пара, так как в этом последнем случае теоретический коэффициент полезного действия* газогенератора будет около 70%. Как показывают дальнейшие подсчеты, указанный способ получения бедного газа значительно повышает к. п. д. газогенератора.

В виду того, что в настоящее время подвижные газогенераторные установки, работающие по принципу получения бедного газа, имеют то же применение при пользовании древесным углем, вопросу вдувания отработанного газа в генератор уделено особое внимание.

При полном сгорании смеси в цилиндрах двигателя, рабо-

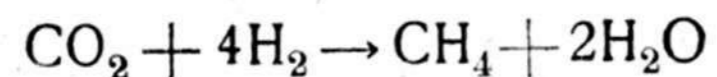
* В дальнейшем коэффициент полезного действия будем сокращенно обозначать к. п. д.

тающего на бедном газе, при избытке воздуха равно нулю, теоретически, объемное содержание углекислоты в продуктах горения составляет — 21%. Несмотря на такое разжижение углекислоты азотом, теоретические подсчеты указывают на значительное повышение к. п. д. газогенератора при вдувании отработанного газа по сравнению с чисто воздушным процессом. Как будет видно из дальнейшего, газогенераторный процесс с поддувкой отработанного газа двигателя не уступает по своей экономичности теоретическому паровоздушному процессу. Кроме этого, необходимо также отметить общеизвестный факт, что бедная смесь допускает большую степень сжатия, чем смесь паровоздушного газа.

Установка, работающая на чисто воздушном газе, при высоком сжатии не уступает по своей экономичности установкам, работающим на паровоздушном при сжатии меньшем (газогенератор Rex на 3½ т грузовом автомобиле «Somua», агрегат Penta). В силу этого обстоятельства, понижение к. п. д. газогенераторного чисто воздушного процесса, а следовательно и понижение его экономичности, по сравнению с паровоздушным процессом, может быть вполне компенсировано повышением степени сжатия, т. е. повышением термического использования тепла горючего в цилиндрах двигателя, а потому и экономический к. п. д. всей установки получается в обоих случаях один и тот же. Таким образом, работая на том же бедном газе, но уже с поддувкой отработанных продуктов горения двигателя, практически без изменения состава газа и его теплотворности, можно повысить экономичность установки в целом за счет повышения к. п. д. газогенератора.

Кроме изложенного, довольно важным обстоятельством является содержание в генераторном газе метана; большее или меньшее количество его обусловлено температурой, при которой ведется процесс, и наличием водорода в газе. При допуске в процесс излишка свободной углекислоты, путем поддувки отработанного газа двигателя, могут идти реакции второго порядка, кроме основных.

В качестве теоретической предпосылки к этому вопросу можно указать на полную возможность реакции



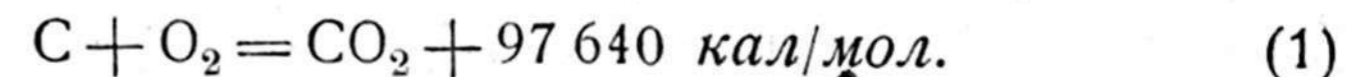
в присутствии катализаторов — железа, никкеля и других,

в пределах температур 300 — 400° Ц* и в отсутствии их, при иных температурных условиях и ином выходе продукта. При работе без пара присутствие водорода в газе всегда имеет место, а потому наличие указанной реакции при поддувке нужно считать более обеспеченным, по причине некоторого понижения температуры процесса по сравнению с таковой при чисто воздушном дутье.

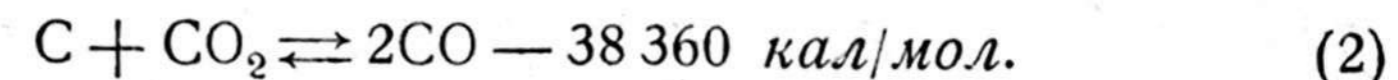
Переходя к теоретической оценке способов получения генераторного газа, а также выяснению к. п. д. газогенераторных процессов, допустим в качестве топлива углерод с калориметрической теплотворной способностью в 8100 калорий и применим метод оценки, предложенный Моллье.

В обычных условиях в шахтенной печи газогенератора при сгорании углерода имеют место следующие процессы.

На колосниковой решетке основная реакция горения углерода в кислороде, протекающая с выделением тепла:



При проникании углекислоты через верхние слои накаливаемого углерода происходит ее диссоциация с отнятием тепла, согласно реакции:

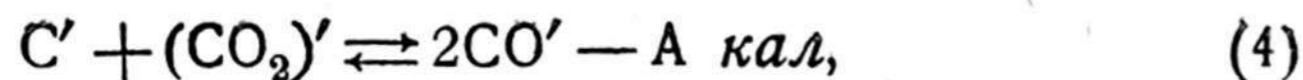


Обе реакции теоретически протекают полностью при чисто воздушном дутье. При паровоздушном дутье, кроме того, происходит в присутствии накаливаемого углерода диссоциация водяных паров. Для небольших газогенераторов, идущих на древесном угле, имеет место реакция низких температур.



При этом, несмотря на дополнительное образование углекислоты, необходимо еще затратить 17460 кал на каждые 2 кг/мол пара. Если же произвести впуск в процесс вместо пара отработанных продуктов горения двигателя, теоретически содержащих 21% углекислоты по объему, то, кроме основных реакций 1 и 2, будет иметь место реакция подобная 2, но только при ином весовом содержании углекислоты. Обозначая это содержание углекислоты в отработанных продуктах горения двигателя через (CO₂)' и углерод, участвующий в ее диссоциации, через С', будем иметь:

* В дальнейшем изложении температура показана в градусах Цельсия.



где $2CO'$ — весовое количество окиси углерода, а A — количество тепла, пошедшее на диссоциацию $(CO_2)'$.

По данным Моллье, процентный выход составных частей бедного газа, полученных путем сжигания углерода в шахте газогенератора, определяется следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} CO + N_2 &= 1 \\ N_2 &= \frac{79}{21} (0,5 CO) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где CO и N_2 — объемное содержание входящих в 1 м^3 компонентов. Из этих двух уравнений вполне определяется состав чисто воздушного газа в 1 м^3

$$CO = 0,347 \text{ м}^3; N_2 = 0,653 \text{ м}^3. \quad (6)$$

Теоретически к. п. д. такого процесса по Моллье —

$$\eta_0 = 0,7 \frac{CO}{CO} = 0,7, \quad (7)$$

т. е. к. п. д. этого процесса в идеальном случае стремится к 70% . При паровоздушном дутье имеют место более сложные соотношения и общие условия выражаются системой трех уравнений с пятью неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} H_2 + CO + CO_2 + N_2 &= 1 \\ \frac{21}{79} N_2 &= 0,5CO + CO_2 - 0,5H_2 \\ \eta_0 (CO + CO_2) &= 0,7 (H_2 + CO), \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где H_2 , CO , CO_2 и N_2 имеют то же значение, что и в предыдущем случае, а η_0 — теоретический к. п. д. процесса, который может быть представлен в следующем виде:

$$\eta_0 = 0,7 \frac{H_2 + CO}{CO + CO_2}. \quad (9)$$

Из уравнений (8) видно, что их система может быть решена лишь тогда, когда два каких-либо неизвестных даны.

Для случая бедного газа с поддувкой могут быть составлены условия, подобные предыдущим. Действительно, обозначая объемное количество окиси углерода, полученной из

углекислоты, поступившей в процесс с отработанным газом через $(CO)_i$, имеем:

$$\left. \begin{aligned} CO + (CO)_i + N_2 &= 1; \\ \frac{21}{79} N_2 &= 0,5 (CO) + 0,5 (CO)_i \\ \eta_0 [CO + 0,5 (CO)_i] &= 0,7 [CO + (CO)_i] \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Эта система также не может быть решена в общем виде в виду того, что она представляет собою 3 уравнения с четырьмя неизвестными.

Теоретический к. п. д. может быть представлен в таком виде:

$$\eta_0 = 0,7 \frac{CO + (CO)_i}{CO + 0,5 (CO)_i}. \quad (11)$$

Для самого общего случая при наличии некоторой влаги в топливе и поддувки общие уравнения процесса примут еще более сложную формулировку:

$$\left. \begin{aligned} H_2 + CO + (CO)_i + CO_2 + N_2 &= 1 \\ \frac{21}{79} N_2 &= 0,5 (CO) + 0,5 (CO)_i + CO_2 - 0,5 H_2 \\ \eta_0 [CO + 0,5 (CO)_i + CO_2] &= 0,7 [H_2 + CO + (CO)_i] \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\eta_0 = 0,7 \frac{H_2 + CO + (CO)_i}{CO + 0,5 (CO)_i + CO_2}. \quad (13)$$

Данная система уже представляет систему 3-х уравнений с шестью неизвестными.

Определяя лишние неизвестные путем анализа генераторного и отработанного газа, можно вычислить теоретический коэффициент полезного действия газогенератора без учета потерь на лучеиспускание, провалы и проч. Для предварительной сравнительной оценки приводимых процессов, очевидно, необходимо произвести соответствующие подсчеты с учетом баланса тепла в лучшем случае и для средних условий.

Для полного сгорания 1 кг углерода до CO_2 необходимо подать $11,61 \text{ кг}$ воздуха, причем выделяется около 8100 кал .

При диссоциации образовавшейся углекислоты до 2CO будет затрачено:

$$\frac{38360}{12} = 3200 \text{ кал.}$$

Таким образом, в этом случае разность $8100 - 3200 = 4900 \text{ кал}$ в чисто воздушном теоретическом процессе составит избыток теплоты.

Объемный состав газа для воздушного процесса может быть получен, согласно уравнения (5)

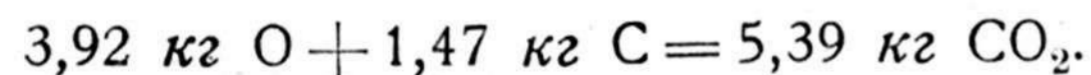
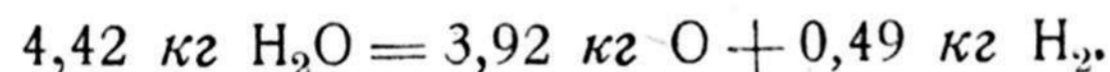
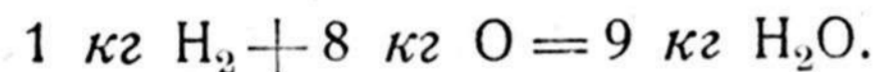
$$\text{CO} = 34,7\%; \text{N}_2 = 65,3\%.$$

Рабочая теплотворная способность 1 м^3 газа (принимая $\text{Нр} \cdot \text{CO} = 2800 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3}$) составит $2800 \cdot 0,347 = 970 \text{ кал}$ при 1 ат. и 15° .

$$\eta_0 = 0,7 \frac{\text{CO}}{\text{CO}} = 0,7.$$

Допуская, что весь избыток теплоты воздушного процесса в 4900 кал может быть использован на испарение воды и диссоциацию пара, можно определить наибольшее ее количество, разложенное в процессе. Полагая, что на испарение 1 кг воды необходимо 625 кал и на диссоциацию 1 кг пара $\frac{17460}{2 \cdot 18} = 485 \text{ кал}$ при реакции низких температур (3), получим, что расход тепла на 1 кг разложенной воды выразится в 1110 кал , а количество разложенной воды составит $\frac{4900}{1110} = 4,42 \text{ кг}$.

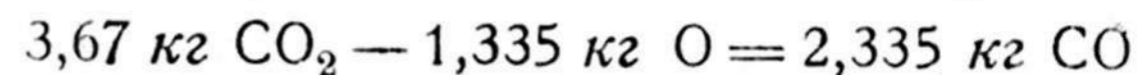
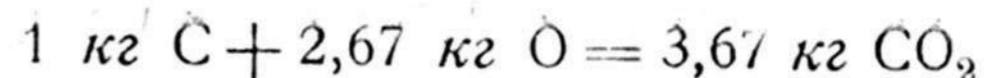
Количество получившихся при этом H_2 и CO_2 может быть определено, согласно следующих реакций:



Переводя полученные величины CO_2 и H_2 в объемы имеем:

$$\text{H}_2 = 5,95 \text{ м}^3; \text{CO}_2 = 2,96 \text{ м}^3.$$

Количество CO определяется по основной реакции горения углерода и диссоциации углекислоты —



Всего . . CO — $4,67 \text{ кг}$ или — $4,06 \text{ м}^3$.

Количество азота получается исходя из содержания его в воздухе, поступившем в процесс; это количество воздуха, как указывалось ранее, составляет $11,61 \text{ кг}$, из них на кислород приходится $2,67 \text{ кг}$, а остальное на азот —

$$11,61 - 2,67 = 8,94 \text{ кг} \text{ или } 8,94 \cdot 0,871 = 7,78 \text{ м}^3.$$

Таким образом, полный выход газа теоретически выразится следующими величинами

$$\text{H}_2 - 5,95 \text{ м}^3; \text{CO} - 4,06 \text{ м}^3;$$

$$\text{CO}_2 - 2,96 \text{ м}^3; \text{N}_2 - 7,78 \text{ м}^3,$$

или в объемных процентах:

$$\text{H}_2 - 28,7\%; \text{CO} - 19,6\%; \text{CO}_2 - 14,3\%; \text{N}_2 - 37,4\%.$$

Теоретический к. п. д. такого процесса, исчисленный по данным Моллье, равен единице, а именно:

$$\eta_0 = 0,7 \frac{\text{CO} + \text{H}_2}{\text{CO} + \text{CO}_2} = 0,7 \frac{4,06 + 5,95}{4,06 + 2,96} \cong 1.$$

Если же отнести этот к. п. д. не к высшей теплотворной способности водорода, а к рабочей, то η_0 соответственно получит меньшее значение.

Действительно, рабочая теплотворность всего полученного газа определяется в 25288 кал —

$$4,06 \cdot 2800 + 5,95 \cdot 2340 = 11368 + 13920 = 25288 \text{ кал},$$

а полный расход углерода для получения этого газа выразится суммой: на основную реакцию горения 1 кг , на диссоциацию углекислоты 1 кг и на образование углекислоты при диссоциации водяного пара $1,47 \text{ кг}$, т. е. всего $3,47 \text{ кг}$, которые могут развить $8100 \cdot 3,47 = 28107 \text{ кал}$, тогда

$$\text{в этом случае } \eta'_0 = \frac{25288}{28107} \cong 0,90.$$

Производя подобные же подсчеты для какого-либо среднего случая найдем, что теоретические к. п. д. паровоздушного газогенераторного процесса приближаются все более к 0,70, т. е. к чисто воздушному, по мере уменьшения количества впускаемого пара, так напр. для паровоздушного газа с объемным содержанием

$$H_2 — 11,1\%; CO — 28,6\%; CO_2 — 5,57\%; N_2 — 54,73\%$$

$$\eta_0 = 0,7 \frac{11 + 28,6}{28,6 + 5,57} = 0,81 \quad \left| \begin{array}{l} \text{при впуске } 1,16 \text{ кг воды и} \\ \text{использовании из всего избытка} \\ \text{теплоты } 1260 \text{ кал.} \end{array} \right.$$

$$\eta'_0 \frac{15000}{2,40 \cdot 8100} = 0,77, \text{ где } 15000 \text{ кал. содержатся в полном} \\ \text{выходе газа при расходе углерода на его образование} \\ \text{в } 2,40 \text{ кг.}$$

Таким образом теоретические достоинства паровоздушного газа несколько умяются при использовании его в цилиндрах двигателя.

Переходя к оценке выгодности вдувания отработанных продуктов горения двигателя при ведении воздушного процесса и выяснению теоретической его экономичности, примем, что сгорание газа в цилиндрах двигателя полное, избыток воздуха равен нулю, а следовательно выхлоп имеет такой состав по объему: $CO_2 — 21\%$ и $N_2 — 79\%$ или по весу $CO_2 — 29,5\%$ и $N_2 — 70,5\%$.

Если предположить, что продукты горения двигателя поступают в топливник газогенератора при температуре 670° абс., то тепло, необходимое для подогрева каждого их кг до температуры диссоциации углекислоты в 1400° абс., определится из следующих выражений:

$$G_{CO_2} C_{pm} (T_2 - T_1) = 0,295 \cdot 0,282 (1400 - 670) = 61 \text{ кал};$$

$$G_{N_2} C_{pm} (T_2 - T_1) = 0,705 \cdot 0,257 (1400 - 670) = 132 \text{ кал.}$$

Всего на 1 кг 193 кал.

Кроме того, на диссоциацию углекислоты необходимо затратить на каждый кг вдуваемого газа

$$0,295 \frac{38360}{44} = 257 \text{ кал,}$$

полная же затрата теплоты выразится суммой этих расходов: $193 + 257 = 450 \text{ кал.}$

Исходя из последней величины получается общее количество газа, которое может быть теоретически использовано в процессе при избытке теплоты в 4900 кал, $\frac{4900}{450} = 10,9 \text{ кг,}$

изкоих на углекислоту придется 3,21 кг, а на азот — 7,69 кг.

Количество полученной CO, вследствие диссоциации поступившей углекислоты, определится, согласно таких же реакций, как и в предыдущем случае

$$3,21 \text{ кг } CO_2 - 1,17 \text{ кг } O = 2,04 \text{ кг } CO$$

$$1,17 \text{ кг } O + 0,87 \text{ кг } C = 2,04 \text{ кг } CO$$

Всего 4,08 кг CO или 3,55 м³

Кроме этой окиси углерода, обозначенной ранее через (CO)_i, имеет место основной выход CO в количестве, исчисленном в предыдущем случае, — 4,06 м³. Количество азота выразится суммой двух частей — одной, принесенной с воздухом при основной реакции горения, и другой с углекислотой выхлопа, т. е. $8,94 + 7,69 + 16,63 \text{ кг}$ или 14,47 м³. Объемное соотношение составных частей газа очевидно остается таким же, как для чисто воздушного процесса, т. е. $CO = 34,7\%$; $N_2 = 65,3\%$, а $H_p = 970 \text{ кал.}$

Теоретический к. п. д. по выражению — (11) получит следующее значение:

$$\eta_0 = 0,7 \frac{CO + 2(CO)_i}{CO + (CO)_i} = 0,7 \frac{4,06 + 3,55}{4,06 + 1,775} = 0,915;$$

очевидно, что и η'_0 останется при том же значении.

Действительно при полном расходе углерода на данный процесс $1 + 1 + 0,87 = 2,87 \text{ кг}$ и полной теплотворности газа $(4,06 + 3,55) 2800 = 21300 \text{ кал.}$

$$\eta'_0 = \frac{21300}{2,87 \cdot 8100} = 0,915.$$

Для любого среднего случая таким же путем могут быть исчислены соответствующие значения η_0 .

Например, при использовании избытка теплоты воздушного процесса в 1970 кал, соответственные подсчеты дадут

газ, очевидно того же состава $H_p = 970 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3}$, полный расход углерода 2,356 кг, полную теплотворную способность всего выхода газа при данном расходе углерода 15 400 кал.

$$CO = 4,06 \text{ м}^3; (CO)_i = 0,725 \text{ м}^3$$

$$\eta_0 = \eta'_0 = \frac{4,06 + 1,45}{4,06 + 0,725} = \frac{15\,400}{2,356 \cdot 8\,100} \cong 0,80.$$

При использовании избытка теплоты в — 1 260 кал, т. е. в случае подобном предыдущему примеру для паровоздушного газа, для бедного газа получаются следующие величины:

$H_p = 970 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3}$, полный расход углерода 2,236 кг, полная теплотворная способность всего выхода газа при этом расходе углерода — 14 050 кал. $CO = 4,06 \text{ м}^3$, $(CO)_i = 0,48 \text{ м}^3$ и

$$\eta_0 = \eta'_0 = \frac{4,06 + 0,96}{4,06 + 0,48} \cong \frac{14\,050}{2,236 \cdot 8\,100} \cong 0,78.$$

Из предыдущих подсчетов можно составить представление о преимуществах одного процесса перед другим в отношении их экономичности. Оценивая экономичность остальных двух по отношению к чисто воздушному, найдем, что теоретически в лучшем случае паровоздушный газ экономичнее на 20% (по рабочей теплотворной способности), воздушный же с поддувкой на 21,5%; разница в их экономичности по отношению друг к другу ничтожна. Необходимо напомнить, что суть вопроса заключается не в последнем обстоятельстве, а в том, что для всякой газогенераторной подвижной установки, работающей на бедном газе, особенно при применении древесного угля, имеются теоретические обоснования повысить, путем поддувки отработанного газа, к. п. д. газогенераторного процесса с 0,7 до экономичности паровоздушного.

Возможность применения более высоких степеней сжатия для газа с теоретически полным отсутствием водорода при наличии только CO , CH_4 и N_2 обусловлена более высоким температурным пределом существования смеси этих газов в присутствии кислорода воздуха. Действительно, эти температурные пределы для водорода $H_2 = 670^\circ$ абс., а для CO и $CH_4 = 723^\circ$ абс.

По этим практическим данным можно с известным приближением судить о возможных степенях сжатия для обоих случаев. Действительно, при температуре в начале сжатия $T_a = 330^\circ$ абс. и степени сжатия $\varepsilon = 7$, при показателе политропы сжатия $n_1 = 1,35$, имеем $T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1}$; $\lg \frac{T_c}{T_a} = 0,35 \lg 7$, откуда $T_c = 1,98 \cdot 330 = 655^\circ$ абс. $< 670^\circ$ абс.

Для второго случая, задаваясь $\varepsilon = 9$ и при прочих равных условиях, получим $\lg \frac{T_c}{T_a} = 0,35 \lg 9$

$$T_c = 2,16 \cdot 330 = 712^\circ \text{ абс.} < 723^\circ \text{ абс.}$$

Во всяком случае для двигателя всегда практически наметится резкая грань между ε для паровоздушного газа и воздушного, какая бы ни была температура газовой смеси. Иначе говоря, будет существовать такая степень сжатия, когда генераторный газ с 12—18% водорода в смеси с воздухом будет самовоспламеняться и двигатель работать не будет. Наметься также и для смеси бедного газа (воздушного) наибольшая степень сжатия такая, когда, вследствие возросших механических сопротивлений, дальнейшее ее повышение не даст увеличения мощности двигателя при неизменной, наивыгоднейшей регулировке газа.

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕГКИХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ К ПОДВИЖНЫМ УСТАНОВКАМ.

В 90-х годах прошлого столетия исключительный гений инженера Рудольфа Дизеля создал двигатель, который по своим термическим качествам оставил позади все, что имело человечество в то время в области двигателей внутреннего сгорания. Использование тяжелых сортов горючего и в частности сырой нефти, наряду с высоким экономическим коэффициентом полезного действия, обеспечивали ему широкое распространение.

В настоящее время дизеля и полудизеля огромных мощностей несмотря на высокий к. п. д. уничтожают большое количество сырой нефти, которая сама по себе является высокоценным даром природы, а быстрое развитие автомобилостроения и авиации заставило некоторые страны особенно остро

почувствовать возможность кризиса в отношении топлива для легких двигателей.

Франция, в виду отсутствия в стране своих нефтяных источников, первая пошла по пути экономии бензина, а следовательно и нефти, снабжая свой автотранспорт газогенераторами.

Вопрос постепенного истощения мировых нефтяных ресурсов заставил в 1918 году Геологическое управление САСШ обратить внимание на то, что быстрый рост развития потребителей бензина, а также других видов топлива, получаемых из нефти, может привести к топливному кризису в этой области. Обследование подобного вопроса во Франции, Бельгии, Австрии и отчасти в Германии привело к идее использования для бензиновых двигателей «национального топлива», восстановление запасов которого протекает в нормальных условиях в силу естественного органического роста. В то же время это топливо должно быть дешевым, способным конкурировать с бензином. Предпринятые в этой области изыскания показали, что жидкие сорта горючего не могут быть использованы достаточно экономно и, что лишь генераторные газы, получаемые из дров и угля, дают подходящие решения.

Нужно признать, что первенство детальной разработки вопроса применения газогенераторов к грузовым автомобилям принадлежит научной технической мысли во Франции, а затем в Бельгии.

Германия в настоящее время как будто избрала иной путь — путь получения жидкого топлива по методу Берге-ниуса, а потому автогенераторное дело там несколько заглохло.

Франция, лишенная своих нефтяных ресурсов, вынуждена ежегодно ввозить нефтяных продуктов на сумму до 3-х миллионов франков. Кроме того, в случае войны, она становится перед неизбежным кризисом в этих продуктах. Поэтому с 1922 года под руководством Департамента изысканий и изобретений, Департамента жидких топлив, при участии Автомобильного клуба, производятся конкурсные испытания газогенераторных грузовиков, при деятельном сотрудничестве Технического департамента Военного ведомства. Попутно с этим ведутся также лабораторные исследования в области рационального использования газовых смесей в цилиндрах бензинового двигателя, разрешаются вопросы повышения к. п. д. установок, а также вопросы сохранения мощности

двигателя неизменной при переводе двигателей с бензина на газ.

Французское правительство, отдавая должное полученным результатам, 3 августа 1926 г. издало закон, по которому все грузовые автомобили, работающие на генераторном газе или метиловом спирте, платят только 50% налога; при этом, для запуска в ход машины до 3-х тонн, разрешалось иметь бензиновый бак до 5 литров, а свыше 3-х тонн до 10 литров.

Первый газогенераторный грузовик был выполнен в Шотландии в 1905 году. Английская автомобильная фирма Тор-никрофт давно применяла для моторных лодок газогенераторы, питаемые антрацитом, коксом, обрезками дерева и. т. п.

Первый газогенераторный автобус фирмы Gaz питался древесным углем и в 1916 году, еще во время мировой войны, работал между Парижем и Руаном.

В 1917 году во Франции появился 3-тонный грузовик с газогенератором, а в 1920 г. танк и несколько тракторов.

В 1922 г. Департамент изысканий и изобретений вместе с французским Автомобильным клубом имел возможность организовать конкурс нескольких фирм: Gaz, Vierson, Lion, Autogaz. Начиная с этого года идет непрерывный рост автогенераторного дела, развиваясь главным образом в отношении понижения расхода горючего на тонну/километр.

Параллельные лабораторные исследования совместно с практическими испытаниями привели к тому, что новый конкурс 1923 года на дистанцию 1 600 км привлек уже 9 грузовиков и 4 вполне законченных модели газогенераторов.

В 1924 году грузовики Берлие работали на маневрах во Франции.

В 1925 и 1926 г.г. газогенераторные грузовики Панар и Левассор принимали участие в Франко-бельгийском конкурсе.

17-местный автобус Берлие с дровяным газогенератором с 2 по 30 августа сделал по Франции 5 000 км, расходуя 50 кг дров на каждый 100 км.

Бельгийские пробеги в Арденнах в августе 1924 г. на 7 000 км убедили в полной рациональности работы газогенераторных грузовых машин, а в 1927 г. Франко-бельгийский конкурс показал значительные экономические достижения.

Относя рассмотрение полученных результатов пробегов и лабораторных испытаний в особую главу, остановимся на оценке топлива, применяемого в автомобильных газогенера-

торах, и на оценке состава получаемого газа, а также попутно коснемся тех изменений в отношении степеней сжатия, которые имели место за границей при переводе бензиновых двигателей на генераторный газ.

ТОПЛИВО ДЛЯ ЛЕГКИХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ.

В зависимости от вида газогенераторного процесса все газогенераторы можно подразделить на две категории: газогенераторы, осуществляющие прямой процесс, и — обратный. Для первых применяется главным образом сухое топливо без смолы — древесный уголь, антрацит, карбонит (прессован. древесно-угольн. мелочь); для вторых — топливо, содержащее смолы и сравнительно большое количество влаги — дрова, торф. Указанное подразделение не является безусловным, ибо обратный процесс может быть также осуществлен с древесным углем и карбонитом.

По роду получаемого газа газогенераторы могут быть подразделены также на две категории: газогенераторы, вырабатывающие бедный газ, и — паровоздушный (обогащенный водородом).

Как уже было указано в первой части, теоретические обоснования прямого и обратного процесса одни и те же. Преимущества обратного процесса заключаются в необычайной простоте его выполнения, а также возможности использования низких сортов топлива.

Наиболее распространенным топливом для легких газогенераторов является дерево и древесный уголь, поэтому мы здесь остановимся главным образом на этих сортах, так как применение антрацитов и каменных углей не всегда возможно, а первые имеют более широкое распространение, особенно у нас в северных областях Союза и в Сибири.

В настоящее время многие автомобильные фирмы, строящие газогенераторы для автомобилей и тракторов, предпочитают пользоваться деревом как топливом вместо древесного угля, несмотря на его меньшую теплотворность. Необходимо отметить, что дровяной газогенератор дает более дешевый газ, но зато для очистки газа от смол требуется сложное устройство, утяжеляющее установку и затрудняющее ее обслуживание. Кроме того, свежесрубленное дерево содержит от 40 до 50% влаги, а потому непригодно для получения генераторного газа, так как вследствие поглоще-

ния теплоты на испарение воды понижается температура процесса, а следовательно ухудшается качество выходящего газа. Поэтому некоторые фирмы работают не на чистом дереве, а на смеси его с углем. Последнее обстоятельство сильно умаляет достоинство дровяного подвижного газогенератора, так как не только свежесрубленное дерево требует примеси угля, но и дрова с содержанием влаги 15%. Кроме того, для улучшения хода газогенераторного процесса, некоторые фирмы пользуются дровами специальной заготовки в виде кубиков 5 см в стороне.

Пользование древесным углем безусловно проще и рациональная постановка обжига древесины не только вблизи больших промышленных центров, но и в провинции, обеспечивает снабжение подвижных установок.

Преимущества карбонита заключаются в том, что он, обладая всеми свойствами древесного угля, более компактен, но требует специальных приспособлений для изготовления. Во всяком случае газогенераторная установка, приспособленная к работе на древесном угле, может работать и на карбоните.

Стремление использовать в газогенераторных установках непосредственно древесину вместо угля, несмотря на целый ряд указанных неудобств, оправдывается следующими соображениями. При обжиге одной тонны древесины выход древесного угля составляет около 200 кг; калориметрическая теплотворная способность дров около 3 500—4 000 кал, а древесного угля — 7 000—7 500 кал, следовательно при указанном превращении происходит потеря теплоты около 60%. Последнее обстоятельство главным образом и повлияло на довольно широко поставленные изыскания по применению дров для легких газогенераторов во Франции, несмотря на указанные ранее затруднения.

Французский инженер Фише произвел ряд подсчетов для выяснения того, какое дерево в смысле влажности может быть пригодно для сжигания его в газогенераторах. При сгорании древесины в газогенераторах упомянутые в первой части реакции окисления углерода до CO_2 и последующего образования CO идут гораздо сложнее и вообще говоря менее полно. Под влиянием высокой температуры получается распад воды, водород и кислород реагируют с углем и кроме того при сухой возгонке идет выделение смол, уксусной кислоты и высших углеводородов. Продукты возгонки реагируя с нака-

ленным углем отнимают от процесса довольно много теплоты, вследствие чего температура его падает, поэтому CO_2 недостаточно раскисляется и полного разложения смол не происходит.

В обычных условиях ведения генераторного процесса, при топливе весьма близком к чистому углероду, образование CO

t	$\text{CO}\%$	$\text{CO}_2\%$
1000°	33	0,2
900°	82	0,5
800°	29	2,6
700°	23	6,2
600°	12	12,8

из CO_2 по данным Ле-Шателье происходит наиболее полно при температуре около 1000°. Таблица (см. табл. рядом) приводит данные об изменении объемного содержания CO_2 и CO в газе от температуры 600° и выше.

Из этой таблицы видно, что температура процесса должна быть не ниже 800° при выходе газа из газогенератора, так как в противном

случае содержание CO_2 будет велико. Практика установила, что для осуществления хорошей работы мотора желательно иметь в газе не более 5% углекислоты, т. е. температура в газогенераторе не должна опускаться ниже 800°.

Свежесрубленное дерево с влажностью в 40—50% через три года имеет влаги всего 15%. Если его затем высушить при температуре 140—150°, то после соприкосновения с воздухом оно опять принимает ту же влажность в 15%.

Состав дерева, высушенного при 150°, принимается следующий:

Углерода	C — 465 г
Кислорода	O — 440 »
Водорода	H — 65 »
Азота	N — 10 »
Зола	— 20 »
	<hr/>
	1 000 г.

Кроме того, принимается, что существует такая группировка составных частей:

C — 465 г	} 495 г воды.
O — 440 »	
H — 55 »	
H — 10 »	
N — 10 »	свободный водород
Зола — 20 »	
<hr/>	
Всего ...	1.000 г.

Исходя из указанного состава древесины можно выполнить термохимический расчет газогенераторного процесса. Для этого расчета необходимо принять во внимание данные таблицы, приведенной на стр. 22.

Кроме того заметим следующее. При сгорании дерева указанного состава, как упоминалось, реакция образования CO не идет полностью, поэтому присутствие CO_2 в генераторном газе будет иметь место. Количество его в теоретическом случае для температуры 800° составляет около 2,6%, поэтому в последующем подсчете принято, что часть углерода топлива в количестве 30 г сгорает в CO_2 . В генераторном газе имеется также метан, на образование которого расходуется некоторая часть углерода, в данном случае принято 5 г. Остальную массу газа составляют CO , H_2 и N_2 . Часть CO образуется за счет кислорода, выделившегося при разложении воды, другая часть за счет кислорода воздуха. Водород получается при разложении воды и за счет водорода в свободном состоянии. Все данные расчеты сведены в таблицу (см. табл. на стр. 23) и отнесены к 1 атм. и 15°.

Состав газа получается следующий:

CO	— 0,863 м ³
H_2	— 0,768 »
CH_4	— 0,0115 »
CO_2	— 0,061 »
N_2	— 0,670 »

Всего — 2,38215 м³.

Руководствуясь таблицей, приведенной на стр. 22, определим количество тепла, необходимого на нагревание газа от 15 до 800°.

0,863	· 0,29	· 785 = 197 кал
0,768	· 0,29	· 785 = 175 »
0,01015	· 0,448	· 785 = 4 »
0,061	· 0,418	· 785 = 20 »
0,670	· 0,29	· 785 = 173 »

Всего — 569 кал.

Из таблицы, помещенной на стр. 23, видно, что при сгорании древесины в шахте газогенератора выделяется 1 296 кал с каждого килограмма, а для разложения паров воды расхо-

При сгорании С при 15° и 1 атм.	Углерод в %	Водяной пар в %	O ₂ д.м. ³	N ₂ д.м. ³	Воздух д.м. ³	CO ₂ или CO д.м. ³	Выделено калорий	N ₂ д.м. ³	Израсходов. калорий на разл. пар
В CO ₂ с воздухом	1		2,03	7,65	9,68	2,03	8,14	—	—
» CO » »	1		1,02	3,82	4,84	2,03	2,45	—	—
Разложение паров H ₂ O при реакции высоких температур . . .	1		1,02	—	—	2,03	2,45	2,03	4,80
C + H ₂ O = CO + H ₂ — 2350 к	1,5 г пара		—	—	—	—	—	—	—
Разложение паров H ₂ O при реакции низк. темп.	1		2,03	—	—	2,03	8,14	4,06	9,60
C + 2H ₂ O = CO ₂ + 2H ₂ — 1455 к . . .	3 г пара		—	—	—	—	—	—	—
Молекулярные веса	C — 12	O ₂ — 16	N ₂ — 28,08	CH ₄ — 16,032	CO ₂ — 44	CO — 28	H ₂ — 2,016	—	—
Уд. веса при 1 атм. и 15°	—	1,312	1,150	0,658	1,813	1,148	0,0827	—	—
Уд. объемы при 1 атм. и 15°	—	0,763	0,871	1,521	0,551	0,870	12,13	—	—
Средн. теплотности от 15° до 800°, отнесенные к 1 м ³ газа .	—	0,29	0,29	0,448	0,418	0,29	0,29	—	—

Состав топлива в граммах	Полученные продукты	С	O ₂	N ₂	Воздух	В д.м. ³					Калорий (получено +, израсходовано —).	
						CO	CO ₂	CH ₄	H ₂	H ₂		
C — 465	Метан	5	—	—	—	—	—	10,15	—	—	—	—
O ₂ — 440 H ₂ — 55 } вода	В CO ₂	30	61	230	291	—	61	—	—	—	—	+ 244
H ₂ — 10	В CO ₂ с кислот. родом	317	324	—	—	644	—	—	—	—	—	+ 776
N ₂ — 10	В CO с воздухом	113	115	431	546	219	—	—	—	—	—	+ 276
Зола — 20	H ₂ свободн.	8,33 г водо-рода	—	—	—	—	—	—	101	—	—	—
	Разложение паров воды	495 пара	—	—	—	—	—	—	667	—	—	— 1585
	N ₂	10 г азота	—	~ 9	—	—	—	—	—	—	—	—
1000		465	500	670	837	863	61	10,15	768	—	—	— 289

дуются 1 585 кал, следовательно недостает $1\,585 - 1\,296 = 289$ кал. К этому количеству еще нужно прибавить тепло, необходимое для поддержания температуры всей массы газа при 800° для обеспечения образования CO, тогда полный недостаток тепла выразится суммой $289 + 569 = 858$ кал.

Для пополнения этого недостатка примешивают к дровам древесный уголь. Уголь, участвуя в процессе при реакции высоких температур, должен сгореть также в CO. При этом условии каждый его килограмм выделит 2 445 кал и $5,85 \text{ м}^3$ газа. На нагрев выделившегося газа необходимо затратить: $5,85 \cdot 0,29 \cdot 785 = 1\,330$ кал. При этих условиях избыток теплоты выразится разностью: $2\,445 - 1\,330 = 1\,115$ кал с 1 кг угля.

Отсюда ясно, что для обеспечения хода процесса в указанных температурных условиях необходимо добавить: $\frac{858}{1\,115} = 0,77$ кг древесного угля.

Кроме исчисленной надбавки очевидно необходимо принять во внимание дополнительный расход топлива на излучение и прочие потери.

Из приведенного расчета видно, что при дровах с 15% влажности для обеспечения генераторного процесса практическая надбавка древесного угля может составить почти килограмм на килограмм древесины.

Полученный состав газа может быть исчислен весьма просто. Выход газа из угля составляет $4,5 \text{ м}^3$, из коего $\text{N}_2 - 2,94 \text{ м}^3$, $\text{CO} - 1,56 \text{ м}^3$.

CO	— 2,423	— 35,2%
H ₂	— 0,768	— 11,3%
CH ₄	— 0,01015	— 0,15%
CO ₂	— 0,061	— 0,89%
N ₂	— 3,610	— 52,46%

Всего . . . $6,87215 \text{ м}^3 - 100\%$.

Рабочая теплотворная способность газа $\sim 1\,260$ кал.

Таким же путем можно произвести термохимический расчет для газогенератора, осуществляющего процесс на древесном угле.

Примем такой состав древесного угля по Менделееву.

C	— 820	г	
O ₂	— 40	»	
O	— 88,9	»	} вода
H ₂	— 11,1	»	
H ₂	— 15	»	
N ₂	— 5	»	
Зола	— 20	»	
Всего	. . .	1 000	г

При расчете примем те же условия: температура при выходе газа 800° и содержание CO₂ не более 5%.

Выход газа	Тепло на нагревание газа
CO — 1,545 м ³	$1,545 \cdot 0,29 \cdot 785 = 353$ кал
H — 0,277 »	$0,277 \cdot 0,29 \cdot 785 = 63$ »
CH ₄ — 0,0203 »	$0,0203 \cdot 0,448 \cdot 785 = 7$ »
CO ₂ — 0,104 »	$0,104 \cdot 0,418 \cdot 785 = 34$ »
N ₂ — 3,202 »	$3,202 \cdot 0,29 \cdot 785 = 688$ »
5,1483 м ³	Всего . . . 1 145 кал.

Из приведенных в таблице на стр. 26 результатов видно, что избыток теплоты процесса за вычетом тепла на нагревание всей массы газа выражается разностью: $1\,660 - 1\,145 = 515$ кал. За счет этого избытка теплоты ведется в паровоздушном процессе разложение водяного пара. При реакции высоких температур на покрытие недостатка тепла при разложении 1 кг пара необходимо около 1 570 кал. На нагревание образовавшихся CO и H₂ придется затратить тепла: $2,70 \cdot 0,29 \cdot 785 = 615$ кал. Таким образом, полный расход тепла при реакции разложения и образования дополнительного количества газа выразится суммой: $1\,570 + 615 = 2\,185$ кал на 1 кг пара. При ранее указанном избытке теплоты в 515 кал возможно разложить: $\frac{515}{2\,185} = 0,236$ кг пара. При этом получается: H₂ — 0,32 м³, CO — 0,32 м³, а всего $0,64 \text{ м}^3$ газа. Окончательный состав газа получится следующий:

CO	— 1,865	м ³ , — 32,4%
H ₂	— 0,597	» — 10,5%
CH ₄	— 0,0203	» — 0,35%
CO ₂	— 0,104	» — 1,8%
N ₂	— 3,202	» — 54,95%
Всего	. . .	5,7883 м ³ — 100%

Древесный уголь	Полученные продукты	C	O ₂	N ₂	Воз-дух	В дж ³					Калорий (+ получено - израсходо-вано)
						CO	CO ₂	CH ₄	H ₂		
C — 820 г	Метан	10	—	—	—	—	—	20,3	—	—	—
O — 40 г свободн.	В CO ₂	51	104	286	390	—	—	—	—	—	+ 415 кал.
O ₂ — 88,9 } вода	В CO с кислоро-дом	96	98	367	465	195	—	—	—	—	+ 235 »
H ₂ — 11,1											
H ₂ — 15 свободн.	В CO с воздухом	663	676	2 544	3 220	1 350	—	—	—	—	+ 1 630 »
N ₂ — 5	Свободн. H ₂ 11,64 г	—	—	—	—	—	—	—	—	142	—
Зола — 20	N ₂ — 5 г	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
	Разложение водяного пара 100 г	—	—	—	—	—	—	—	—	135	—
1000 г		820	6,78	3 202	4 075	1 545	104	20,3	277	—	+ 1 660 кал.

При дальнейшем увеличении подачи пара произойдет понижение температуры процесса, вследствие чего, согласно таблицы Ле-Шателье, увеличится выход углекислоты. Кроме этого, вместо реакции высоких температур, будет иметь место при разложении водяного пара реакция низких температур. Таким образом при увеличении выхода количества водорода от 11% и выше, процентное нарастание углекислоты в газе идет по двум направлениям. Произведенный подсчет подтверждает указанное ранее обстоятельство, что при паровоздушном процессе, по крайней мере с древесным углем, при обычном содержании водорода в генераторном газе от 15 до 18%, необходимо пользоваться при термодимических подсчетах реакцией низких температур.

При постепенном увеличении температуры сушки древесины происходит уменьшение влаги. Совершенно ясно, что при некоторой температуре, большей чем 150° и меньшей температуры образования ретортного угля при сухой перегонке дерева, количество влаги, содержащейся в древесине, будет таково, что не придется прибавлять угля для разложения водяного пара, т. е. избытка теплоты процесса будет достаточно не только на диссоциацию водяных паров, но и на нагрев всей массы газа до температуры 800°. Такой состав древесины получается при температуре сушки близкой к 250°. Отсюда ясно, что поскольку вопрос с утилизацией древесного угля в газогенераторах не встречает затруднений, вопрос с утилизацией дров обстоит гораздо сложнее.

В таблице на стр. 28 приводятся различные составы древесины и древесного угля, получившиеся в результате сушки и обжига при температурах от 150 до 350°. Приводимые данные могут служить руководящими при производстве указанных подсчетов.

Из всего изложенного о топливе становится ясным, почему практически для легких дровяных газогенераторов некоторые фирмы предпочитают добавлять древесный уголь, чем сушить дрова, так как последнее обстоятельство сильно усложняет эксплуатацию.

Но, как бы ни было, оба генераторных газа, как получаемый из древесного угля, так и из дров, являются вполне пригодными для использования в легких двигателях.

В отделе испытаний будет указано, что бензиновый двигатель, работающий на генераторном газе без изменения

	150° Сухое дерево 1 кг	200° Обгорелое дерево 791 г	250° Головешки 492 г	300° Уголь с огнем 345 г	350° Уголь черный 295 г	
Углерод С	465	392	321	241	220	
Вода, по- лучен- ная из	Кислорода	440	320	120	63	40
		Водорода	55	40	15	8
Свободн. водород	10	9	7	6	5	
Азот	10	10	9	8	8	
Зола	20	20	20	18	17	
Итого г	1 000	791	482	345	295	

степени сжатия, развивает до 70% мощности его на бензине. Действительно для бензина среднего качества и состава $C = 86\%$, $H_2 = 14\%$ — теоретическое количество воздуха на 1 кг для его сгорания определяется согласно выражения:

$$L_{\min} = \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} (C + 3H) \frac{M^3 \text{ возд.}}{1 \text{ кг топл.}}$$

$$L_{\min} = \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} (0,86 + 3 \cdot 0,14) \cong 12,4^3.$$

В этом случае низшая теплотворная способность смеси при теплотворности бензина 10 400 кал получится:

$$\frac{10\,400}{12,4} = 840 \text{ кал/м}^3.$$

При коэффициенте избытка воздуха:

$$\begin{aligned} \alpha = 1,1 & \dots \dots \dots 760 \text{ кал} \\ \alpha = 1,3 & \dots \dots \dots 645 \text{ »} \\ \alpha = 1,48 & \dots \dots \dots 570 \text{ »} \end{aligned}$$

Для определения теплотворной способности газовых смесей воспользуемся формулой:

$$L_{\min} = \frac{1}{0,21} \left\{ \frac{CO}{2} + \frac{H_2}{2} + \Sigma \left[\left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n \right] O_2 \right\} \frac{M^3 \text{ возд.}}{M^3 \text{ газ.}}$$

Для паровоздушного газа состава:

$$H_2 = 11,1\%, CO = 28,6\%, CH_4 = 2\%.$$

$$CO_2 = 5,57\%, N_2 = 52,73\%, L_{\min} = \frac{0,2385}{0,21} = 1,136 \text{ м}^3$$

При этом условии теплотворная способность смеси составит:

$$\frac{1222}{1 + 1,136} \cong 570 \text{ кал м}^3, \text{ где } 1222 \text{ — теплотворная способность куб. метра генераторного газа.}$$

$$\begin{aligned} \text{Для } \alpha & \dots \dots \dots 1,25 \dots \dots \dots 505 \text{ кал/м}^3 \\ \text{« } \alpha & \dots \dots \dots 1,50 \dots \dots \dots 454 \text{ « м}^3 \end{aligned}$$

Таким образом для средних условий можно принять рабочую теплотворность бензиновой смеси в 800 кал и газовой — 530 кал, откуда вытекает вполне понятное уменьшение мощности при переходе бензинового двигателя на генераторный газ, конечно, при неизменном наполнении и степени сжатия. Мощность двигателя, может быть увеличена путем повышения степени сжатия.

Автомобили, испытанные французским Автомобильным клубом в 1922 году, имели двигатели со степенью сжатия 4 — 4,5, а потому и результаты испытаний получились хуже, чем впоследствии. В зависимости от состава газа и содержания в нем водорода степени сжатия при последующих испытаниях были повышены до 7 — 8, а потому возросли мощность и вместе с тем экономичность работы. При указанных степенях сжатия и охлажденном газе мощность двигателя может дойти до 90% от мощности его на бензине. Что увеличение сжатия двигателя весьма существенно влияет на мощность и экономичность работы, легко усматривается из выводов, сделанных М. Auclair из опытов 1923 года во время военного конкурса грузовиков во Франции. Им получены след. данные (см. табл. ряд.):

Степень сжатия (объемное сжатие)	Среднее эффект. давление в кг на см ²	Удельный расход древесного угля в граммах (на 1 л. с./ч.)
4,20	2,40	850
4,98	3,78	605
5,88	3,81	598
6,25	4,33	533
7,21	4,50	428

Увеличение мощности может быть также получено путем нагнетания в мотор горючей смеси помощью компрессора. При этом способе мощность установки повышается за счет увеличения наполнения, а также фактического сжатия, но компрессорная установка усложняет и удорожает конструкцию.

Кроме того можно уравнивать мощность бензинового двигателя с мощностью его при работе на генераторном газе, не производя значительного повышения сжатия, ограничиваясь пределами 4,8 — 5, обогащая генераторный газ. Обогащение газа может быть произведено путем утилизации жирных отбросов, причем получается смесь газа с воздухом, почти равноценная бензиновой смеси (газогенератор Эрню). В этом случае в газогенераторе осуществляются два процесса, — собственно генераторный и пирогенетический, процесс распада масел, жиров, парафинов, нафталина и т. п.

Оба процесса ведутся параллельно, причем процесс распада сложных жирных молекул осуществляется за счет избытка теплоты основного процесса.

Вопросы термической обработки органических соединений приобретают все большее значение в настоящее время. Изучение явлений их пирогенетического распада, крекинг-процессы, процессы бергенизации составляют большой отдел химии. Не входя в подробное изучение химической стороны дела, остановимся на общих основных положениях, при которых можно ожидать начала явлений распада. Весьма обстоятельное исследование проф. Вивиани-Б. Льюэс пирогенетического распада минерального масла указывает на то, что пока температура не превышает 400° никакого разложения не наблюдается. При дальнейшем нагревании в реторте при обыкновенном давлении начинается выделение газа, быстро нарастающее по мере повышения температуры от 400 до 1000°.

Анализ выделившегося при различных температурах газа по опытам Льюэса дал следующие результаты:

	500°	700°	900°	1000°
Ненасыщенные углеводороды	39,13%	36,56%	36,55%	22,4 %
Насыщенные	42,41%	49,45%	49,45%	54,83%
Ацетилены	0,05%	0,08%	0,38%	0,46%

Из этих данных видно — чем выше температура, тем больше количество насыщенных углеводородов, т. е. тем все больше в состав газа входят двучленные и одночленные углеводороды (метан, этан, водород).

Кроме того Энглер вполне определенно указывает, что все процессы пирогенетического разложения зависят не только от температур, но и от давления и продолжительности нагревания. Поэтому в силу совместного влияния этих факторов, вряд ли, в условиях ведения газогенераторного процесса параллельно с распадом жирных отбросов, есть возможность теоретически фиксировать точные пределы степени разложения и температуры, при которых этот распад происходит. На основании приведенных данных можно лишь признать, что начало распада для многих жирных углеводородов находится в пределах температур 400 — 500° и чем короче цепь подвергающегося распаду углеводорода, тем выше для этого должна быть взята температура (Тропе и Юнг).

Действительно, по опытным данным установлены следующие температуры разложения: для парафина (C₂₀H₄₂) 300 — 400°, для гексодекана (C₁₆H₃₄) 70 — 540°, для гексана (C₆H₁₄) 650 — 700°, для этана (C₂H₆) — ниже 1000°.

Таким образом, приведенные данные устанавливают, что при пирогенетическом распаде температуры в зоне распада должны быть не ниже указанных. Распад парафинов и гексодекана начинается при более низких температурах, нежели более легких углеводородов. Последнее обстоятельство весьма существенно, так как при температурах газогенераторного процесса, больших 600°, в зоне выхода газа и благоприятном влиянии двух ранее указанных факторов будет всегда гарантия в отношении возможного загрязнения трубопроводов, подводящих газ, и двигателя. Указывалось, что для сохранения в генераторном процессе благоприятных условий, для осуществления реакции высоких температур при разложении водяных паров, температура на выходе газа не должна быть ниже 800°; поэтому количество разложенного продукта должно быть таково, чтобы не охлаждать слишком зоны диссоциации в газогенераторе. При температурах около 600° значительно повышается выход углекислоты (12,8%, см. табл. на стр. 22). Во всяком случае, как будет видно из дальнейшего, значительное количество веществ, подвергшееся пирогенетическому распаду или частичному распаду, сопровождаемому их парами, несмотря на увеличение CO₂ в газе при температуре ~ 600 — 625°, приводит к обогащению газа, а следовательно и к увеличению мощности двигателя.

В отделе испытаний и пробегов данные о работе газогенератора

нератора Эрню, вырабатывающего обогащенный газ указанным путем, будут пополнены результатами, полученными в лаборатории тепловых двигателей Военно-технической академии при опытах с газогенератором иной конструкции.

ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ УСТАНОВОК С ЛЕГКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.

В настоящее время за границей и особенно во Франции имеется довольно много разнообразных конструкций легких газогенераторов для автомобильных установок.

Последующее описание имеет целью познакомить читателя с наиболее типичными их представителями, получившими применение. В настоящее время во Франции, Англии, Бельгии и Германии имеется производство следующих газогенераторов.

1. Газогенераторы Берлие	11. Газогенераторы Вирзон
2. " Панар и Левасор	12. " Альзо
3. " Автогаз	13. " Стар
4. " G. E. P. E. A.	14. " Фажоль
5. " Vigneux G. E. P. E. A.	15. " Лион
6. " E. T. I. A.	16. " Эрню
7. " Рено	17. " Торникрофт
8. " Рекс	18. " Газ
9. " Барбье	19. " Мальбай
10. " Шульц-Лорио	20. " Паркер
	21. " Ипогном
	22. " Трактор

Всякая газогенераторная установка имеет следующие основные части: газогенератор, охладитель газа и газоочистители. Существующие в настоящее время легкие газогенераторные устройства весьма разнообразны как в отношении самих газогенераторов, так и охладителей с очистителями газа.

Наиболее ответственной частью в газогенераторе является топливник независимо от того, какой осуществляется процесс — прямой или обратный. Под влиянием высоких температур, а также тряски в подвижных установках, огнеупорная облицовка топливника может разрушаться, твердые частицы, попадая в двигатель могут произвести порчу цилиндров. Указанное явление наблюдалось во время испытаний, так как некоторые газогенераторы вывели из строя автомобильные двигатели через 1000 км пробега. В настоя-

щее время иногда выделяются топливники из неокисляемого огнеупорного металла (сплав чугуна с хромониккелем).

Охладители газа для подвижных установок устраиваются или в виде радиаторов (трубчатых, ребристых), омываемых воздухом во время движения автомобиля, или охлаждаемых водой из общего радиатора, обслуживающего мотор.

Кроме того, охлаждение газа осуществляется частично за счет испарения воды в особых приборах, при осуществлении паровоздушного процесса.

Охлаждение газа за счет нагревания всасываемого в газогенератор воздуха может получить только частичное осуществление, так как в этом случае для полного теплообмена необходимо устройство слишком больших поверхностей охлаждения.

Для очистки газа, в целях сохранения мотора от попадания в цилиндры механически взвешенных частиц, устраиваются очистители. В условиях подвижной установки очистители не могут быть громоздки, поэтому применяется сухая или полусухая очистка газа. Первая основывается на осаждении взвешенных частиц, вследствие потери скорости струею газа при перемене сечения трубы, из которой газ вытекает на больший диаметр. При повторении подобной операции получается достаточная очистка от более крупных частиц. Сухие очистители однако не могут задержать тонкой пыли, поэтому применяются некоторыми фирмами промыватели. В промывателях газ проходит через влажную пористую массу, напитанную водой или маслом, оставляя на ее поверхности пылинки, или же газ промывается в воде, вырываясь в виде пузырьков из-под гидравлического затвора с небольшой глубины. Кроме промывки в воде употребляется иногда промывка в керосине для растворения смол. После промывки иногда газ поступает в особые аппараты для отделения влаги. Подобные очистительные устройства с промывкою газа создают большее сопротивление всасыванию, чем сухие, требуют замены пористого материала и жидкости, более тяжелы и, конечно, усложняют уход за установкой.

Газогенератор Берлие.

Газогенераторное устройство Берлие состоит из собственно газогенератора, осуществляющего обратный процесс, очистителя, смесителя газа и воздуха, и вентилятора, слу-

жащего для раздувки газогенератора перед началом работы.

Газогенератор (рис. 1 и 2) выполнен для работы на дровах. Топливник *A* имеет воронкообразную форму, зольник *B* служит сборной камерой для выходящего газа и для золы. Верхняя часть *C* содержит запас дров на 100 км.

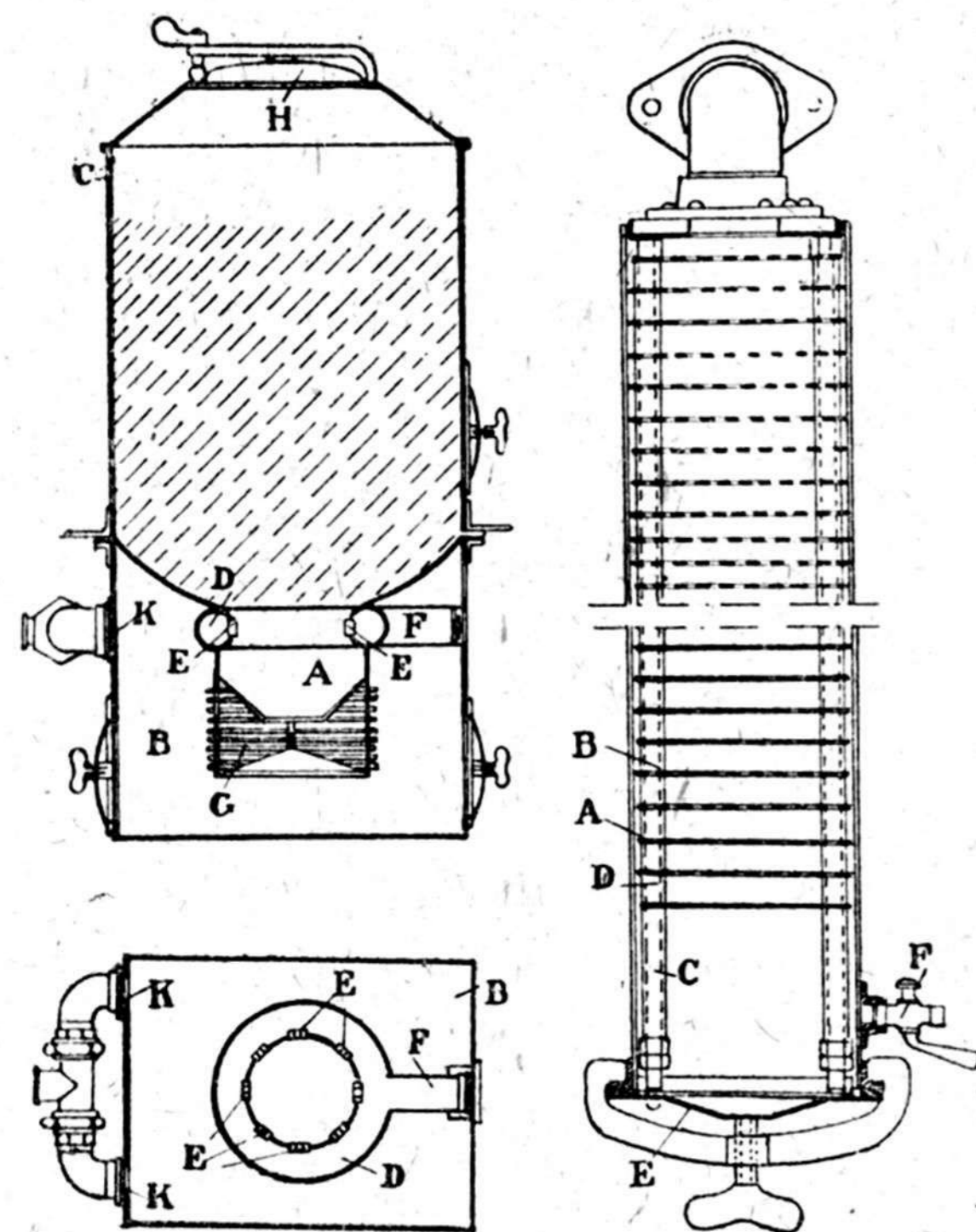


Рис. 1 и 2.

Очиститель (рис. 2) представляет собою ряд цилиндрических сосудов (3—4). Каждый сосуд имеет ряд решеток *B*, укрепленных на общих тяжах *A* на расстоянии *D*, которое может быть увеличено или уменьшено. Система решеток выполнена из листового железа и может быть извлечена из очистителя вместе с крышкой *E* для удаления пыли. Кран *F* служит для спуска конденсата.

Очищенный газ до подхода к мотору смешивается в опре-

деленной пропорции с воздухом, количество которого регулируется обыкновенным дросселем.

Всасывающий вентилятор *C* служит для раздувки газогенератора и подачи газа к мотору. В начале действия вентилятора газ, проникая через очиститель и вентилятор, выбрасывается наружу. После пробы газа путем поджога сообщение с вентилятором прекращается помощью особого крана; вся система до двигателя будет заполнена газом, а потому достаточно небольшого всасывания для получения зажигания в цилиндрах, при наличии удачной комбинации „газ — воздух“.

Возможен также пуск двигателя на жидком топливе и подсос газа с постепенным переводом мотора на газовую смесь. Однако при высоких степенях сжатия лучше применять спирт с бензином или бензол вместо одного бензина, во избежание детонации.

Если автомобильный двигатель приспособлен для работы на газе и жидком топливе, то в этой конструкции имеются следующие приспособления.

1) Смеситель для газа с отдельной подачей воздуха через особый дроссель.

2) Обычная система с карбюратором для получения горючей смеси из жидкого топлива.

3) Общее приспособление для количественной регулировки обеих смесей (бензиновой и газовой), производимой одним акселератором от сиденья шоффера.

4) Переходный кран с жидкого горючего на газ, перемещение которого происходит от одной рукоятки на щите управления.

Газогенератор Берлие, вследствие обратного процесса,

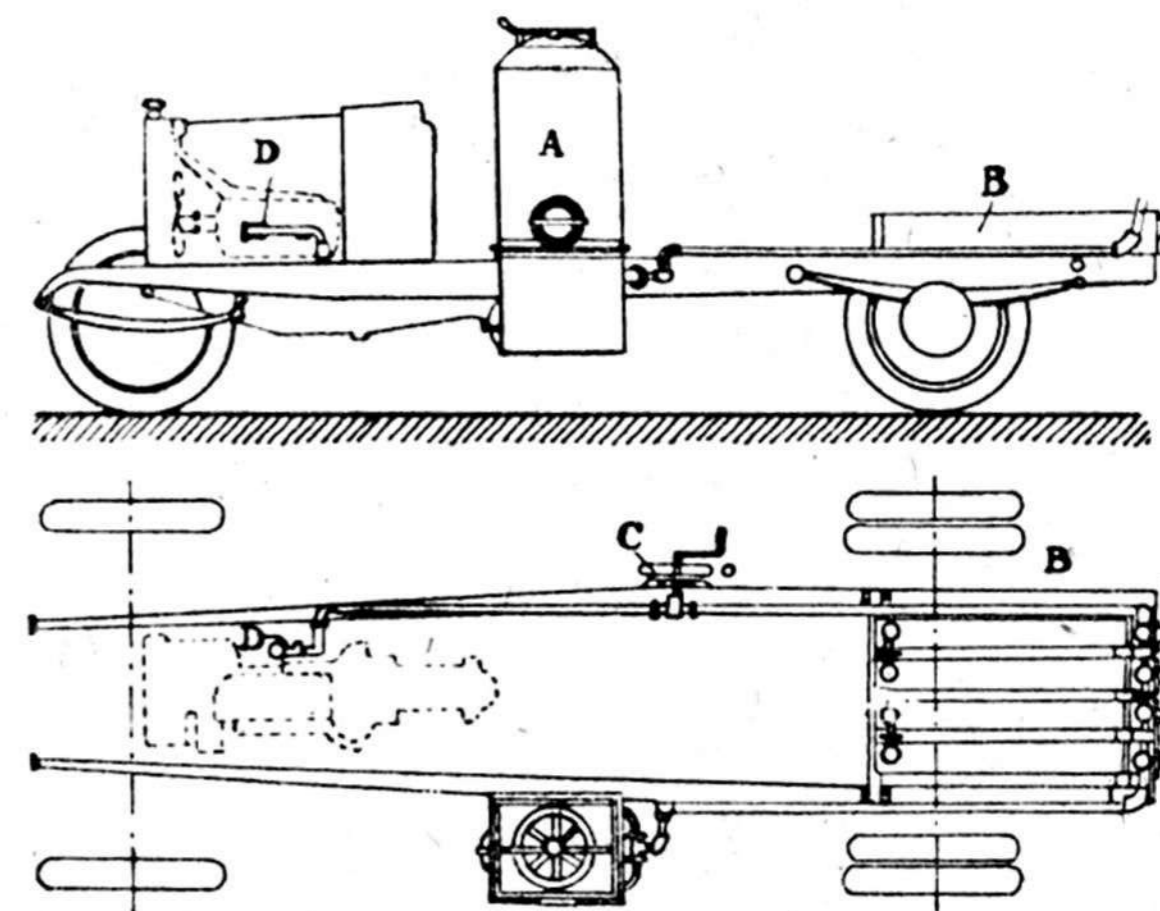


Рис. 3 и 4.

дает возможность использовать дрова средней степени сухости; выделяющийся при этом пар реагирует с нагретым углеродом, обогащая газ водородом. Температурные условия в верхней части шахты таковы, что выделяющиеся смолы частично сгорают или разлагаются. Вследствие этого вышеописанное очистительное устройство крайне просто и имеет целью отделить пыль и конденсировать пары. После прохождения газа через очиститель он, достаточно охлажденным, поступает к мотору. Последнее обстоятельство весьма важно, так как влияет на увеличение плотности газа, а следовательно повышает наполнение и мощность двигателя.

Для разжигания газогенератора употребляется древесный уголь, которым загружается топливник, а остальная часть пространства заполняется дровами. После поджога угля раздувают газогенератор помощью ручного вентилятора около 3 мин. Когда проба газа путем зажигания будет удовлетворительна, переключают вентилятор на мотор и подают газ к мотору. Такая подготовка позволяет запустить двигатель с рукоятки. Если мотор не берет, очевидно необходимо изменить пропорцию воздуха. После минутной холостой работы двигателя для получения нормального режима газогенератора, автомобиль может считаться вполне готовым к отправке. Для разбираемой системы топливом служит дерево твердых пород, в кусках 4 см в стороне, влажностью 15 — 18%.

Необходимо избегать в пути длительных остановок автомобиля с холостой работой мотора, так как при этом газогенератор охлаждается, смолы слабо разлагаются, загрязняя трубопроводы и двигатель. При коротких остановках режим генератора быстро восстанавливается; при остановках не более 10 мин. мотор пускается с рукоятки от газа, сохранившегося в очистителе и трубопроводах. После остановок от $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{4}$ ч. необходимо произвести все вышеперечисленные операции по запуску в ход снова.

Газогенератор Панар и Левассор.

Как указывалось ранее, бензиновый двигатель при переходе на газ теряет в мощности около 30%, вследствие понижения теплотворной способности смеси.

Фирма Панар и Левассор, учитывая это обстоятельство при применении своего газогенератора к двигателю в 16 л. с.

расточила его цилиндры с 85 мм до 105 мм, вследствие чего увеличился объем, а следовательно и мощность двигателя.

Газогенератор (рис. 5) Панар и Левассор осуществляет



Рис. 5.

обратный процесс на древесном угле. Древесный уголь является топливом более компактным, чем дрова, газ из него получается легче, богаче и проще. Процесс ведется без пара, что значительно упрощает обслуживание, очистку газа и т. п.; газ получается более сухой с незначительным количеством пыли, которая вполне удовлетворительно задерживается очистителем (1 мг на 1 м³ газа).

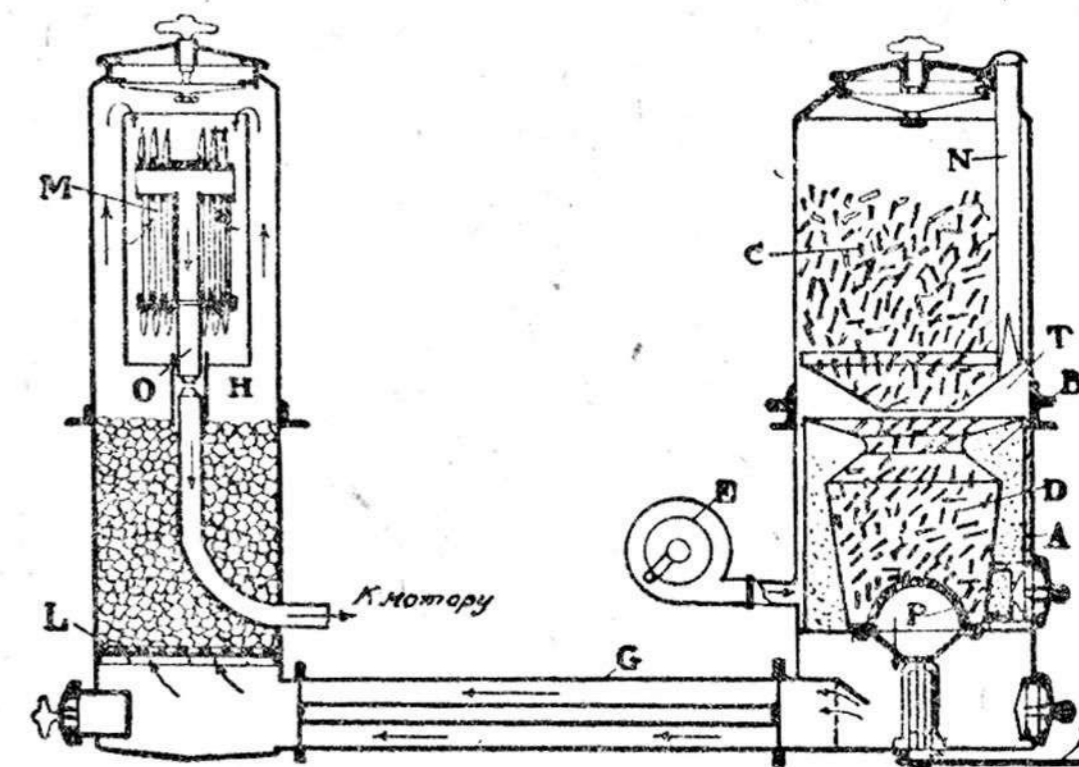


Рис. 6.

Газогенераторное устройство П.-Л. состоит из 4 частей: газогенератор, охладитель, очиститель и смеситель. Первые три части образуют один блок и крепятся шарнирно к шасси автомобиля; газогенератор располагается по левую сторону, а очиститель — по правую. Газогенератор (рис. 6) выполнен из листового железа А, усиленного в нижней части огне-

упорной футеровкой *B*. Верхняя часть представляет собою загрузочный резервуар *C*. Уголь сгорая опускается в шахту *D*. Воздух всасывается под действием мотора через отверстие *E* у вентилятора, проникая через кожух в конусную щель *T*; воздух подогреваясь охлаждает стенки кожуха и газогенератора, не допуская его перегрева, опасного для деревянных частей кузова автомобиля. Охлаждение газа выполняется при помощи трубчатого радиатора.

Очиститель *H* сухой, в котором газ, проходя снизу вверх, очищается через кокс, лежащий на решетке *L*. В верхней части очистителя помещен матерчатый фильтр *M*, где задерживается пыль, после чего газ поступает в смеситель.

Смеситель состоит из трехходового крана, открывающего сообщение мотора или с карбюратором, или с трубой газовой смеси, имеющей два ответвления: одно сообщается с газом, другое—с воздухом. Это устройство позволяет обходиться одним акселератором для количественной регулировки как бензиновой, так и газовой смеси. Кроме того имеется кран добавочного воздуха.

Разжигание газогенератора занимает несколько минут. Кладут уголь на решетку, разжигают и действуют вентилятором *E*; дым удаляется в трубу *N*. Затем мотор пускают на смеси и, по получении хорошего газа, переходят на газ. Газогенератор может быть оставлен гореть ночью, благодаря наличию трубы *N*, через которую удаляются продукты горения. Утром достаточно встряхнуть решетку топливника помощью рукоятки *S* и подуть некоторое время вентилятором, чтобы получить газ. Чистка фильтра заключается в вытряхивании материи через каждые 1000 км пробега. Очистка газогенератора состоит в освобождении его топливника от накопившихся шлаков.

Грузовой автомобиль П.-Л., на 4,5 т полезного груза и общем весе в 8 т, в пробеге на 100 км показал расход: вместо 30 л бензина, древесного угля кучного — 48 кг, а ретортного — 42 кг.

Газогенератор Автогаз тип Р.

Газогенератор Автогаз тип Р был сконструирован французским обществом газогенераторов для грузовика фирмы Деваль (рис. 7 и 7-а) с мотором повышенного сжатия до 7,5. Этот газогенератор дает газ, обогащенный водородом, теплотвор-

ной способностью около 1300 кал и работает на древесном угле.

В исполненных системах газогенераторов Автогаз, газ

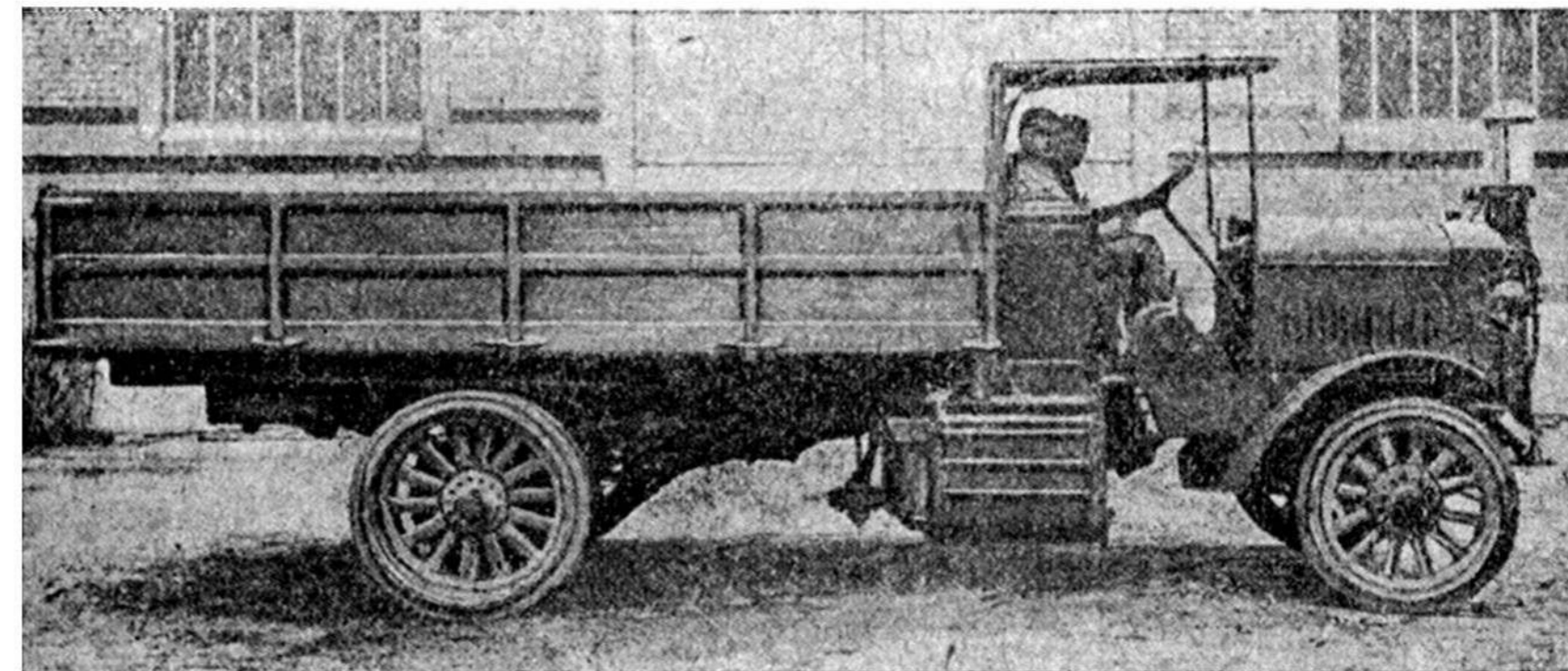


Рис. 7.

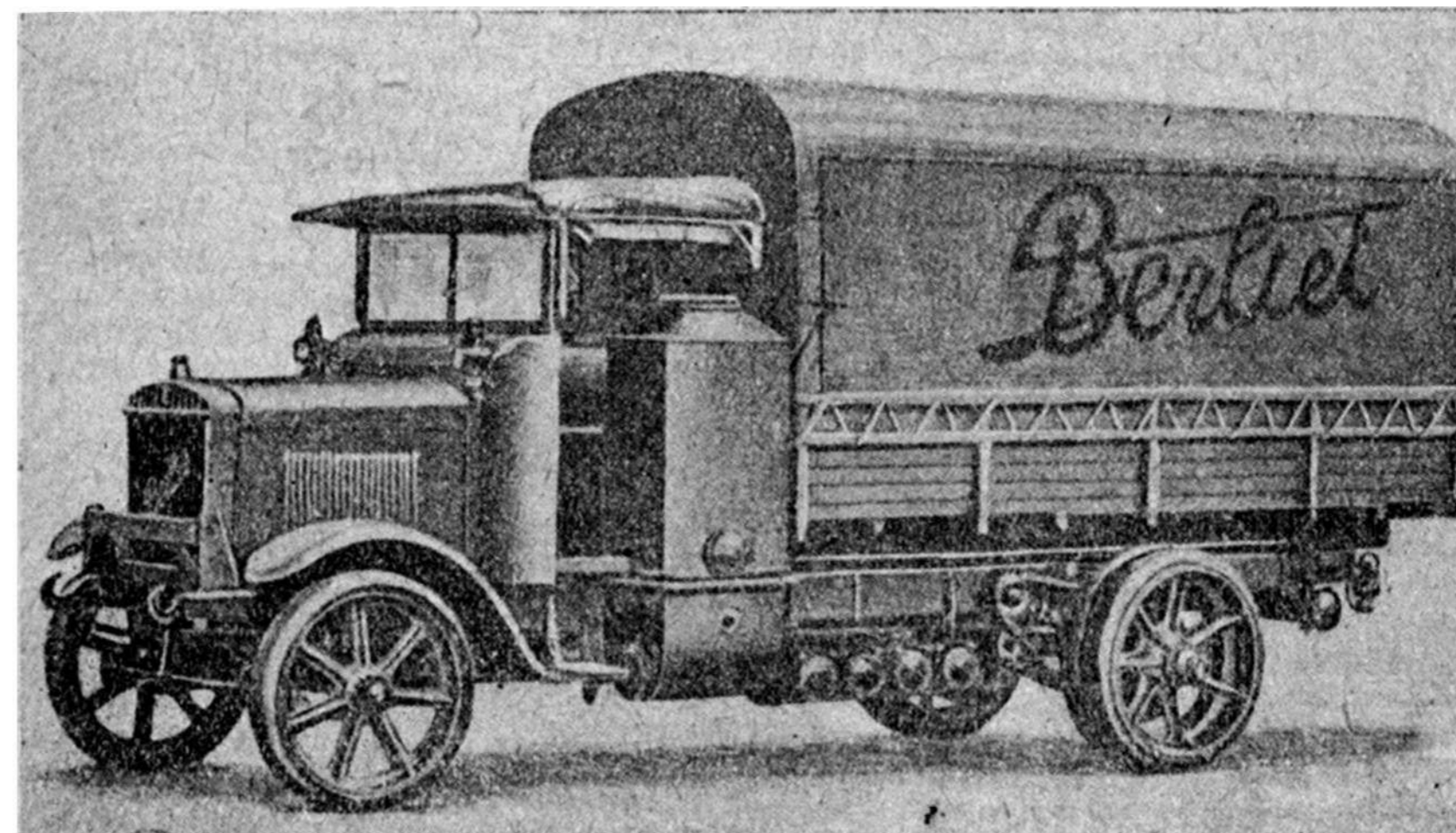


Рис. 7-а.

после охлаждения, промывки и фильтрации поступает в особый смеситель, где соответствующая порция воздуха, необходимого для его сгорания, добавляется автоматически. Этот смеситель допускает работу на жидком топливе и не требует особо сложных регулировочных приемов со стороны

шофера. Таким образом система газогенератора Автогаз состоит: из газогенератора, охладителя, испарителя, пылеотделителя и смесителя; кроме того имеется для раздувки газогенератора вентилятор.

Газогенератор (рис 8 и 9) состоит из 5 частей, выполненных из листового железа. Воздух при всасывании мотором проникает через отверстие *F* между двойными стенками *C* и, захватывая по пути пар, проникает по трубе *H* в зольник *B*. Генераторный газ из пазухи *K* проходит в полость *L*, где и отдает часть тепла на испарение воды в сосуде *G* и затем поступает в очиститель. Клапан *N* на трубе *H*

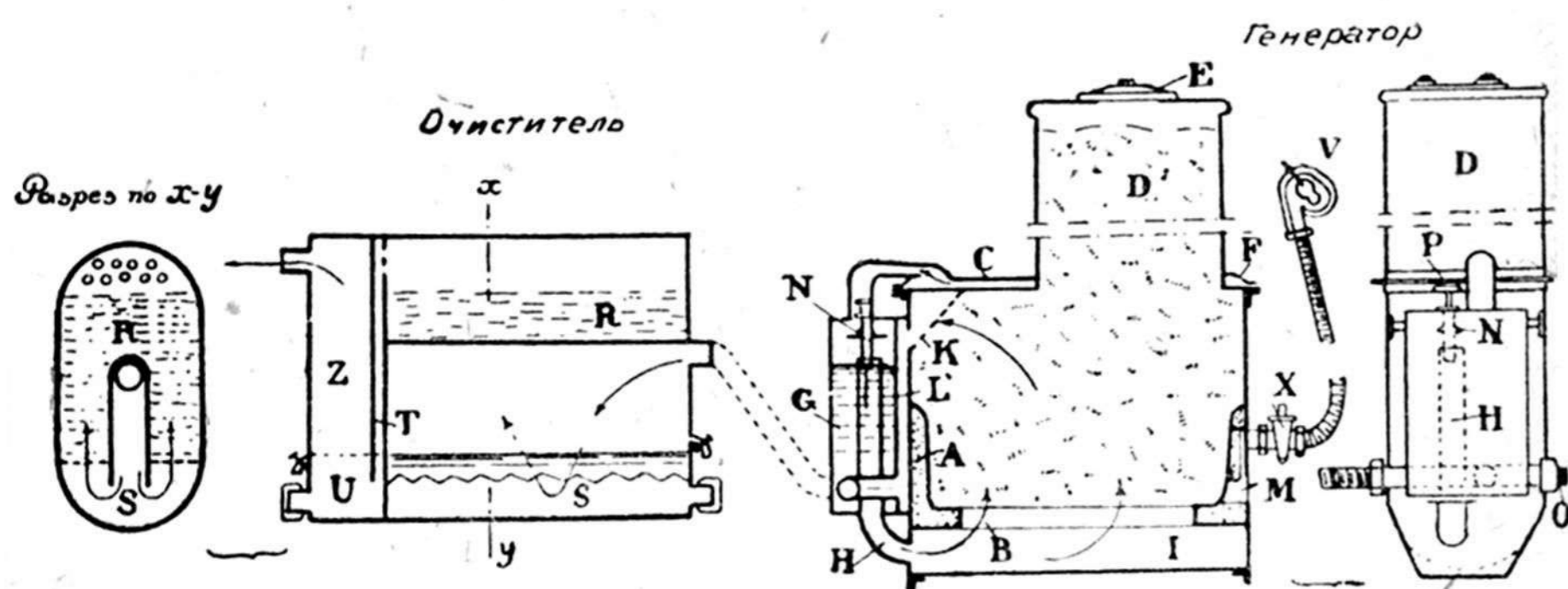


Рис. 8 и 9.

служит для закрытия ее при работе вентилятором. Очиститель состоит из двух отделений. В первом отделении газ проходит через гидравлический затвор в нижней части *S* и потом через измельченную пробку, заложенную на решетках *R*, где оставляет большую часть пыли. Затем газ промывается во втором отделении в масле и керосине, помещенном в *U*, а в верхней части *Z* газ оставляет капельки влаги на стружках. После указанной очистки газ направляется в смеситель.

Смеситель (рис. 10) позволяет работать на жидком топливе, на газе и на смеси газа с карбюрированным жидким топливом. Расположение дросселей для осуществления указанной работы ясно из чертежа. Система газогенераторного устройства Автогаз может быть смонтирована на шасси автомобиля в любом порядке, так как отдельные части ее связаны между собою гибкими шлангами. При этом только

необходимо располагать отдельные части таким образом, чтобы жидкости и влага не могли попасть в двигатель.

Перед раздувкой генератора закрывают клапан *N* (рис. 10), открывают кран *X* и контрольную пробку *O*, поджигают уголь и дуют вентилятором *V*. Когда газ будет готов, закрывают контрольную пробку *O* и нагнетают вентилятором газ до смесителя, наполняя им всю систему, после чего закрывают кран *X* и открывают клапан *N*. Затем, пустив двигатель на бензине, переходят на газ.

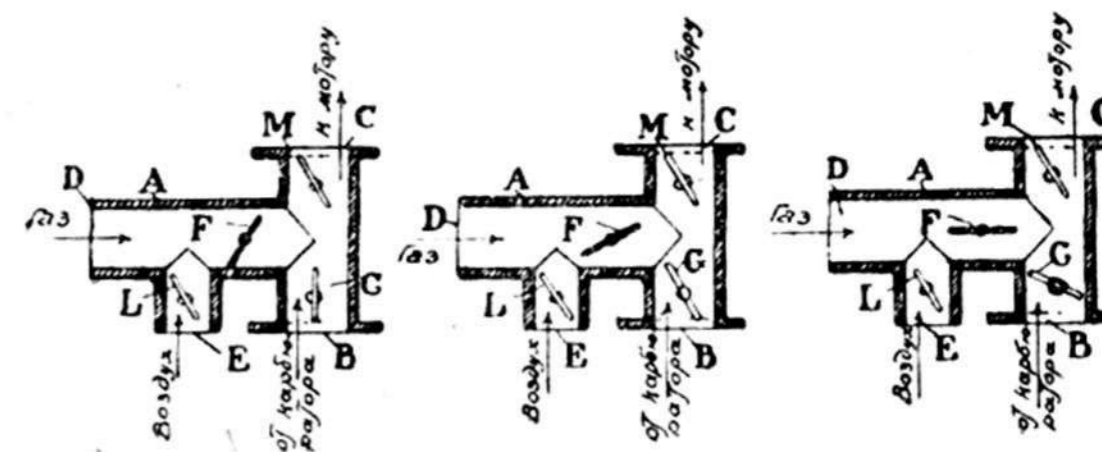


Рис. 10.

Фирма Автогаз строит также стационарные газогенераторы для легких двигателей от 10 до 45 л. с. Эти газогенераторы выполнены по тем же принципам, но снабжены приспособлениями, позволяющими осуществлять непрерывную их загрузку топливом без остановки двигателя.

Газогенератор Г. Е. Р. Е. А.

Газогенератор фирмы Г. Е. Р. Е. А. работает на древесном угле и осуществляет прямой паровоздушной процесс. На

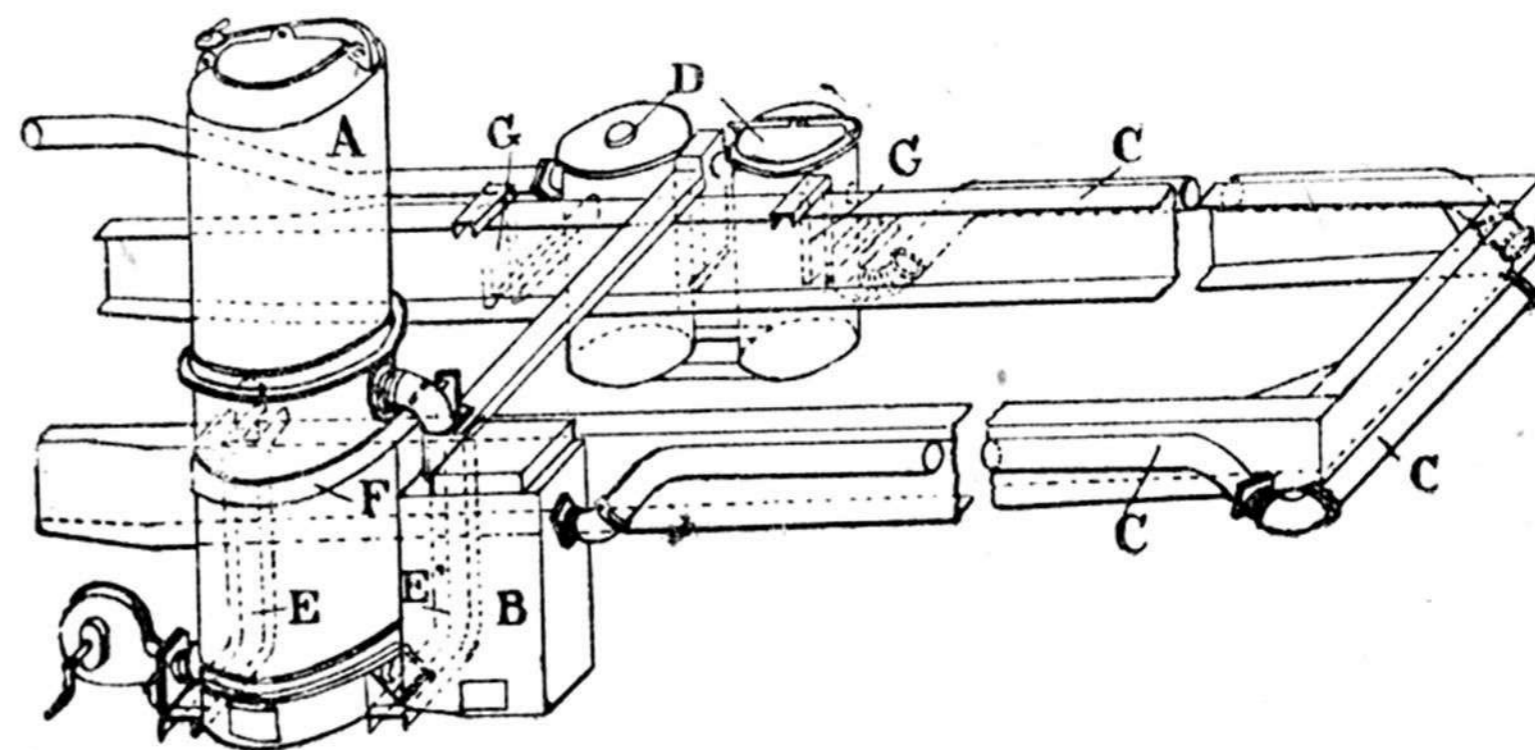


Рис. 11.

рис. 11 представлена установка газогенератора на шасси автомобиля. Газ, получаемый в газогенераторе *A*, проходит

через испаритель *B*, затем вокруг шасси по трубам *C* в очиститель *D* и наконец, получив необходимое количество воздуха в смесителе, поступает к мотору. Газогенератор и очистители расположены по обеим сторонам шасси автомобиля и укреплены на швеллерных балочках соответствующей формы: EE_1 и GG_1 и хомутами *F*. Топливник газогенератора *A* (рис. 12) выполнен из огнеупорного материала и заключен в кожух из листового железа. Между обмуровкой и кожухом заложен горный лен для уменьшения тепло-

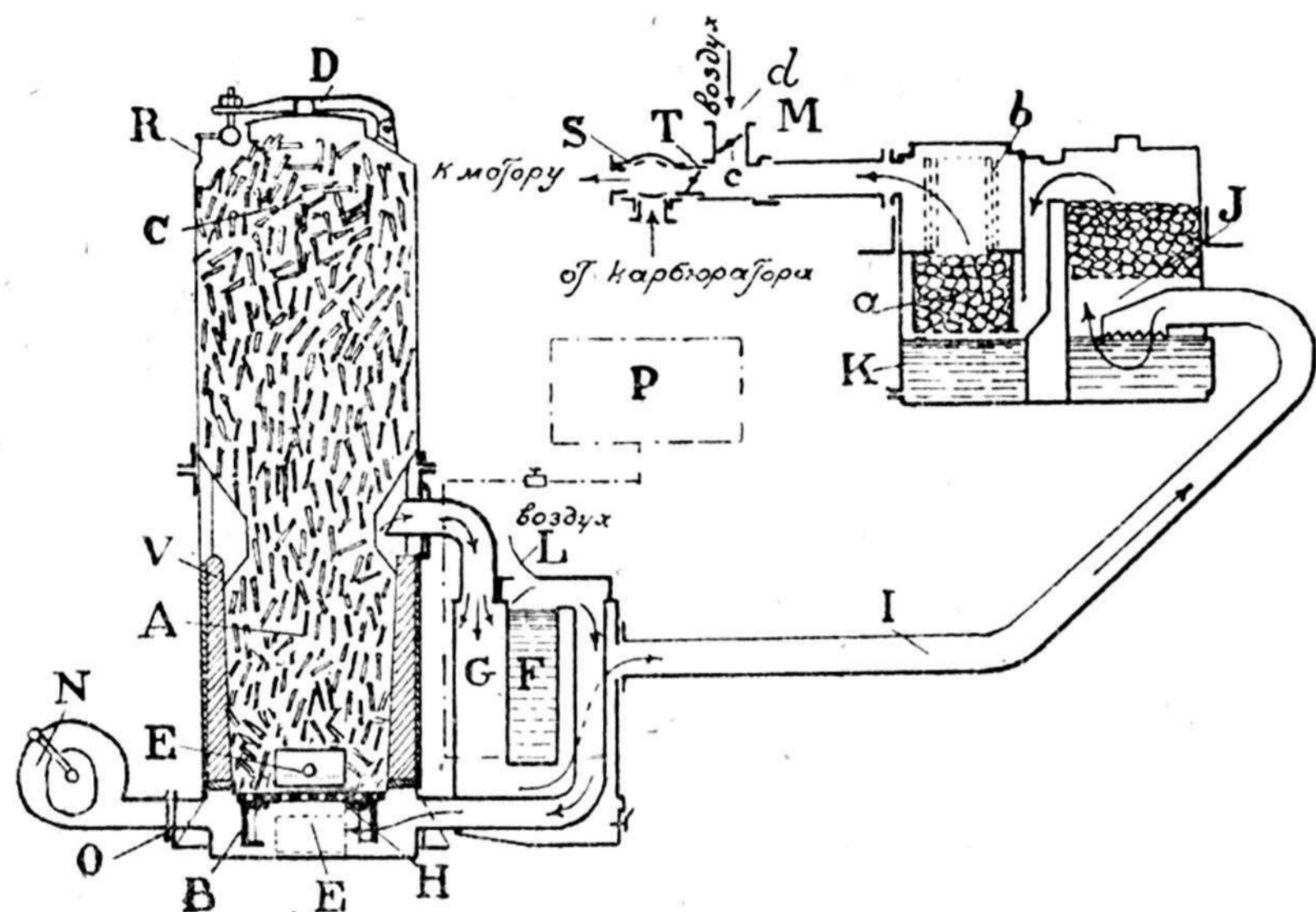


Рис. 12.

проводности и для амортизации; ниже расположена решетка *H*, покоящаяся на чугунном зольнике *B*.

Верхняя часть газогенератора *C* содержит запас топлива. Очистные дверцы *E* и E_1 дают доступ под решетку и зольник.

Испаритель имеет два тока газа: 1) Горячие газы, выходя из газогенератора, отдают часть тепла на испарение воды, заключенной в сосуде *F*, и на подогрев воздуха, поступающего под решетку. 2) Холодный воздух, всасываемый мотором, проникает через отверстие *L*, захватывает по пути пар, подогревается от стенок резервуара *G* и затем поступает в зольник.

Трубопроводы *I*, проходящие вокруг шасси, служат для охлаждения газа и осаждения остатков смол.

Очиститель состоит из двух цилиндрических сосудов *J* и *K*. Газ, всасываемый по трубе *I*, проникает через зубчатый гидравлический затвор в сосуде *J*, проходит через слой металлических стружек, смоченных маслом, поступает в сосуд *a* с пористой массой и наконец, пройдя смолоотделитель *b*, попадает в смеситель *M*.

К газу, поступающему в смеситель *M*, примешивается воздух через трубу *D* с дросселем. Дроссель *T* связан с акселератором общей тягой, от которой приводится в действие дроссель бензиновой смеси. Для перехода с бензина на газ и обратно служит 3-ходовый кран *S*, поворот которого производится рукояткой, монтированной на щите управления.

Для раздувки газогенератора пользуются вентилятором *N*, для чего, открыв регистр *O* и трубу *R*, вдувают воздух под решетку. Через несколько минут раздувки двигатель может быть пущен прямо на газе. Не исключается возможность запуска двигателя на бензине с отправкой автомобиля в путь, с последующим переходом на генераторный газ в пути. На больших подъемах рекомендуется обогащать газ бензиновой смесью. Газогенератор может оставаться на ночь при открытой трубе *R*. Если вечером после поездки догрузить топливо, то утром достаточно раздуть вентилятором газогенератор, чтобы через несколько минут получить газ. Для описываемой конструкции употребляется древесный уголь, с содержанием влаги 10—20%, причем получается газ 1300 кал/м^3 .

В выполненных конструкциях газогенераторов Г. Е. Р. Е. А. расход древесного угля $1,25 \text{ кг}$ соответствует расходу 1 л бензина. Газогенераторы данной конструкции выполняются 3 модели: для моторов 20, 30 и 40 л. с., весом 200, 250 и 300 кг.

Газогенератор Vigreux Г. Е. Р. Е. А. для полугрузовика Форд.

В газогенераторах Vigreux Г. Е. Р. Е. А. используется как растительное топливо, так и каменные угли, древесный уголь, антрациты, кокс и даже торф (около 20% влажности). В газогенераторах Vigreux осуществляется обратный процесс. Воздух проникает через *A* (рис. 13) в центральную трубу *B*,

откуда по ряду распределительных труб *C* попадает на горящий конус топлива *E*. Вступая в реакцию с нагретым углем, воздух в виде газа проникает в зону раскисления *F*, в которой топливо коксовалось и выделение смол закончено. Горячий газ, выходя из *F*, обогревает по пути всасывающие трубы *B* и наконец поступает в зольник и трубу *G*.

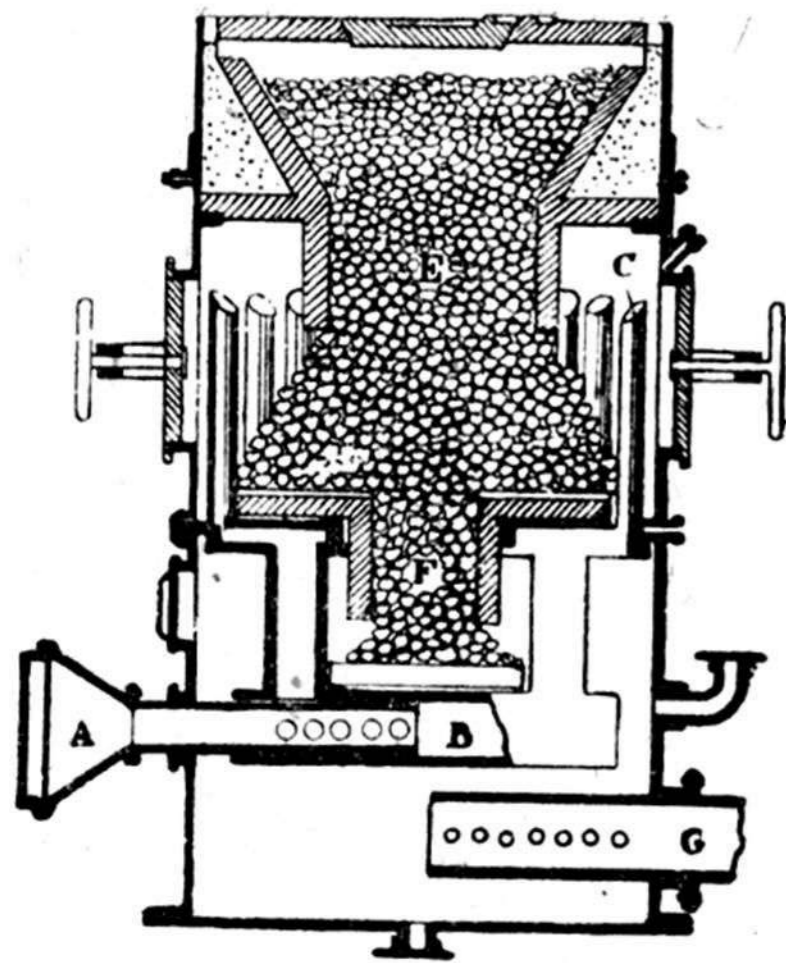


Рис. 13.

Очистка газа происходит помощью ряда аппаратов (рис. 14). По выходе из газогенератора газ направляется в конденсатор-рекуператор *B*, где он подогревает воздух, поступающий в топливник; затем газ поступает по труб-

чату радиатору *C*, где он охлаждается и только после

этого попадает в очиститель *D* особой конструкции.

В этом очистителе газ осаждаёт пыль, очищается от смол и после сушки на матерчатых фильтрах поступает к двигателю.

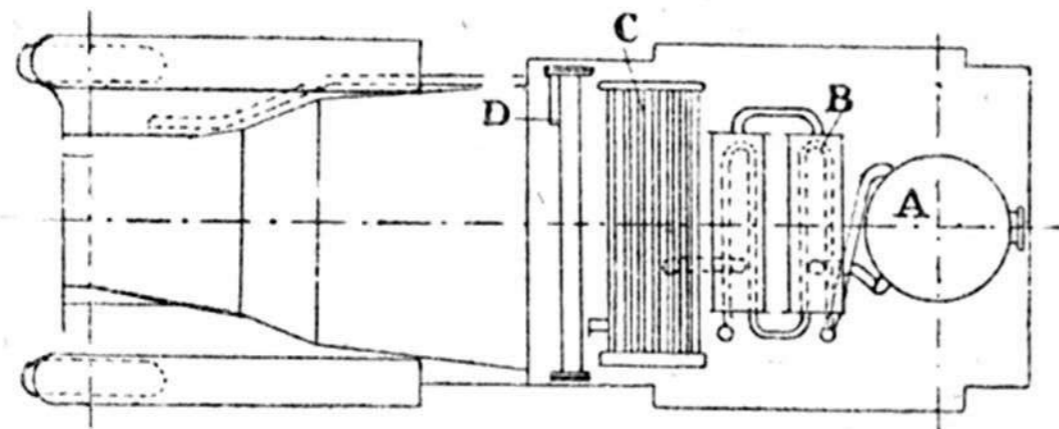
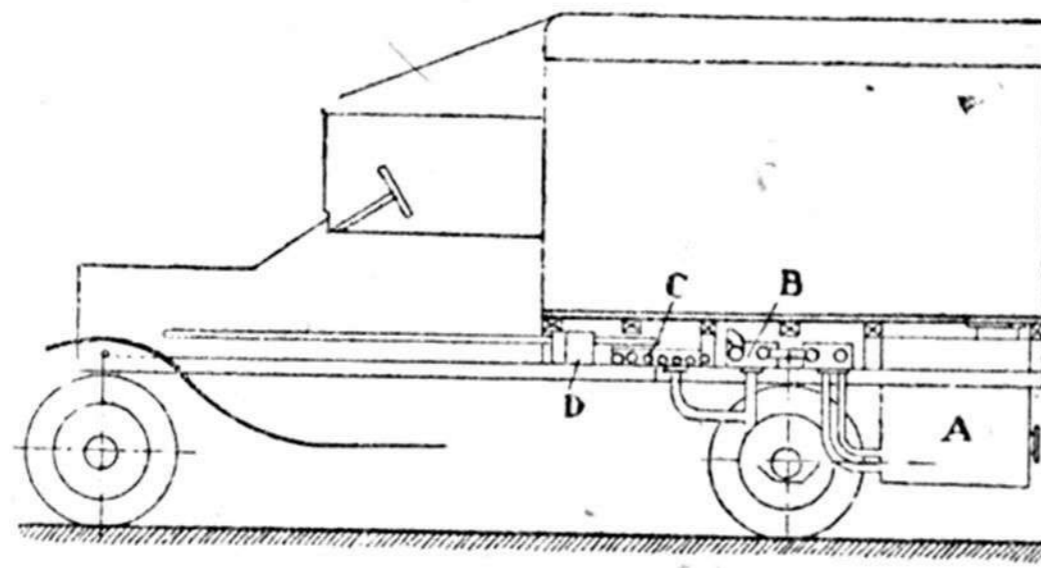
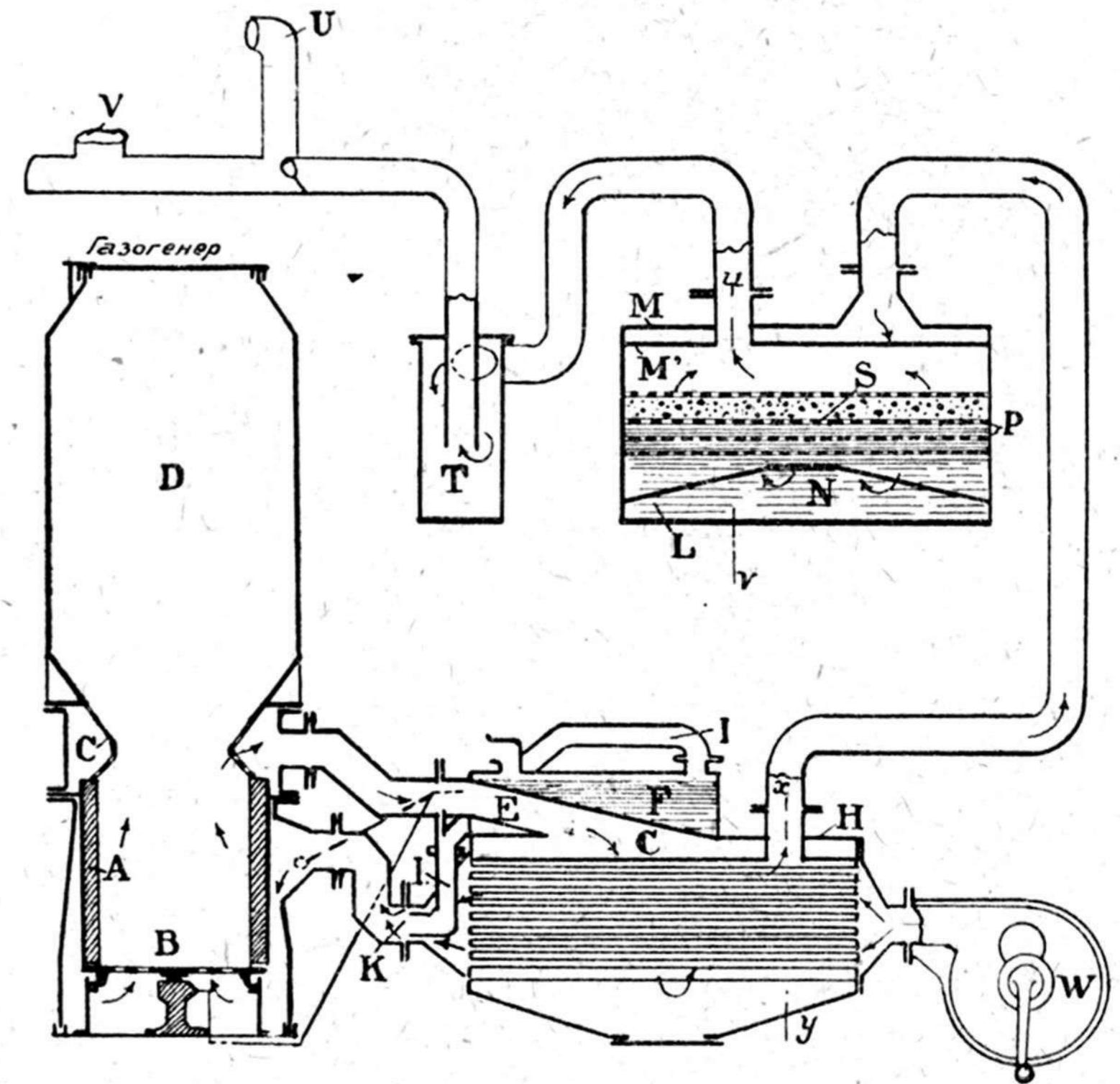


Рис. 14.

Газогенераторы Е. Т. I. А.

Газогенераторы этой конструкции работают на древесном угле по принципу прямого процесса с впуском пара (рис. 15). Очистка газа происходит путем отделения пыли с последующей промывкой. Топливник *A*

выполнен из огнеупорной графитовой массы; *B* — подвижная решетка. Концентрический конус *C* с отверстиями слу-



Разрез по x-y

Разрез по u-v

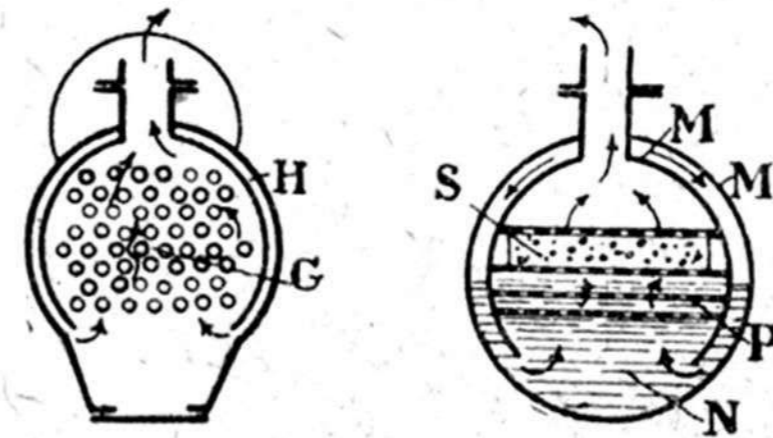


Рис. 15.

жит для сбора выходящего газа; *D* — резервуар для загрузки топлива.

По выходе из газогенератора горячий газ направляется

в трубу *E* мимо подогревателя *F*, затем между трубками *C* (рис. 15) пылеотделителя *H*, охлаждается и осаждает пыль вследствие изменения скоростей и изменения направления тока. Водяной пар образуется в подогревателе *F* за счет теплоты отходящего газа. Пар проникает по трубе *I* до ежектора *K*, где он захватывается воздухом, всасываемым в газогенератор мотором, после предварительного подогрева его в трубках *C* пылеотделителя.

Так как вначале испаритель *F* не производит пара, а дает его после 15 мин работы мотора, то для запуска и образования пара в этом случае имеются два крана: один дает две-три капли в секунду в трубу, по которой всасывается воздух, другой—под решетку топливника газогенератора. Кроме этих двух кранов имеется третий, который снабжает испаритель *F* водой в пути, по 5 капель в секунду, для пополнения непрерывного расхода.

Для дальнейшей очистки газ направляется в промыватель *L*, представляющий собою два концентрических цилиндра *M* и *M'*. Сначала газ проходит по концентрической щели между цилиндрами, затем через воду *N*, решетки *P* и через гравий *S*. Охлажденный и очищенный от пыли газ поступает в сепаратор *T*, в котором ему придается вихревое движение для отделения влаги, и затем он смешивается с воздухом и поступает в двигатель. *U* и *V*—отверстия для доступа воздуха к мотору, причем отверстие *V* снабжено автоматическим клапаном.

Для раздувки газогенератора пользуются вентилятором *W*. Древесный уголь разжигают стружками, дуют вентилятором около 5 минут и при открытой загрузочной дверце постепенно прибавляют топливо слоями. Затем закрывают загрузочную дверцу и нагнетают газ в очистительные приспособления для удаления из них воздуха. После этого пускают двигатель на жидком топливе и, постепенным подсосыванием газа, добиваются непрерывной работы мотора от газогенератора, после чего мотор разобщают от карбюратора.

Если остановки в пути не более 3—4 мин., то действовать вентилятором не нужно; в случае более длительных остановок процесс пуска должен быть выполнен как указано. Во время остановок краны, подающие воду, должны быть закрыты.

Необходимо избегать понижения уровня топлива на решетке ниже сборной пазухи *C*, так как вследствие высоких

температур может произойти повреждение облицовки топливника и вышележащего конуса. Также необходимо избегать частого опорожнения газогенератора, чтобы не со-

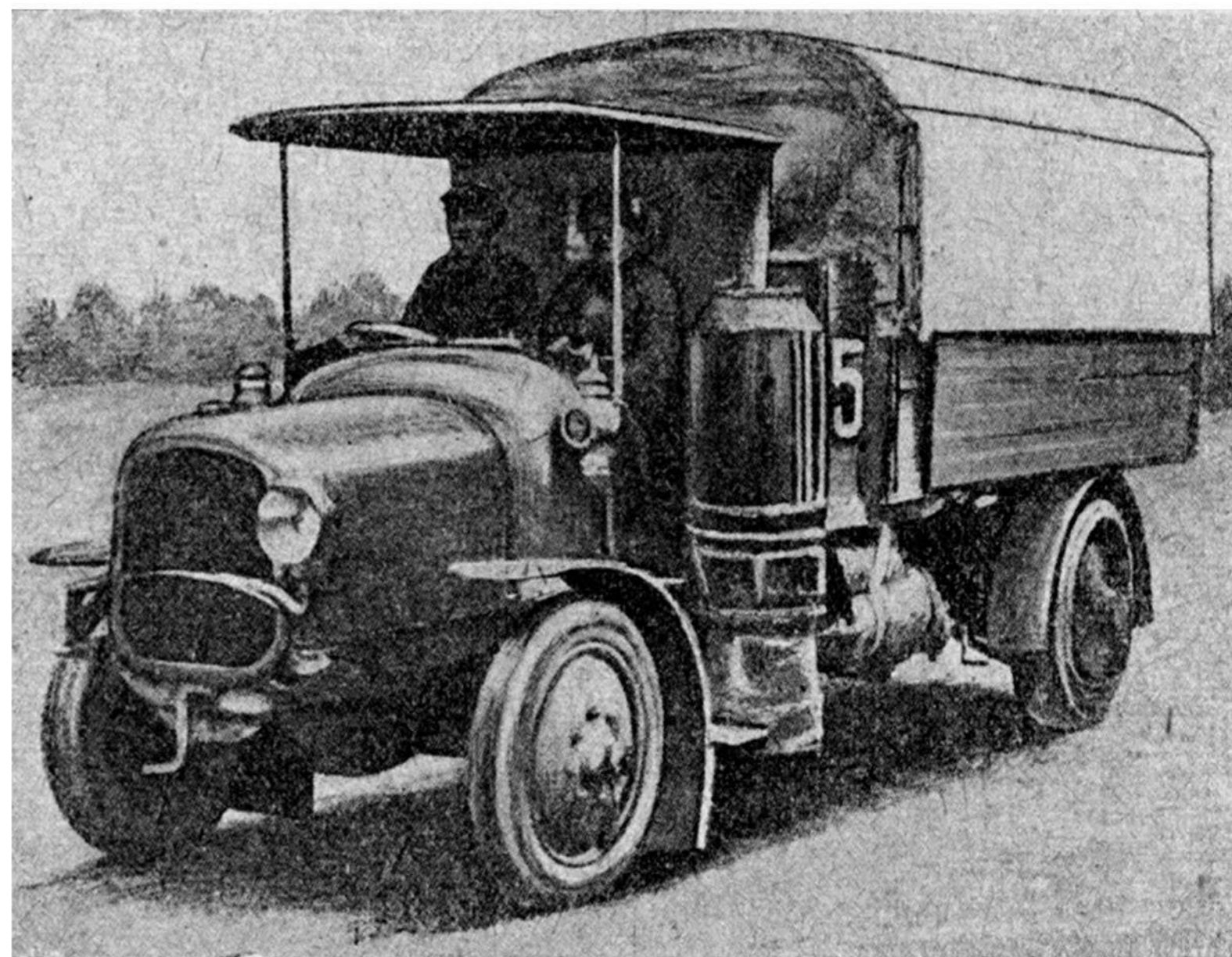


Рис. 16.

здавать резких температурных изменений, вредно действующих на огнеупорную обмуровку.

Вес загруженного газогенератора — 245 кг.

Грузовик Delahaye (рис. 16) с газогенератором Е. Т. I. А. с 4-цилиндровым двигателем 110 × 150 мм, 26 л. с., во время испытаний расходовал 570 г древесного угля на с/ч, 0,13 л воды на получение пара, и, на промывку газа за 3 часа работы, около 20 л воды.

Газогенератор Рено.

Газогенератор Рено работает на дровах, древесном угле и карбоните. Карбонит представляет собою брикеты древесного угля; плотность его в 4 раза больше плотности древесного угля и в два раза больше плотности дерева; способность принимать влагу при средних атмосферных усло-

виях в 3 раза меньше чем древесного угля и в 6 раз меньше чем у дерева; по крепости карбонит подобен металлургическому коксу; рабочая теплотворность его около 8 000 кал, т. е. на 500 кал больше древесного угля и на 4 500 кал больше дров.

Карбонит в генераторном процессе дает в газе от 15 до 18% водорода и метана с небольшим количеством паров воды и при полном отсутствии смол; зажигается в генера-

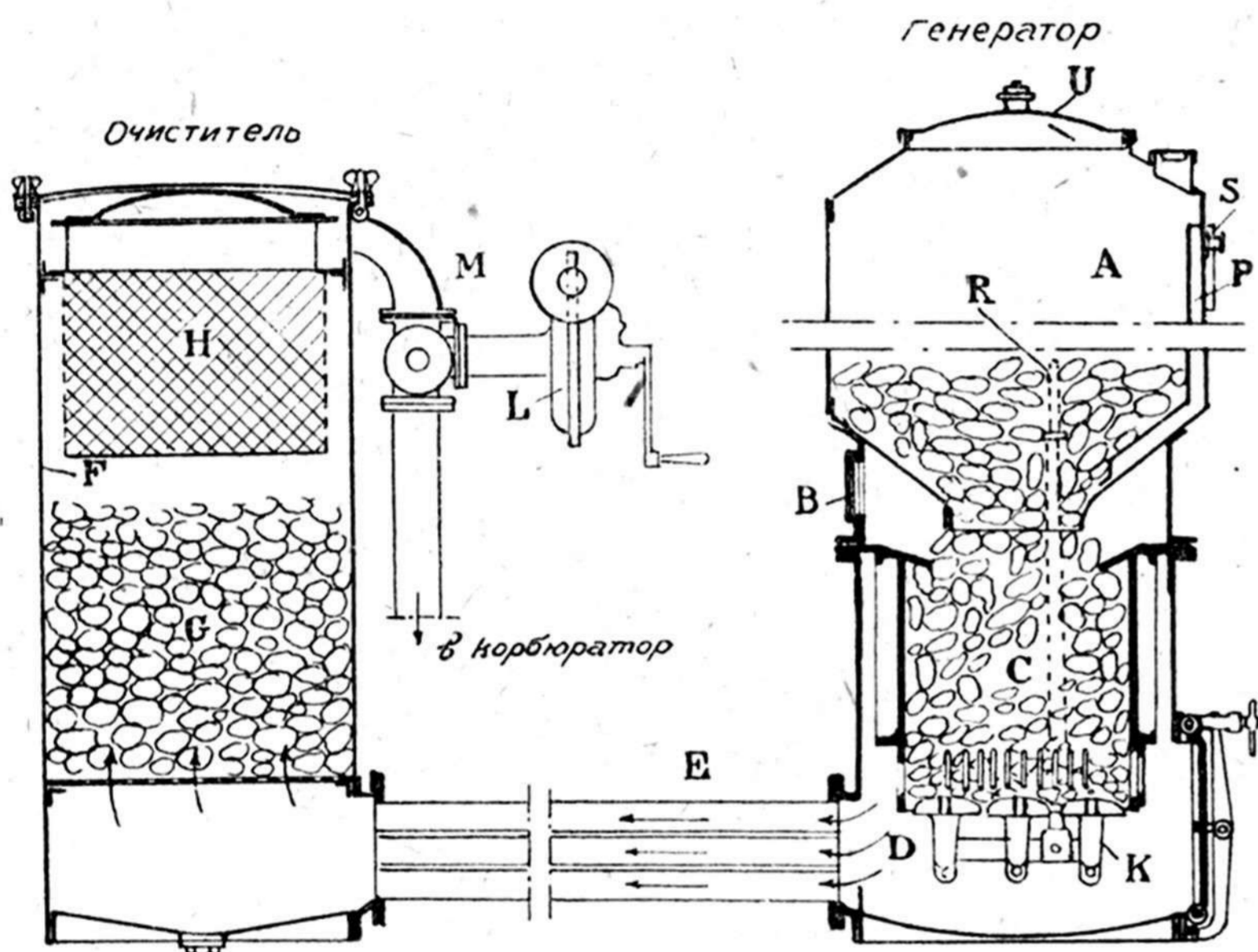


Рис. 17.

торе легко, при сгорании дает мало золы и пыли, а его эллипсоидальная форма обеспечивает большую плотность загрузки. Генератор Рекс состоит из 3 частей: генератора, очистителя и карбюратора-смесителя.

Газогенератор (рис. 17) осуществляет обратный процесс. Верхняя часть А представляет собою загрузочную шахту с запасом топлива на несколько часов работы, причем горючее может добавляться в ходу мотора.

Воздух, всасываемый двигателем, проходит через устье В в верхнюю часть топливника С; полученный газ поступает в зольник D и трубчатый радиатор E, где он охлаждается, попадая затем в очиститель F. В очистителе газ проходит через кокс G и матерчатый фильтр H, расположенный

в верхней части очистителя, и после этого направляется в карбюратор-смеситель. Смешивание газа с воздухом происходит в таком же карбюраторе, как и для бензина, но несколько измененном — необходимый воздух примешивается через автоматический клапан. Кран М служит для отсоединения газогенератора от мотора при работе вентилятором

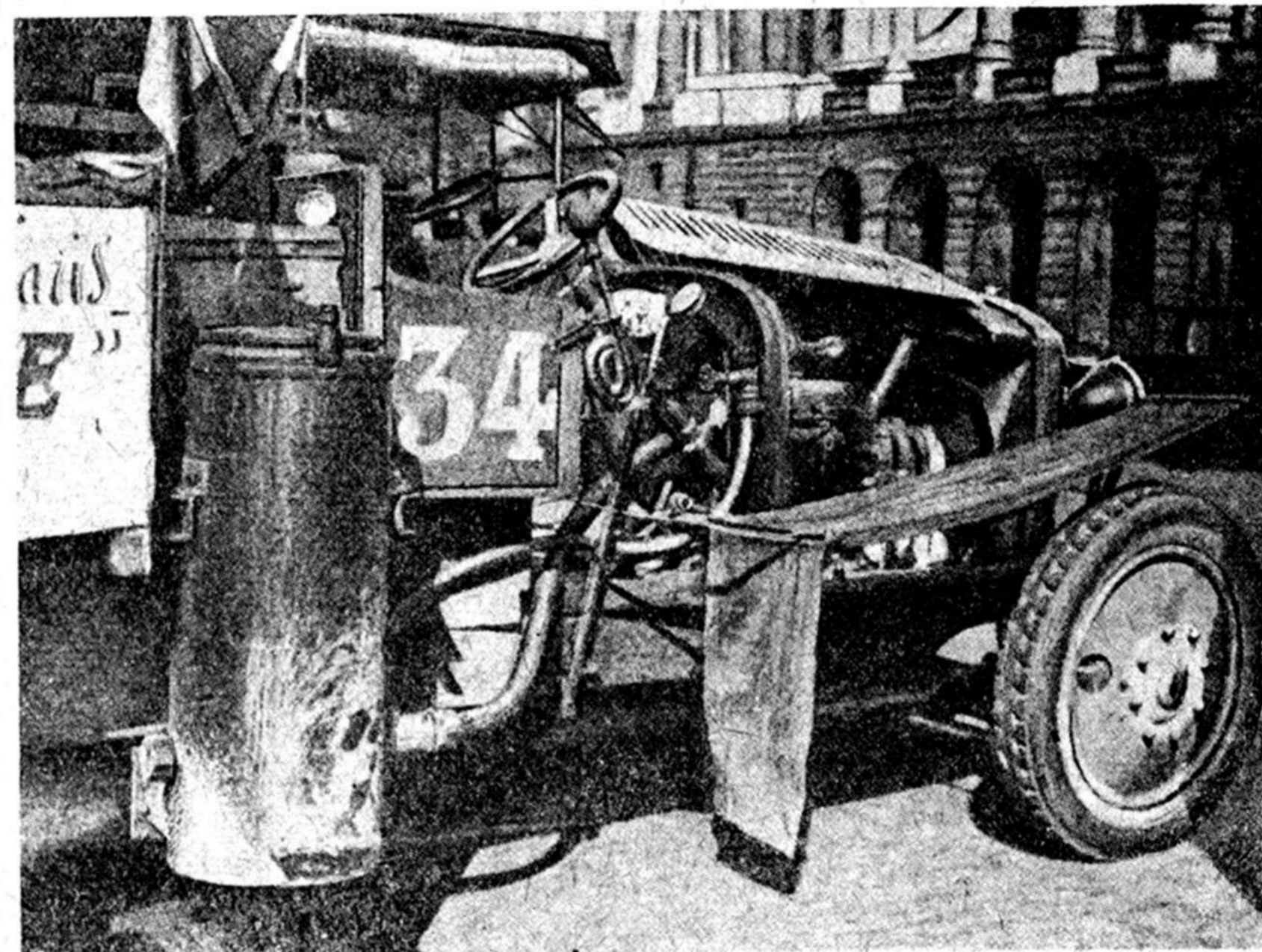


Рис. 18.

и для отсоединения всей системы от вентилятора во время работы двигателя на газе. Трубка Р служит для поддержания огня в газогенераторе во время остановок. Рукоятка R вращает колосники решетки для освобождения прозоров от золы. Прочистная дверца служит для чистки зольника и трубок радиатора. Очиститель очень прост — его можно ежедневно вынимать, встряхивать и очищать от пыли, кокс промывать водой через верхнее отверстие очистителя.

Газогенератор Рекс.

Газогенератор Рекс (рис. 18), установленный на грузовике Де-Дион-Бутон, вырабатывает паровоздушный газ. Воздух

до поступления в топливник подогревается, проходя между корпусом и кожухом газогенератора, захватывает по пути пар и, проникая через ряд мелких отверстий, расположенных по окружности газогенератора, попадает в верхнюю часть шахты. Генераторный газ получается обратным процессом; топливом служит карбонит.

Грузовик Де-Дион-Бутон с мотором 4 цилиндра 95×140 мм, с газогенератором Рекс, принимал участие в пробеге 1926 г., организованном Автомобильным клубом во

Газогенератор Барбье.

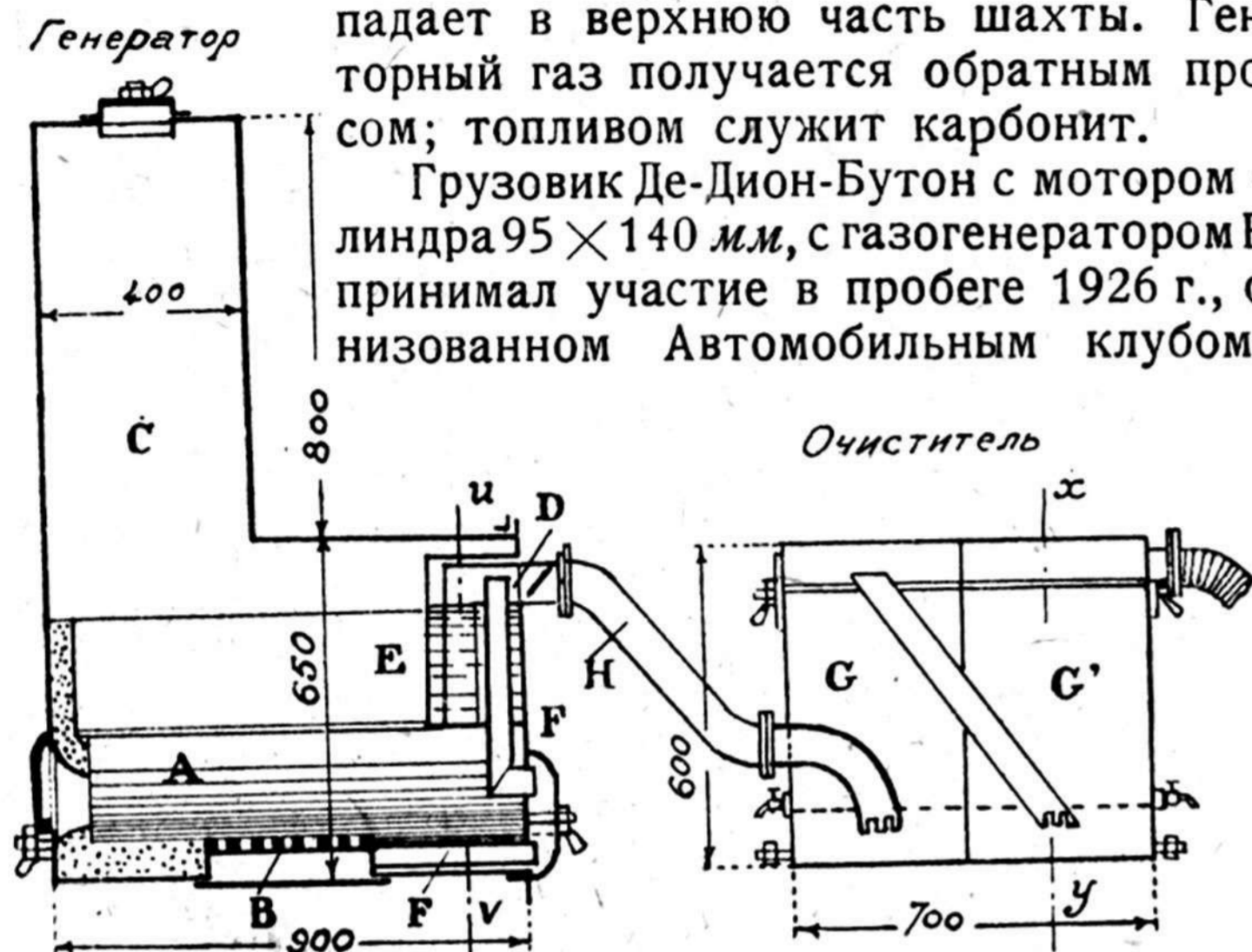
Этот газогенератор был выполнен для 1 т грузовика Форда по принципу обратного процесса на древесном угле. Топливник А (рис. 19) имеет форму призмы, ось которой расположена горизонтально, поперек шасси. Внизу находится зольник В, вверху — загрузочная шахта С. Воздух, проходя через отверстие D, захватывает пар в испарителе E и направляется по трубе F в зольник В под решетку и далее в топливник. Содержание водорода в газе зависит от степени испарения воды и режима мотора; чем больше всасывание, тем выше температура, тем интенсивнее испарение, а следовательно и больше выход водорода в газе. Емкость газогенератора 50 л достаточна на пробег в 50 км. Газ из газогенератора попадает в очиститель по трубе H; последний состоит из 2-х частей G и G', наполненных водой и маслом. В настоящее время газогенераторы Барбье дают расход древесного угля 23 кг на 100 км.

Газогенератор Шульц-Лорио.

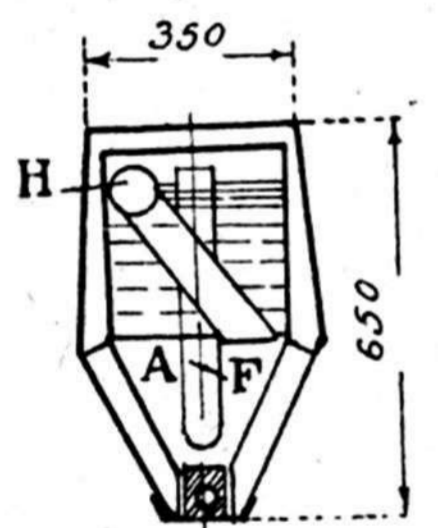
Этот газогенератор работает по принципу прямого процесса и состоит из трех частей: газогенератора, пылеочистителя и смесителя. Пылеочиститель имеет 4 камеры с 2-мя боковыми цилиндрическими отстойниками. Смеситель устроен таким образом, что он позволяет работать на бензине и газе. Регулировка газа производится особым золотником, позволяющим точно установить количество подаваемого газа, а также количество поступающей горючей смеси. Благодаря своей простоте этот газогенератор, установленный на автомобилях фирмы Sauger, получил довольно широкое распространение.

Газогенератор Вирзон.

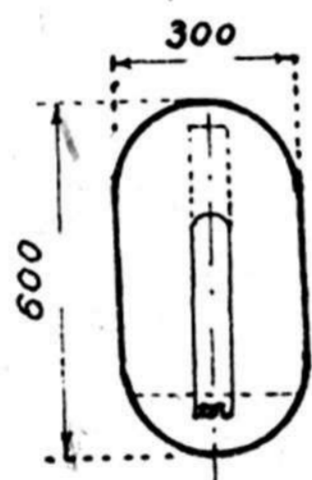
Газогенератор Вирзон (рис. 20) применяется к автомобилям Делаге. Фирма Вирзон строит эти газогенераторы как для дров, так и для смеси дров с углем. Для осуществления загрузки на ходу применяется обратный процесс, дающий возможность кроме этого утилизировать пары и сжечь смолы. Охлаждение газа и очистка его производится при помощи трубчатых радиаторов и сухих пылеочистителей.



Продольный разрез газогенератора и очистителя



Разрез по U-V



Разрез по X-Y

Рис. 19.

Франции. Полный вес грузовика составлял 4,5 т, а полезный — 2,5 т; при этом было пройдено 1300 км со средней скоростью 45 км/ч. Расход карбонита на 100 км выразился в 24—25 кг, а бензина — 28 л.

Газогенератор Вирзон расходует на 1 л. с. — 1,25 кг дерева при 20% влажности или 1,46 кг, при 40% влажности.

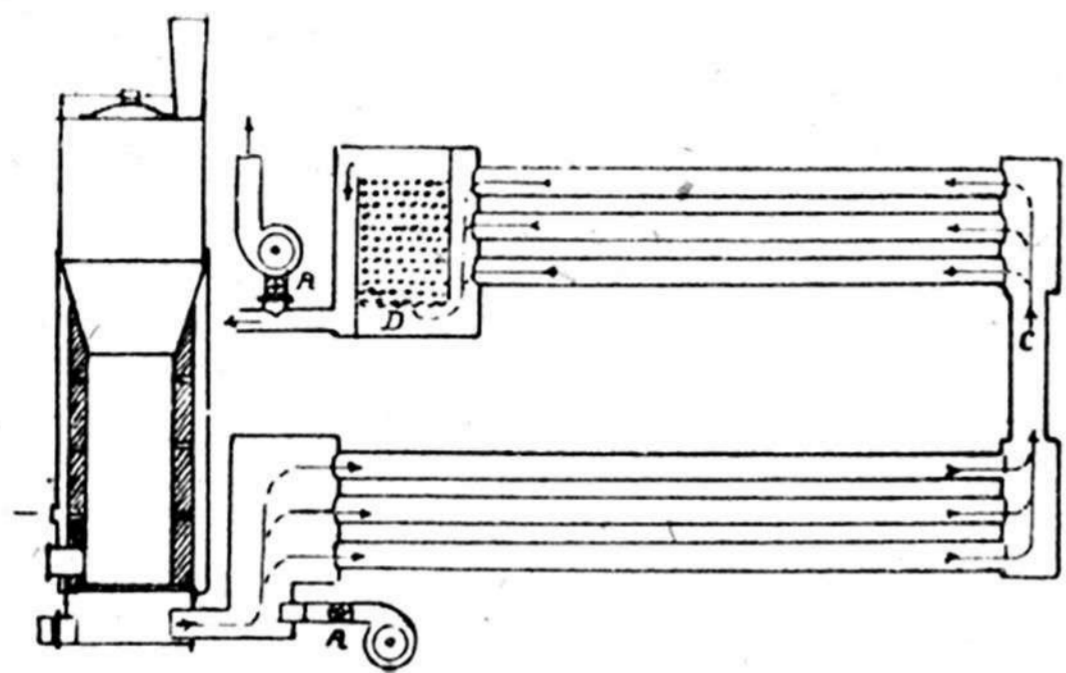


Рис. 20.

Газогенератор Альзо.

Газогенераторы Альзо (рис. 21) строятся с двойным топливником. В первом топливнике, с обратной тягой, осуществляется частичное горение дерева. Особый колпак *c*, окружающий этот топливник, служит для согревания воздуха, необходимого для горения. *t* — загрузочная воронка. Подвижные заслонки *d* служат для регулировки доступа воздуха. Решетка 1-го топливника сконструирована так, что пропускает только готовый уголь, получившийся от сгорания дров; этот уголь падает на решетку 2-го топливника *f'*, защищенного материалом *r*, непроводящим тепло. Под действием мотора образующийся газ просасывается через оба топливника и поступает в очиститель, состоящий из цилиндра *b*, наполненного железными стружками. Из очистителя газ поступает в конденсатор, он же охладитель, состоящий из ряда труб и ударных коробок *m*, в которых конденсируется влага. Для раздувки газогенератора служит ручной вентилятор, установленный на очистителе.

Генератор работает на дровах в виде деревянных кубиков 2,5 см в стороне. В первом топливнике дерево сгорает до угля, а во втором — горит провалившийся уголь и происходит процесс диссоциации. Зола проваливается в зольник *l* и может быть извлечена в ходу двигателя, вследствие наличия особой заслонки, шлюзующей зольник от газосборной камеры *e*. Газ, проходя через очиститель и конденсатор поступает в смеситель, где получает порцию воздуха для обра-

зования взрывчатой смеси. Помощью ручного вентилятора газогенератор Альзо может быть подготовлен в 2 минуты.

Вес газогенератора от 150 до 170 кг в зависимости от мощности мотора. Расход дров на силу/час около 1 кг.

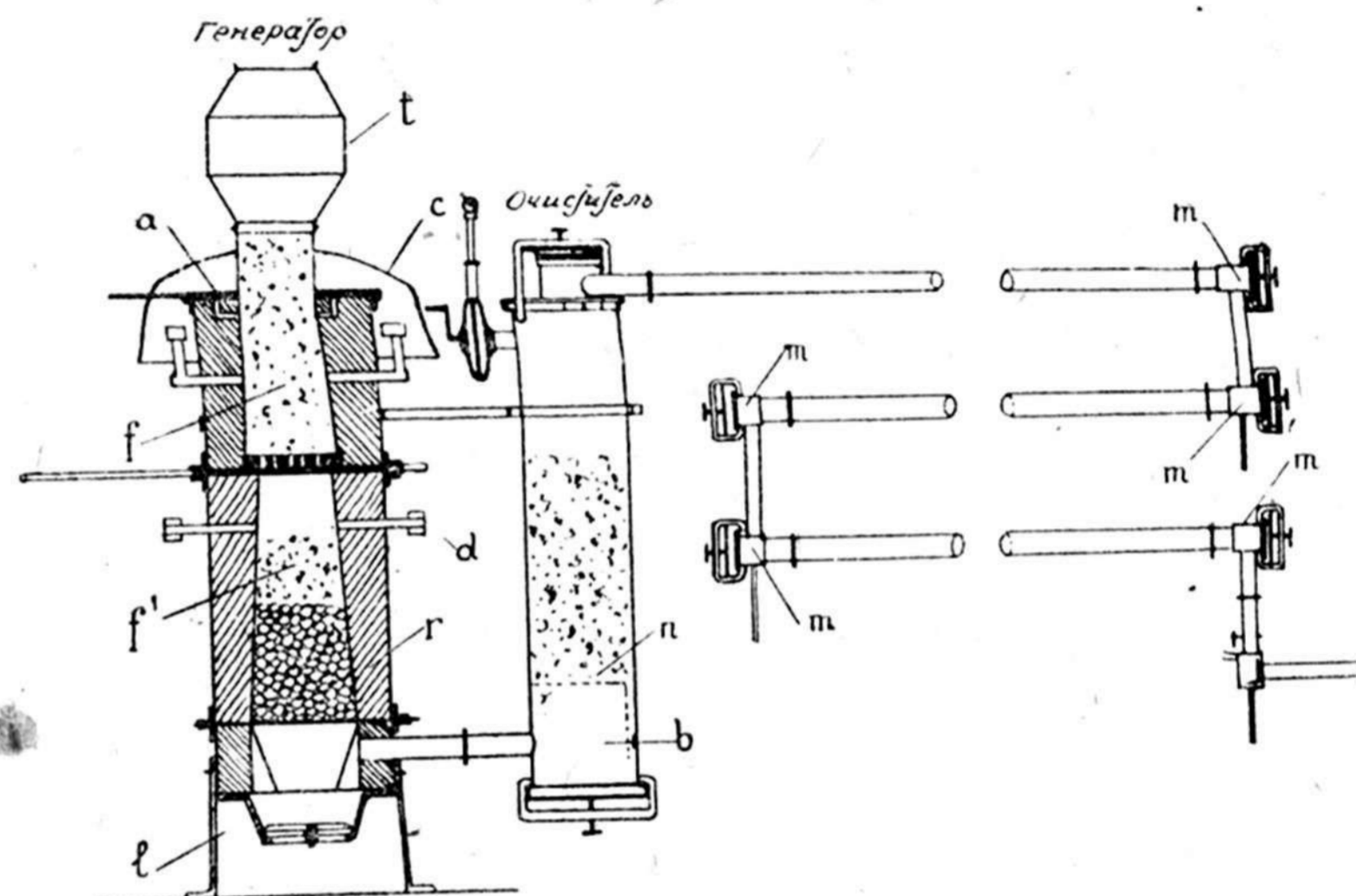


Рис. 21.

По данным фирмы работа газогенератора на дровах дает экономию, по сравнению с работой на бензине, в 78%, а на древесном угле — 27%. При установке данного газогенератора на автомобиле на 100 км пути считается, что 50 л бензина покрываются расходом в 75 кг древесного угля или в 100 кг дров.

Газогенератор Стар автомобильного завода Пип.

Газогенератор Стар был установлен впервые в августе 1924 г. на 2-х грузовиках-тракторах FWD и гусеничном тракторе (рис. 22 и 22-а). Этот газогенератор состоит из обычных частей: газогенератора, тройного очистителя, охладителя и смесителя. Генератор выполнен из листовой стали в виде цилиндра, внутри которого устроен топливник из неокисляемого металла. Газогенератор работает по принципу прямого паровоздушного пресса; в верхней его части находится загрузочное отверстие с двойным затвором, благодаря чему можно производить загрузку на ходу.

Очистка газа производится сухим очистителем, а охлаждение его — от общего радиатора, служащего для охлаждения мотора. Кроме сухой очистки имеется также промывка,

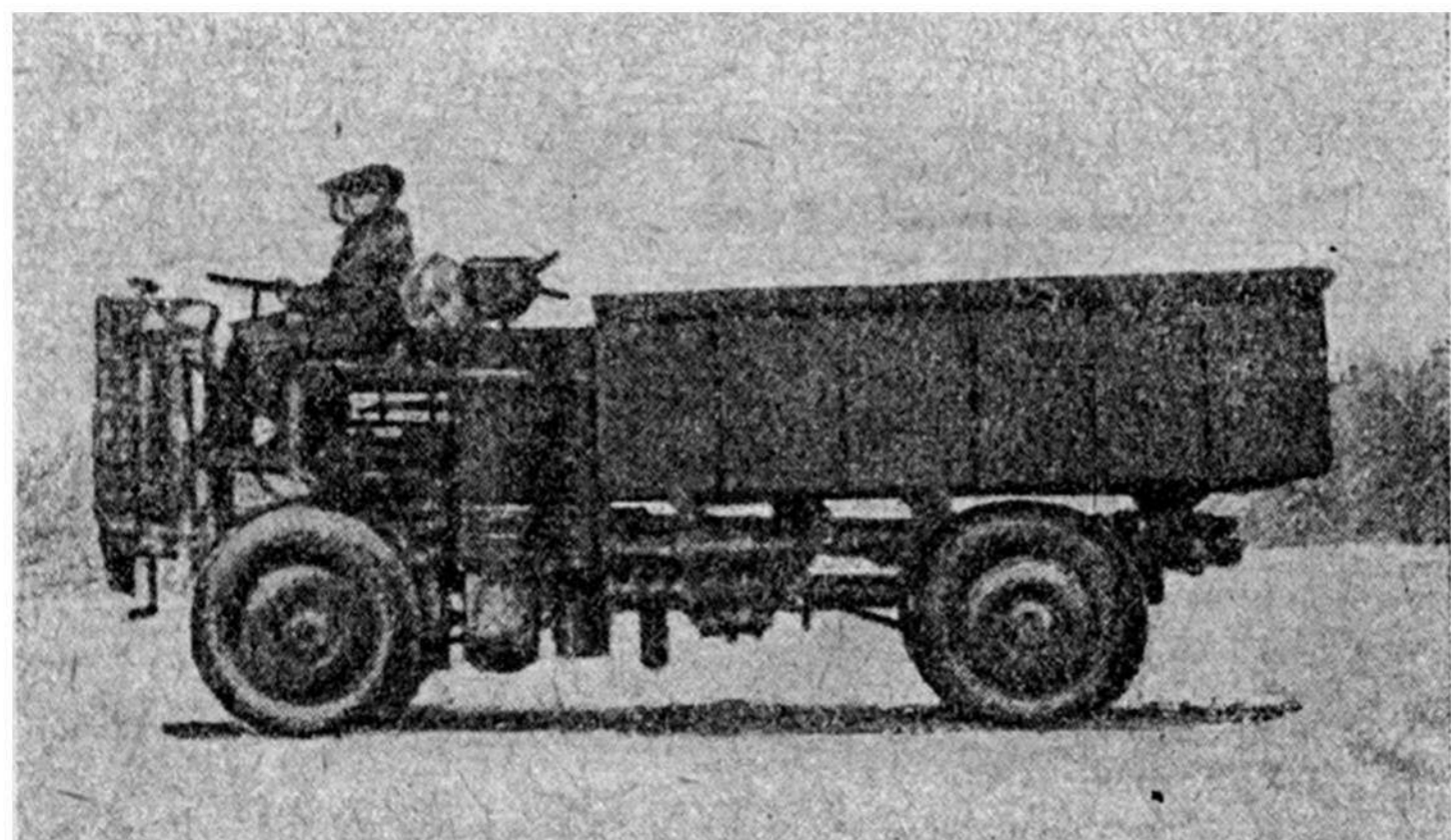


Рис. 22.

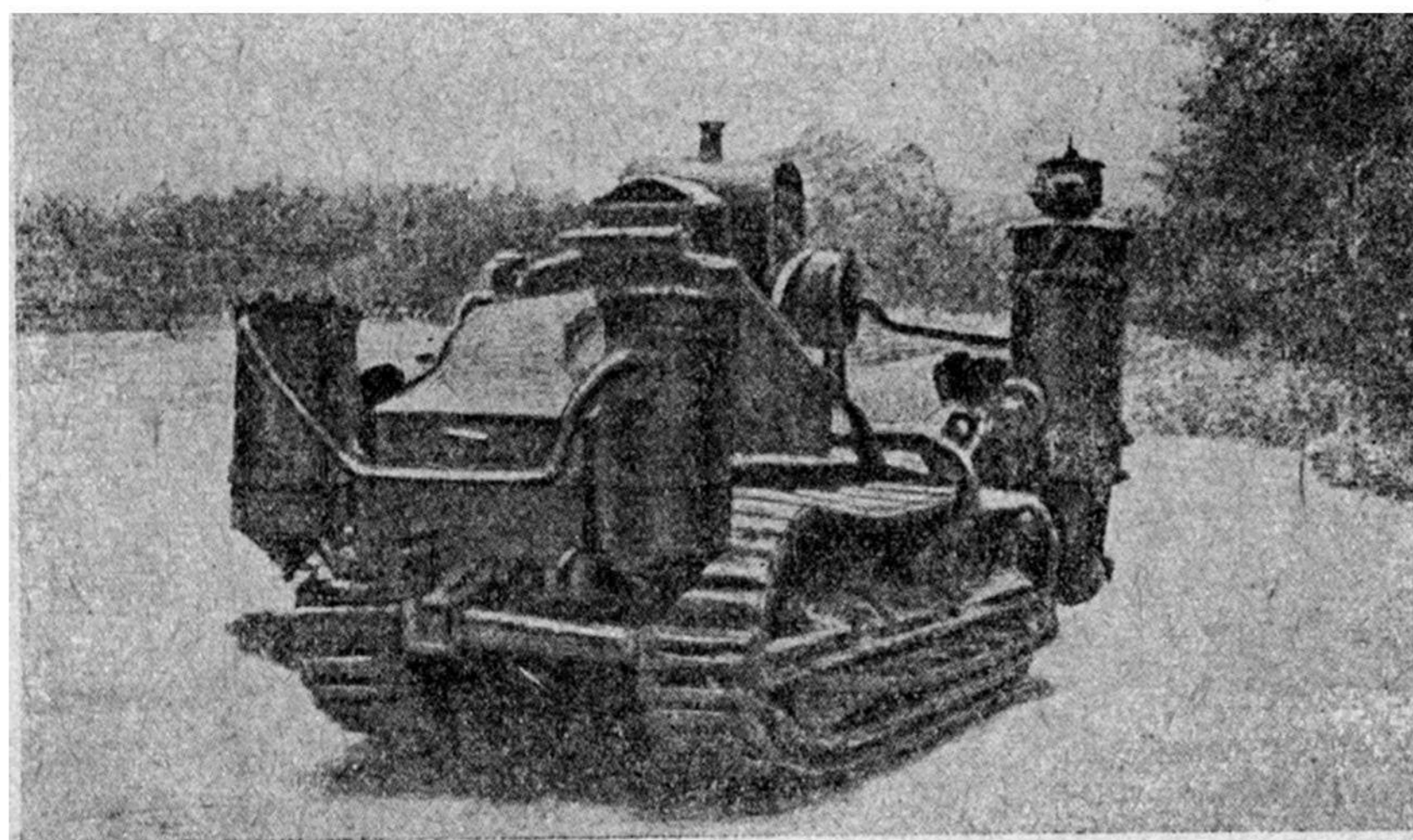


Рис. 22-а.

с последующей очисткой через стальные стружки, задерживающие последние частицы пыли и капельки влаги.

После тройной очистки газ поступает в смеситель, в котором производится автоматическая подача воздуха.

Вес газогенератора, построенного для работы на древесном угле, со всей проводкой, составляет 400 кг. По данным завода расход древесного угля 430—550 г на л. с/ч; расход воды — 80—90 г. Для моторов Пип нужно пользоваться низшими цифрами расхода. На 200 км пути необходимо в среднем 150 кг угля и 25 л воды; при работе только на бензине, при тех же условиях, расходуется 100 л бензина. При применении газогенератора к обыкновенным моторам мощность их падает на 25—30%; моторы Пип специальной конструкции мощности не теряют.

Газогенератор Фажоль.

Фирма Фажоль устанавливает газогенераторы своей конструкции на тракторы. Газогенераторное устройство (рис. 23) состоит из генератора, пылевого отстойника, охладителя, очистителя, смесителя и вентилятора. Газо-

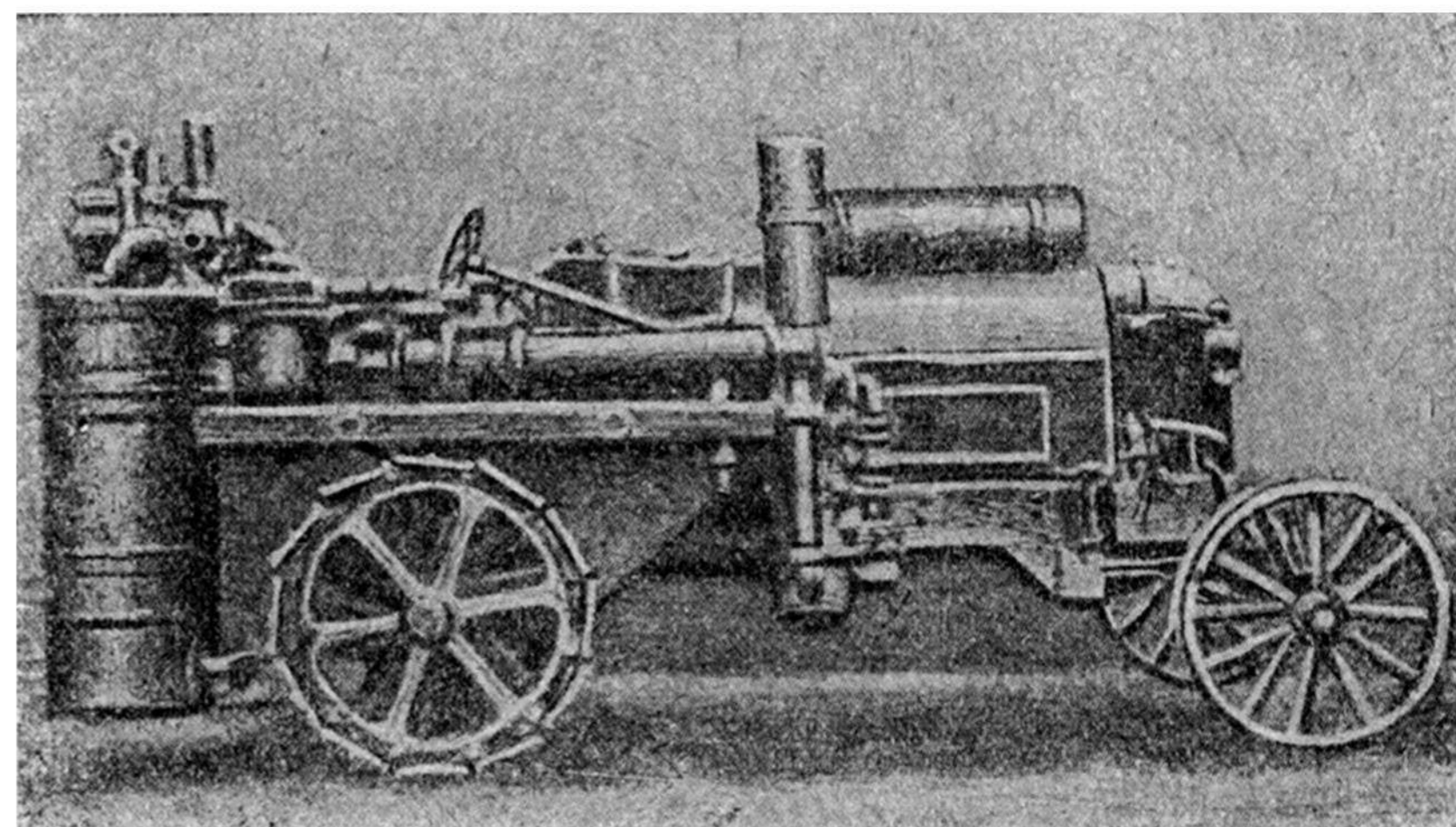


Рис. 23.

генератор работает на древесном угле по принципу прямого процесса и вырабатывает паровоздушный газ. Все устройство выполнено из листовой стали и в основном мало отличается от описанных ранее подобных устройств. Весьма существенной особенностью газогенератора Фажоль является то обстоятельство, что ручной вентилятор в $\frac{1}{3}$ л. с. может запускаться от мотора во время его работы. Этот венти-

лятор служит не только для пуска в ход газогенератора но и в пути им поддерживается постоянное давление воздуха, направляющегося в газогенератор, чем обеспечивается надежная его подача с парами воды и создается весьма однородный газ. Благодаря наличию вентилятора газогенератор не потухает даже при условии продолжительной работы мотора на малом числе оборотов. Наличие постоянного давления вентилятора допускает внезапные перемены режима мотора и обеспечивает хорошее наполнение цилиндров.

Газогенератор Фажоль может быть установлен для любого двигателя внутреннего сгорания и может быть применен не только к тракторам, но и к автомобилям. Расход древесного угля на с/ч около 500 г, расход воды — 0,15 л. Фирма изготавливает два типа газогенераторов: тип А — для двигателей 20—60 л. с. и тип В — для двигателей 10—20 л. с.

Газогенератор Лион.

Газогенератор Лион был установлен во время французского испытательного пробега 1922 г. на 3,5 т грузовике Sauger с 4-цилиндровым мотором 110 × 140 мм.

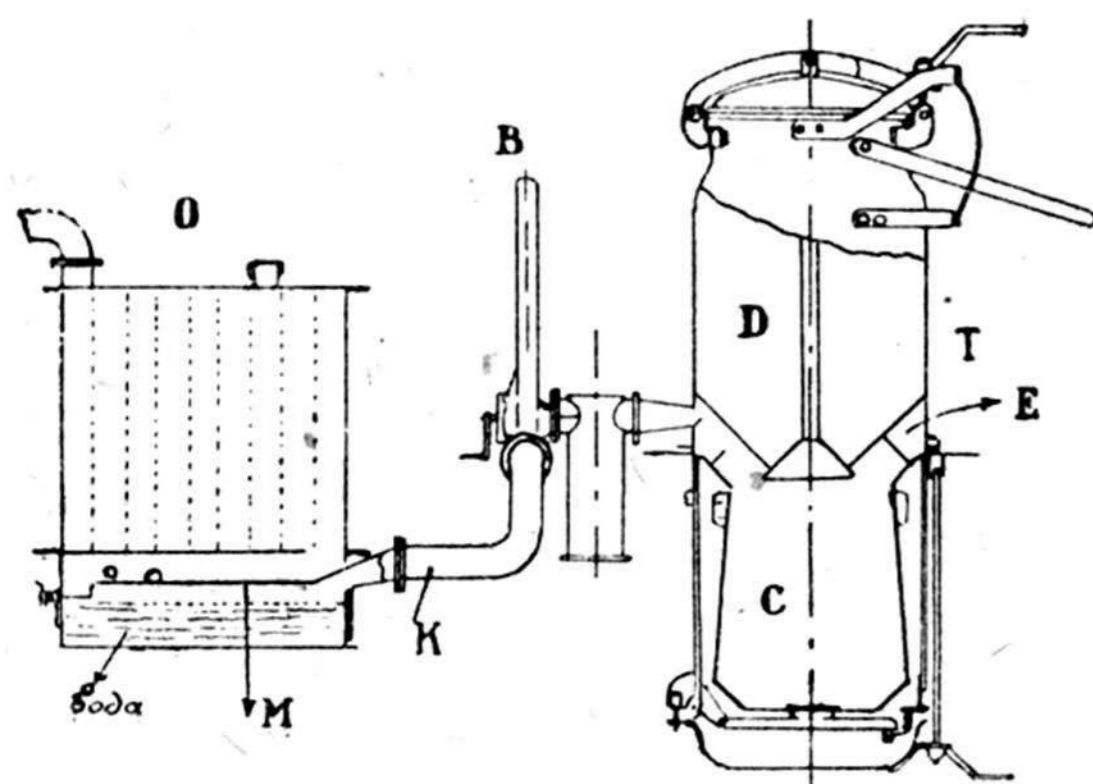


Рис. 24.

Газогенератор (рис. 24) дает паровоздушный газ из древесного угля с паром. Устройство состоит из генератора *T*, очистителя *O*, всасывателя воздуха *B* системы Лион и специального смесителя. Газогенератор *T* делится на две части:

нижняя часть — шахта *C* и верхняя часть — загрузочная камера *D*. Шахта облицована огнеупорной футеровкой. Испарение воды производится на ребристых выступах, имеющих на внешней поверхности топливника, причем образующийся пар захватывается воздухом, всасываемым под действием мотора, и поступает под решетку в шахту *C*. Образую-

щийся газ собирается в пазуху *E* и при работе мотора проходит через всасыватель *B* в очиститель *O*. Общее устройство всасывателя *B* состоит из вентилятора и специального крана, при помощи которого можно произвести переключение струи газа или на очиститель, или наружу, причем в первом случае вентилятор выключается. Очиститель *O* цилиндрической формы снабжен устройством для влажной и сухой очистки. Газ поступает по трубе *K* в гидравлический затвор *M*, откуда в верхнюю часть очистителя через решетки и алюминиевые стружки. Вес газогенератора для мотора в 30—40 л. с. около 320 кг. Для приведения всего устройства в действие с запуском мотора необходимо около 20 мин.

Газогенератор Эрню.

Существенное отличие в получении силового газа в газогенераторах Эрню заключается в том, что в зону восстано-

вления вводятся тяжелые масла, превращающиеся под влиянием высокой температуры, при взаимодействии с водородом окисью углерода и углекислотой, в постоянные газы. Продукты распада весьма обогащают генераторный газ, вследствие чего мощность двигателя оказывается одинаковой с таковой на бензине. Однако надо отметить, что полного распада тяжелых углеводородов не происходит, ибо при холодной промывке газа наблюдается частичная конденсация их на фильтрах; последнее обстоятельство улучшает очистку газа, увеличивая задерживающую способность фильтров благодаря прилипанию пыли.

В своем газогенераторе Эрню для обогащения газа и получения так называемого «динагаза» использует антраценовое масло, каменноугольный деготь, нафталин и др. угле-

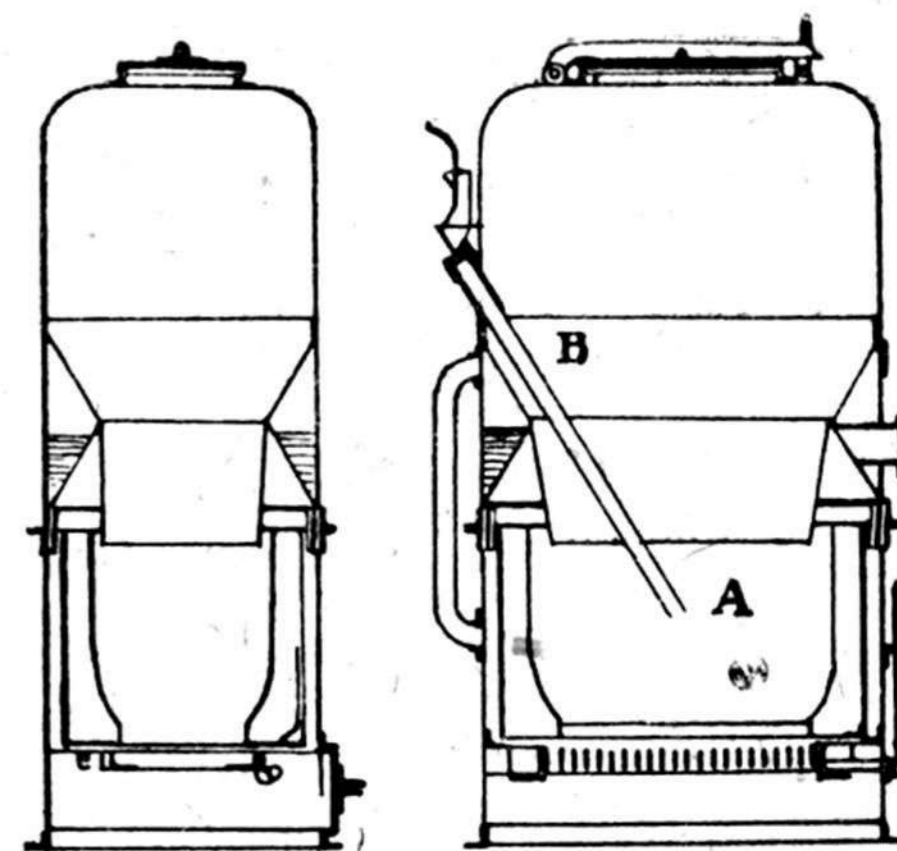


Рис. 25.

водороды, твердые или жидкие. В газогенераторе Эрню (рис. 25) углеводороды, подлежащие распаду, вводятся в центр восстановительной зоны в пункт А, при помощи трубки или питающего канала В, в определенном количестве, в зависимости от режима мотора. Как видно на рис. 25, в газогенераторе Эрню при этих условиях осуществляются два процесса: прямой паровоздушный и пирогенетический процесс распада жирных углеводородов. Данные об испытании этого газогенератора приводятся в отделе «Испытания и пробеги».

Не вдаваясь в дальнейшем в подробные описания исполненных конструкций газогенераторов: Торникрофт, Газ, Мальбай, Паркер, Ипогном и Трактор, вследствие того, что общие основания их устройства мало отличаются от рассмотренных, считаем нужным отметить, что газогенераторы Мальбай имеют компрессор для нагнетания газовой смеси в цилиндры двигателя, а газогенераторы Трактор отличаются горизонтальным расположением процесса.

ИСПЫТАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ И ПРОБЕГИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ГРУЗОВИКОВ. *

Приводимые данные относятся к развитию газогенераторных установок главным образом во Франции, где уже в 1923—24 гг. газогенераторные грузовики приобрели значение в коммерческой эксплуатации. Обширная постановка опытов во Франции рисует достаточно ясную картину в отношении технических возможностей использования газогенераторных установок с легкими двигателями. Опыты, произведенные у нас: в Ленинградской лаборатории тепловых двигателей НТУ ВСНХ, лаборатории тепловых двигателей ВТА, а также опыты отдельных изобретателей вполне подтверждают выводы заграничных фирм и официальных комиссий пробегов.

Испытание газогенератора Барбье на грузовике Форд.

Испытание было произведено 21 ноября 1925 г. лабораторией Автомобильного клуба Франции на пробеге в 168 км.

* Большая часть приводимого в этом отделе материала почерпнута из трудов III Всесоюзного теплотехнического съезда (ст. инж. А. А. Крживицкого).

Данные и результаты пробега:

Полный вес грузовика	2,362 т (вместо 2 т)
Растопка газогенератора	9 ч. 7 м.
Запуск мотора на бензине	9 ч. 8 м.
Отправление на бензине	9 ч. 12 м.
Переход на газ	9 ч. 15 м.
Остановка в Пасси	12 ч. 25 м.
Обратный выезд из Пасси на бензине	14 ч. 14 м.
Переход на газ	14 ч. 15 м.
Прибытие в Париж	17 ч. 15 м.
Общая длина пробега	168 км
Время пути туда	3 ч. 8 м.
Время пути обратно	2 ч. 59 м.
Средняя скорость туда	26,8 км/ч
Средняя скорость обратно	28,15 км/ч
Максимальная скорость на горизонтальном участке	35,1 км/ч

Расход горючего:

Бензина	2,25 л (уд. в. 0,75, 15°)
Древесного угля	39,75 кг (или на 100 км 23,66 кг)

Из этого пробега видно, что переход двигателя на газ производится максимум через 8 мин. после растопки газогенератора.

Отчет об испытаниях грузовика Либерти в 5 т с газогенератором Автогаз.

Целью испытания было определение потери мощности при работе на газе по сравнению с работой на бензине. Грузовик был перегружен, чтобы определить максимальную мощность на газе и на бензине. Двигатель не подвергался никаким переделкам. Грузовик был загружен камнем и людьми, всего 6 990 кг. Был взят подъем в 6%. Для этого потребовалось: на бензине—4 мин. 23 сек., на газе—5 мин. 5 сек. Разница в 42 сек. соответствует потере скорости в 13%.

От этого же газогенератора работал трактор Tougan-Latit плугом с 3-мя лемехами на глубину 15 см при ширине борозды 105 см. Израсходовано на гектар—52 кг древесного угля и 62 л воды. При работе на бензине трактор шел с 4-мя лемехами при тех же условиях вспашки; таким образом потеря мощности при работе на газе составляла около 25%.

При испытании мотора Астер в 50 л. с. со степенью сжатия 7,5 и опережением зажигания—12 мм, при числе оборотов 1000, получена мощность в 41,7 л. с., что составляет около 83—84% от номинальной мощности. Генераторный газ был совершенно чист, закопчения цилиндров и органов распределения не наблюдалось; свечи не загорали после 15 дней работы.

Результаты испытаний газогенератора Стар.

Осенью 1924 г. были произведены пробные пробеги с грузовиками тракторами FWD с 4-мя ведущими колесами. Грузовики были оборудованы газогенераторами Стар.

Характеристика грузовика Трактора FWD.

Мотор 4-х тактный 4-х цилиндровый.
 Диаметр цилиндров 121 мм.
 Ход поршня 140 мм.
 Объемное сжатие 4.
 Число оборотов в минуту . . . 1200.
 Зажигание магнето высокого напряжения.
 Передача карданом к 4-м ведущим колесам.
 Диаметр колес 910 мм.
 Ширина обода (сплошного) . . 120 мм.
 Демультпликация в коробке скоростей 1— $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$.
 Мертвый вес трактора 4 130 кг
 Общий вес газогенераторного устройства 380 кг.

Пробег был предпринят в бельгийских Арденнах по очень пересеченной местности с крутыми и длинными подъемами. В августе и сентябре месяцах было пройдено 1004,8 км, причем получены такие результаты:

Длина пробега 1 004,8 км
 Время, затраченное на пробег . 84 ч. 2 м.
 Время работы на газе 79 ч. 58 м.
 Время работы на бензине 1 ч. 02 м. (запуски в ход).
 Средняя скорость км/ч 11,96.
 Полезная нагрузка 2 326 кг
 Расход древесного угля 1 074 кг
 Расход бензина 15 л
 Расход масла 57 л
 Расход воды для генератора . . 218,5 л.
 Расходы на т/км: древесного угля 0,464.
 » » » бензина 0,006.
 » » » воды 0,094.
 » » » масла 0,024.

После этого пробега мотор с трактора был снят и разобран; цилиндры и поршни оказались менее загрязненными, чем при работе на бензине. Последнее обстоятельство указывает на весьма надежную очистку газа от пыли. Осенние испытания дали настолько благоприятные результаты, что грузовики-тракторы были посланы для работы в колонии, в Африку. Кроме того, такие же газогенераторы были поставлены на гусеничные тракторы, работающие на фермах в Бельгии (см. рис. 22 и 22-а).

Испытание трактора Титан с газогенератором Вирзон.

Трактор Титан 20 л. с. с 2-цилиндровым мотором был приспособлен для работы на генераторном газе, причем у него были увеличены диаметры цилиндров с 160 мм до 190 мм и объемное сжатие—с 4,2 до 4,6. Вследствие постановки газогенератора, общий вес трактора увеличился на 325 кг. Испытание производилось с плугом Оливер о 3-х лемехах в 12 дм. Динамометрические опыты показали уменьшение мощности по сравнению с мощностью на керосине на 18,3% (вместо 13,81 л. с. получено на газе 11,28 л. с.)

Расход горючего, смазки и воды.

Род работ	Площадь в гектарах	Время работы (час. мин.)	Израсходовано					Воды для охлад.
			Древесн. угля (в кг)	Дерева (в кг)	Бензин (в л)	Масло (в л)	Тавог (в кг)	
Жнитво (овес, ячмень) при 2-х сноповязалках . . .	29,0	31 ч. 48 м.	181,6	360,4	1,75	24,66	0,75	355
Вспашка на глубину 15 см на каменист. почве . . .	6,75	40 ч. 20 м.	262,4	472,6	7,64	35,37	0,25	505
Молотьба ячменя и пшеницы 24,4 ц	—	—	1 307,3	2 632,7	33	175	—	2 540

Опыты завода Де-Дион-Бутон по применению газогенератора Эрню для автомоторов.

1) Опыт 1921 г. Мотор 4-цилиндровый 160×180 мм. Число оборотов 1000 в минуту. При испытании на станке получена максимальная мощность на газе — 60 л. с., а при продолжительной работе — 50 л. с.

Расход горючего.

а) При испытании в течение 6 часов израсходовано 90 кг мелкозернистого антрацита, причем расход на силу/час составлял около 300 г.

б) При испытании на древесном угле израсходовано на силу/час 350 кг.

После 2-месячной работы на станке по 9 — 10 час. в день мотор был разобран и все части его оказались в прекрасном состоянии. Смазочное масло не содержало никаких твердых примесей, ни остатков смолы.

2) После этих опытов мотор был снят и поставлен на сельскохозяйственный трактор, который проработал около 3 месяцев, пройдя в общей сложности 140 км на металлических колесах, причем газогенератор был прикреплен жестко без каких-либо пружин или рессор. Трактор тянул плуг с 5 лемехами, работая на глубину 30 см по полю после снятия свекловицы. Мотор, работавший на бедном газе, прекрасно справился с задачей проявив гибкость при случайных перегрузках, а также хорошую приемистость после холостого хода. Расход антрацита на гектар — 60 кг, а древесного угля — 68 кг.

3) В феврале 1923 г. газогенератор Эрню был оборудован грузовик со специальным мотором, поставленным после испытания его на станке. При этом было осуществлено следующее: мотор пускался сразу на газе, зажигание генератора с сиденья шоффера и раздувка его при помощи электрического вентилятора.

При этих условиях грузовик отправлялся в путь через 8 минут после зажигания огня в генераторе. Опыты произведены на пробеге в 5000 км вокруг Парижа и на дорогах северной Франции, мощных булыжником. Генератор мог работать непрерывно до 15 дней. Экономия по сравнению с бензиновыми моторами выразилась в 80% в среднем.

Опыты с газогенератором Фажоль, установленным на тракторе Scemia в 25 л. с.

При вспашке трактором с 3-лемешным плугом получились следующие результаты.

Максимальное тяговое усилие	1 100 кг
	(на бензине 1 300 кг).
Среднее усилие	650 кг
	(на бензине 800 кг).
Потеря мощности	от 18 до 33%
Расход брикетов в час	9,4 кг
Стоимость часового расхода брикетов	7,4 фр.
Стоимость часового расхода бензина	30 фр.

Результаты испытаний, произведенных в лаборатории Автоклуба Франции с газогенератором Эрню.

Это испытание имело целью определить и сравнить мощность, полученную при бедном газе и при динагазе, а также установить возможность повышения режима после продолжительного хода и при малой нагрузке. Для испытания был взят 4-цилиндровый мотор 90×180 — 1 200 оборотов в минуту. Первые два дня испытания производились на древесном угле теплотворной способностью 7 819 кал, содержащем 30% пыли и 11% влаги. В первый день при 1 200 оборотах было получено 29,4 л. с., во второй день — при 1 256 оборотах — 30,2 л. с.

Расход древесного угля при точных испытаниях при помощи тормоза Фруда составил 329 — 355 г на л. с. Анализ и теплотворная способность газов приводятся в следующей таблице:

Пробы газа	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Теплотворность газа кал.
	В процентах						
1-й день							
Газ газогенератора:							
1-я проба	1,6	0,4	32	9,8	0	56,2	1 196
2-я »	1,8	0,6	31	11	0	55,6	1 186
3-я »	1	1,6	31,6	10	0	55,8	1 150

Продолжение.

Пробы газа	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Теплотворность газа в кал.
	В процентах						
Выхлопной газ:							
1-я проба	17,8	0,6	1,4	—	0	—	—
2-я »	18	1	2,2	—	0	—	—
2-й день							
Газ газогенератора:							
1-я проба	2,2	0,8	31	10,8	0	55,2	1 207
2-я »	1,4	0,2	33	10,4	0	55	1 217

После пробы при различных нагрузках (чему был посвящен 3-й день) был поставлен опыт с динагазом при распадении тяжелых масел в восстановительной зоне газогенератора; при этом на бедном газе был получен крутящий момент, отвечающий нагрузке динамометра в 17 кг при 1 238 оборотах, что соответствует примерно 30 л. с. Затем мотор был переведен на динагаз и через 45 сек. был получен крутящий момент, соответствующий нагрузке динамометра в 20 кг, а максимальная мощность выразилась в 39,5 л. с. Анализ газа дал следующие результаты:

Пробы газа	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	CH ₂	N ₂	Теплотворность газа в кал.
	В процентах							
Бедный газ	2,8	1	30	11,2	0	0	55	1 125
Динагаз	1,2	0,4	32	12	1,8	0,4	52,2	1 438

Из этой таблицы видно, что в результате распада тяжелых масел, газ обогатился главным образом за счет метана и высших углеводородов.

Расход горючего на л. с./ч. определялся довольно точно, так как газогенератор был поставлен на весы, а количество тяжелых масел взвешивалось отдельно; при этом было получено следующее:

О П Ы Т Ы	Мощность	Угля	Тяжелых	Итого
	л.	древесного	масел	
1-й опыт	40	355	0	355
2-й »	46,3	230	64	294
3-й »	48	200	100	300

Во время опытов мотор работал при повышенном числе оборотов—1 600 в мин. Таким образом процесс динагаза дает более экономное расходование горючего, а вследствие увеличения теплотворности газа, мощность легкого двигателя приближается к мощности его на бензине.

Примечание. Опыты с обогащением генераторного газа путем разложения в восстановительной зоне газогенератора нефти и отбросов (смесь: керосин, картерное масло, остатки с фильтров от двигателей Дизеля) производились в лаборатории тепловых двигателей ВГА. Для этой цели был сконструирован опытный газогенератор, осуществляющий обратный процесс. Генераторный газ поступал в двигатель неохлажденным с t° около 200° . Двигатель был взят судовой, 4 цилиндра 150×150 , 550 оборотов в мин. около 25 л. с. В целях сравнения было поставлено 4 испытания, а именно: на лигроине и 3 испытания на обогащенном газе. Двигатель нагружался помощью мельницы Ренара через коробку скоростей с передачей 1,61. Результаты опытов приводятся в следующей таблице:

Топливо	Время испыт. (в час.)	Число оборотов	Мощность эфф.	Расход древесного угля (в кг)	Расход жидкого топлива (в кг)	Расход древесного угля на с.-ч. (в кг)	Расход жидкого топлива на с.-ч. (в кг)	Степень сжатия	Температура газа	Температура в зоне распада
Генераторный газ, обогащенный нефтью	1,12	517	21	18,423	12,905	0,284	0,199	4	200	615
Генераторный газ, обогащенный нефтью	2	527	22,4	11,810	8,736	0,264	0,195	4,2	210	625
То же жидкими отбросами	3,59	550	25	18,77	26,641	0,210	0,297	4,2	200	600

Из приведенных опытов видно, что мощность двигателя получена та же, что и на лигроине, хотя степень сжатия пришлось повысить с 3,8 до 4,2. Суммарный расход горючего выше, чем в опытах Эрню, что объясняется меньшей мощностью двигателя и небольшой степенью сжатия. Кроме того температура в зоне распада слишком низка, вследствие чего генераторный газ имел большое содержание углекислоты, количество которой составляло 11,5%. Действительно по данным таблицы Ле-Шателье, приведенной в отделе «Топливо для газогенераторов», температуре процесса 600° соответствует содержание CO₂ — 12,8%. При уменьшении количества жидких отбросов температура процесса поднималась до 700° и тогда содержание CO₂ по данным анализа составляло всего лишь 6,5% (по Ле-Шателье — 6,2%), но при этом газ беднел и мощность двигателя падала. Нужно полагать, что при охлажденном газе, а следовательно при большем наполнении цилиндров двигателя, расход жидкого горючего на силу/час может быть понижен. В условиях опыта не наблюдалось ни засорения трубопроводов, ни цилиндров двигателя. Очиститель, состоящий из камеры для осаждения пыли и фильтра из стальных стружек, давал достаточную очистку газа, так как конденсирующиеся пары частично неразложившихся углеводородов, смачивая фильтр, способствовали прилипанию пыли.

Испытания, произведенные Автомобильным клубом во Франции в 1922 г.

Испытанию подверглись 6 грузовых автомобилей, данные о которых приводятся в следующей таблице.

Марка автомобиля	Тип генератора	Размер мотора	Тоннаж	Мертвый вес в кг
Торникрофт	Торникрофт	4 × 114 × 152	3,5	4 250
Делагэ	Вирзон	4 × 110 × 140	3,5	3 610
Сотиа	Вирзон	4 × 125 × 140	3,5	3 760
Заурер	Г.Е.Р.Е.А.	4 × 110 × 140	3,5	3 820
Заурер	Лион	4 × 110 × 140	3,5	4 080
Бразье	Газес	4 × 100 × 150	3,5	4 380

Двигатели имели степень сжатия от 4,5 до 5,5.

Все испытания разделялись на две части: 1) испытание двигателя на станке; 2) испытание автомобиля в пробеге.

Испытание на станке для каждого двигателя при различных режимах длилось около 8 часов. Результаты этих испытаний приводятся в следующей таблице:

№№ по пор.	Генератор	Топливо	Средняя мощность л. с.	Среднее эффектив. давление атм.	Расход топлива на с.-ч.		Расход тепла на с.-ч.	Эффектн. к. п. д.
					Дерево	Уголь		
1	Торникрофт	Древ. уголь	24,3	3	—	794	5 717	0,108
2	Вирзон	0,8 дерево 0,2 угля древ.	15,5	2,4	805	201	4 406	0,145
3	Вирзон	0,8 дерево 0,2 древ. угля	20,6	2,66	836	209	4 565	0,14
4	Г.Е.Р.Е.А.	Древ. уголь	15,8	2,54	—	779	5 609	0,11
5	Лион	» »	16,05	2,6	—	884	6 365	0,098
6	Газес	» »	20,40	2,41	—	651	4 687	0,136

Теплотворная способность угля и дерева была принята 7 200 кал. и 3 600 кал. Из приведенной таблицы видно, что средние эффективные давления получились незначительные вследствие того, что степени сжатия малы, полное сгорание отсутствовало. Во время работы наблюдались пропуски вспышек; после разборки двигателей оказалось, что, несмотря на кратковременность испытания, на поршнях, крышках и клапанах был обнаружен заметный нагар, обусловленный неполностью сгорания и недостаточной очисткой газа от смол.

В испытании на ходу принимали участие все 6 приведенных выше автомобилей, причем лишь один из них Заурер с газогенератором Г. Е. Р. Е. А. был принужден окончить испытание на бензине в виду неисправности газогенераторной установки.

Пробег продолжался два дня на расстояние 124 км, причем топливо применялось то же самое, что и при работе двигателей на станках. Результаты пробега приводятся в следующей таблице:

№ по пор.	Газогенератор	Вес груза в кг			Перевезено т/км груза		Всего израсх. горючего кг	Расход горючего на т/км		Расход тепла горючего на ч.-с. кал.
		Общий	Мертвый	Полезный	Общего	Полезного		Полезн. груза	Общего груза	
1	Торникрофт	7 607	4 250	3 357	919,6	416	93,60	225	103	1 620
2	Лион	7 595	4 080	3 515	919,6	436	109,00	250	107,7	1 800
3	Вирзон	7 304	3 610	3 694	883,3	458	102,13	223	115,5	1 606
4	Газес	7 914	4 380	3 534	957,1	438	100,30	229	104,8	1 649
5	Вирзон	8 324	4 700	3 624	1 006,7	449	102,82	229	102,1	1 649
6	G.E.P.E.A. (вне конкурса)	7 480	3 820	3 660	905,8	454	101,24	223	111,7	1 606

Из этой таблицы можно видеть, что грузовики с экономической точки зрения оказались почти равноценны, так как расход горючего на т/км колеблется для всех от 223—250 г.

В 1923 году состоялось второе конкурсное испытание во Франции под руководством Государственного департамента изобретений, технической комиссии Автоклуба и при сотрудничестве Технического департамента военного ведомства.

Испытание имело целью выяснить два факта: уменьшение полезной мощности при работе на газе и действие газа на части мотора. В пробеге участвовали восемь 3½ и 5 т грузовиков, а именно: 4 — Рено, 2 — Девальд, 1 — Делаге, 1 — Берлие, причем некоторые моторы имели степень сжатия до 7,2. Пробег состоялся на 1 400 км. Конкурс дал блестящий результат: грузовики прошли весь пробег без повреждений моторов и газогенераторов, исключая мелкие поломки, при этом оказалось, что среднее действительное давление в цилиндрах двигателей составляло около 75% от нормального давления на бензине. Разборка и осмотр моторов и газогенераторов показали наличие незначительного количества осадков и прекрасное состояние всех механизмов. Во время пробега скорость 3,5 т грузовика определялась от 20 до 30 км в ч., а скорость 5 т — от 15 до 25 км в час.

Во время военных маневров в 1924 году французское военное министерство назначило в состав воинских частей 30 грузовиков с газогенераторами.

В 1925 году осенью во время Франко-бельгийского кон-

курса участвовали в пробеге грузовики Панар: 3 — в 3,5 т, 1 — в 4,5 т и 1 — 5 т. На расстоянии 2 200 км была получена средняя скорость на ровной дороге до 35 км/ч, а для пересеченной местности — до 25 км/ч. Расход карбонита на каждые 100 км пути составлял от 42,5 до 48,5 кг для 4,5 т грузовика. При последующем испытании на станке расход древесного угля с 8% влажности выразился в 0,46 кг на с/ч., а расход карбонита с 3 процентами влажности 0,407 кг на с/ч.

К осени 1925 г. на французском рынке насчитывалось до 25 конструкций газогенераторных установок для автотяги. К этому времени был организован большой Франко-бельгийский пробег газогенераторных автомобилей. В конкурсе подверглись всем испытаниям 7 машин: один Бови с газогенератором Е. Т. I. А., два Панар-Левассор с газогенератором Панар, три Рено с генератором Рено и один Заурер с генератором Шульц-Лорио. В состав комиссии пробега входили: Государственный департамент изобретений и научных и промышленных изысканий, департамент жидких горючих, Автоклуб, Королевский бельгийский Автоклуб, французское и бельгийское Военное ведомство, а также Министерство земледелия, общественных работ и колоний.

Общая длина пробега составляла 2 150 км. После пробега были выполнены испытания на станках по 6 часов каждое, при соответственном учете потребления горючего, определении средних давлений в цилиндрах двигателей и проч. Пробег состоялся в восточной части Бельгии и северо-восточной части Франции. Результаты этого конкурса приводятся в следующих таблицах.

№ в конкурсе	Генератор	Грузовик	Быстрота пуска машины в ход			Примечание
			Меньше 10 мин.	От 10 до 20 мин.	Свыше 10 мин.	
1	Рено	Рено	15	5	1	Один пуск в 100 сек.
9	Шульц-Лорио	Заурер	17	2	2	
10	Панар	Панар	17	2	2	
11	Панар	»	14	6	1	
13	Е. Т. I. А.	Бови	15	5	1	

Лабораторные испытания на станке.

	№ в конкурсе					Вне конкурса	
	1	9	10	12	13		
	Фирма генератора					Эрню	Мальбе
Рено	Шульц-Лорно	Панар	Панар	Е. Т. I. А.			
Число оборот. мотора в минуту . . .	1 192	851,4	1127,3	1192	1293,7	1277,9	1461,5
Мощность в лошад. сил.	24,79	17,95	31,33	36,48	17,50	29,84	17,19
Расход горюч. в кг .	75,4	81,9	86,59	89,16	67	79,3	75,2
Расход горючего на с/ч в г . . .	507	760	460	408	640	440	730
Среднее эфф. давление в кг/см ² .	3,72	2,77	5,17	5,67	3,39	4,58	3,53
Осадки в г	0,0915	0,047	—	—	0,1775	0,19	0,067

Результаты пробега.

	№ грузовика в конкурсе				
	1	9	10	11	13
Фирмы генераторов . .	Рено	Шульц-Лорно	Панар	Панар	Е. Т. I. А.
Топливо	Древесн. уголь	Древесн. уголь	Древесн. уголь	Карбонит	Древ. уголь
Общий вес грузовика кг	9 050	10 520	8 250	8 210	5 310
Пробег в км	2 150	2 151,5	2 153	2 150	2 140
Расход горючего в кг .	1 435	1 856,4	1 071,8	955,1	8 833
Тонны/км	19 458	22 634	17 751	17 561	11 363
Потребление на т/км в г	73,75	82,02	60,04	54,4	77,8

Таким образом указанный пробег выявил значительные достижения по сравнению с пробегом 1922 г.; кроме того из последней таблицы видно, что для грузовиков Панар расход топлива почти в полтора раза меньше, чем для других машин.

Разборка моторов после пробега показала, что чище всех оказались бесклапанные моторы Панар.

В 1926 году было организовано два пробега для автомобилей с газогенераторами: первый — на расстоянии 1500 км, второй — 5 250 км, причем кроме газогенераторных машин в пробеге участвовали автомобили, работавшие на жидком и газообразном топливе (ацетилен, метан). В отношении газогенераторной автотяги были получены еще лучшие результаты, по сравнению с предыдущими годами; так например грузовик Де-Дион-Бутон с генератором Рено на карбоните шел со средней скоростью в 40 — 45 км в час и несколько раз его скорость доходила до 65 км. Некоторые грузовики, участвовавшие в пробеге, запускались непосредственно на газе от стартеров, другие расходовали бензин на запуск в незначительном количестве. Степень сжатия всех двигателей была повышена и составляла не менее 6. Во втором пробеге исключительные достижения проявил 16-сильный автобус Берлие с газогенератором системы Имбер-Дитрих, с 4-цилиндровым мотором 190 × 130, степенью сжатия 5,8 и общей нагрузкой 3,6 т. Средняя скорость на ровной дороге составляла 44 км/ч, а в горных местностях до 29,5 км/ч; максимальная скорость достигала 60 км. Подъемы до 21% брались без применения бензина. Средний расход дров — 47,8 на 100 км; запас дров в газогенераторе — на 100 км. Очистка фильтров производилась раз в неделю и занимала 20 мин. Пробег продолжался около 1 месяца и выявил 10-кратную экономию по сравнению с бензином.

Заканчивая краткий обзор испытаний и пробегов, имевших место за границей до 1927 г., необходимо упомянуть, что в 1928 г. был организован Автомобильным клубом Франции новый конкурс, в котором участвовали автомобили, снабженные не только двигателями быстрого сгорания, но также двигателями типа дизеля. В качестве топлива применялся древесный уголь, газ в баллонах и тяжелые масла. В отношении газогенераторного топлива, судя по данным литературы, как будто бы наметился отказ от пользования дровами. По имеющимся сведениям в конкурсе 1928 г. принимали участие следующие конструкции: грузовики Панар с газогенераторами на древесном угле и карбоните, автобусы Soma с моторами Дизеля, Парижские городские автобусы, работавшие от баллонов с сжатым светильным газом, автомобили Рено с торфяными газогенераторами, а также

различные конструкции автомобилей, снабженные двигателями, работающими на тяжелых и легких маслах. Пробег сопровождал специальный грузовик с запасом материалов и всего необходимого для производства газа и снабжения им автобусов. Результаты этого конкурса в настоящее время неизвестны, но во всяком случае в отношении 4,5 т газогенераторных грузовиков Панар можно указать, что они были снабжены моторами, допускающими простой переход

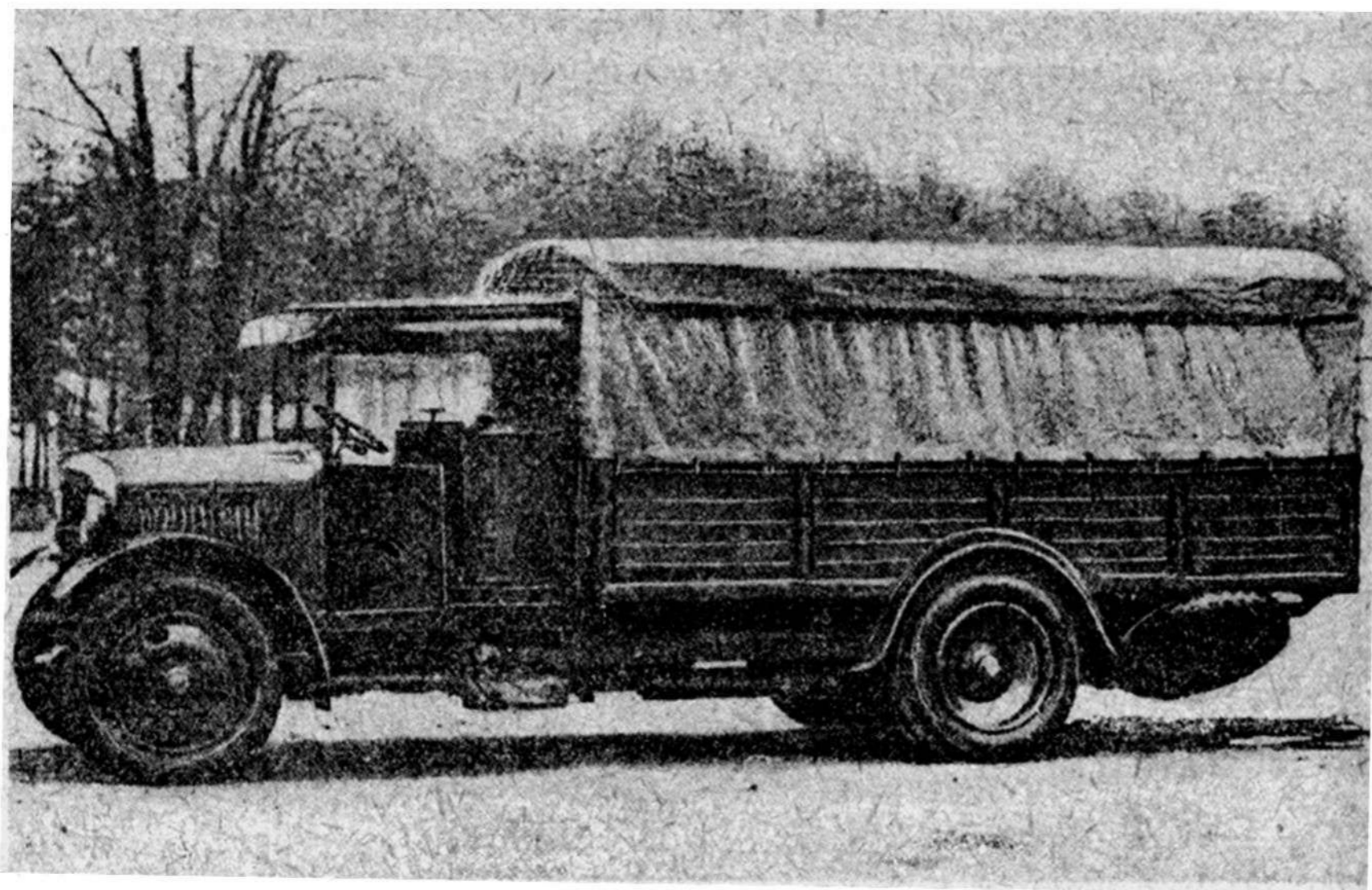


Рис. 26.

с бензиновой смеси на генераторный газ без потери мощности; кроме того, так как эти грузовики снабжены усовершенствованными газогенераторами с обратным процессом без впрыска воды и сухими фильтрами, а в пробегах показали наилучшую экономичность, они были удостоены премии Военного министерства (рис. 26).

В 1928 году в октябре месяце был организован пробег из Ленинграда в Москву и обратно по шоссе на расстоянии 1 448 км (туда и обратно). В пробеге участвовало 3 грузовика: 3,5 т Sotua бензиновый, 3,5 т Sotua с газогенератором Рекс и 1,5 т Фиат с газогенератором проф. Наумова.

Газогенератор Рекс с обратным процессом без впрыска воды работал на древесном угле; газогенератор проф. Наумова

работал по принципу прямого процесса на древесном угле с испарителем.

Основным условием пробега являлось выяснение возможности использования газогенераторных грузовиков в наших дорожных условиях. Кроме пробега по шоссе намечалось испытание на грунтовой дороге в окрестностях Москвы на расстоянии около 300 км. Для сравнения экономичности работы на древесном угле и на бензине было предположено, что грузовик Фиат обратный путь пройдет на бензине. Газогенераторный грузовик Sotua приспособлен к работе только на газе, вследствие повышенной степени сжатия, а бензином пользовался лишь для запуска.

Пробег по грунтовой дороге, а также обратный пробег грузовика Фиат на бензине не состоялся, поэтому цельность всего испытания нарушилась.

Весь пробег по состоянию погоды делится на две части: от Ленинграда до Москвы по грязному шоссе в дождь, и обратно в мороз по укатанной дороге.

Грузовики, участвовавшие в пробеге, вышли со старта «Средняя Рогатка» 11 октября и прибыли в Москву 14 октября. Оба грузовика французской фирмы прошли первую часть пробега вполне благополучно, если не считать случайного засорения газогенератора Рекс, вследствие плохого качества угля. Грузовик Фиат также прошел благополучно, но имел вынужденную остановку из-за перегрева тыльной части кожуха газогенератора.

18-го октября после небольшого ремонта грузовики вышли из Москвы, причем, как указывалось, грузовик Фиат прошел обратный путь на газе. Последнее обстоятельство, в связи с происшедшими повреждениями в пути, совершенно нарушило план испытания этой машины. Что касается обоих грузовиков Sotua, то они дошли благополучно, но бензиновая машина часто страдала от грязного бензина, а газовая — от плохой регулировки клапанов. На обратном пути оба газогенераторных грузовика развивали иногда максимальную скорость до 60 км. Прибытие в Ленинград состоялось 21 октября. Результаты пробега приводятся в следующей таблице (см. табл. на стр. 74).

Из этой таблицы видно, что экономические выводы можно сделать только для грузовиков Sotua. Грузовик Фиат, имевший незначительный полезный груз, а также серьезные повреждения в пути (был взят на буксир), и по ранее ука-

послуживших основанием для расчета и конструирования газогенератора.

Расчет и конструкция опытного газогенератора.

В отношении расчета газогенераторов, вообще, еще не имеется до сего времени вполне определенной системы. Различные авторы, после весьма подробного термохимического расчета, переходя к расчету самого газогенератора, устанавливают по данным практически сечение шахты в квадратных единицах на э. л. с. номинальной мощности, а высоту рабочего слоя топлива или по объему его на э. л. с., или в виде отношения диаметра к некоторому постоянному числу, в зависимости от сорта применяемого топлива, или, наконец, эту высоту выражают прямо вполне конкретными численными величинами, в зависимости от сорта горючего и крупности его кусков.*

Действительно Guldner (Гюльднер) в отношении конструктивных основных размеров исходит из дутьевой тяги в паровых котлах, применяя ее достоинства в отношении сопротивлений и выхода газа к газогенераторам.

Из этих соображений им рекомендуются отправные средние расчетные величины для сечения шахты (нижней части) газогенератора на 1 э. л. с. номинальной мощности двигателя от 40 до 50 см².

Применим эти средние данные к расчету легкого газогенератора для двигателей в 5 и 25 л. с.

Обозначая сечение шахты через q для каждого из этих случаев, получим:

Для 5 л. с. $q_5 = 45 \cdot 5 = 225 \text{ см}^2$ при диаметре $d_5 \cong 17 \text{ см}$.

Для 25 л. с. $q_{25} = 25 \cdot 45 = 1125 \text{ см}^2$ при $d_{25} \cong 38 \text{ см}$.

Для определения высоты шахты Гюльднер, исходя от расхода тепла в двигателе и теплосодержания единицы объема топлива при загрузке на 3—4 часа, дает рабочий объем шахты на 1 э. л. с. по меньшей мере: для антрацита — 3 л,

* Guldner. *Verbrennungskraftmaschinen u. Kraftgas — Anlagen III* auf 1922.

A. Witz. *Moteurs à gaz*, t. 1. 1923.

Н. Н. Доброхотов. *Расчет газогенераторов и генерат. процесса*, в. I, 1922 г.

Инж.-мех. Мазинг. Отд. оттиск. *Применение антрацита для двигат. внутр. сгорания*.

для кокса — 5 л, для бурого угля — 5 л, при кусках средней крупности.

На этих основаниях высота слоя топлива для рассматриваемых нами случаев будет следующая:

Для 5 л. с. при антраците —

$$n_5 = \frac{0,003 \cdot 5}{0,0225} = 0,67 \text{ м.}$$

при коксе или буром угле:

$$n_5 = \frac{0,005 \cdot 5}{0,0225} = 1,11 \text{ м.}$$

для 25 л. с. очевидно, получим те же величины — 0,67 м для антрацита и 1,11 м для кокса и бурого угля. Можно и ргогг сказать, что эти высоты слоев топлива в сущности не могут устроить подвижную установку в конструктивном отношении, так как они слишком велики. С другой стороны совершенно неясно, оправдываются ли они действительной необходимостью для осуществления газогенераторного процесса вообще.

Судя по предпосылке, положенной в одно из оснований расчета высоты рабочей части шахты, эта высота является, главным образом функцией продолжительности выработки одной загрузки газогенератора в 3—4 часа, что вызвано еще и некоторой практической необходимостью длительного пребывания частицы топлива (особенно смолистой частицы) в температурных условиях шахты для предварительной термической обработки.

Инж. Доброхотов, преследуя эту цель для больших газогенераторов, считает, что на термическую обработку необходимо от 10 до 12 часов, а для генераторов силового газа указывает, как минимум, 3—4 часа, во избежание смолы.

Для больших газогенераторов им рекомендуются, для определения высоты рабочего слоя, такие нормы:

Для жирных углей $H = \frac{D_0}{2}$, где H — высота рабочего слоя,

а D_0 — внутренний диаметр шахты. Для полусухих антрацитов $H = \frac{D_0}{1,5}$ и для бурых углей $H = D$.

Эти основные положения, подтвержденные богатым опытом в отношении эксплуатации больших газогенераторов, для малых газогенераторов дают иные результаты.

Действительно, если произвести поверку высот «*h*», исходя из диаметров, принятых по Гюльднеру, то приходим к следующим величинам:

$$\text{Для 5 л. с. } h_5 = \frac{d}{1,5} = \frac{17}{1,5} \cong 11 \text{ см, вместо 0,67 м}$$

для антрацита, а для бурого угля $h_5 = d = 17 \text{ см}$ вместо 1,11 м.

Для 25 л. с. при том же дутье для антрацита $h_{25} = \frac{38}{1,5} \cong 25 \text{ см}$ вместо 0,67 м и для бурого угля $h_{25} = d_{25} = 38 \text{ см}$ вместо 1,11 м.

Кроме изложенного способа расчета по данным Гюльднера, основанием для расчета газогенераторов, вырабатывающих силовой газ, могут служить также данные экспериментальной работы Неймана.*

Эти данные им получены для газогенератора, идущего на коксе с диаметром шахты 470 мм, при обследовании состава газа для пяти зон рабочего объема топлива. Первая зона почти на уровне колосников газогенератора, а каждая из последующих на 125 мм выше предыдущей. Кроме наблюдений в пяти зонах, велось наблюдение за составом газа по выходе его из рабочих слоев топлива. Графики полученных результатов для различных условий приведены на рис. 27, 28 и 29, где φ — степень разложения водяных паров, t — температура в зонах и при выходе газа; Q_r — теплопроизводительная способность 1 м³ газа.

CO₂, CO, CH₄ и N₂ — объемное содержание составных частей газа в процентах.

Из этих графиков легко усматривается процентное изменение состава газа и всех прочих величин при переходе из одной зоны в другую. Разложение водяных паров идет почти нацело лишь во втором и третьем случаях (рис. 27, 28 и 29).

Рассмотрение графиков Неймана, а особенно третьего (рис. 29), как наиболее близкого к чисто теоретическому,

* Инж.-мех. М а з и н г. Применение антрацита для двигателей внутреннего сгорания Отд. оттиск. Почерпнуто из Heft 140 Mitteilungen über Forschungsarbeiten.

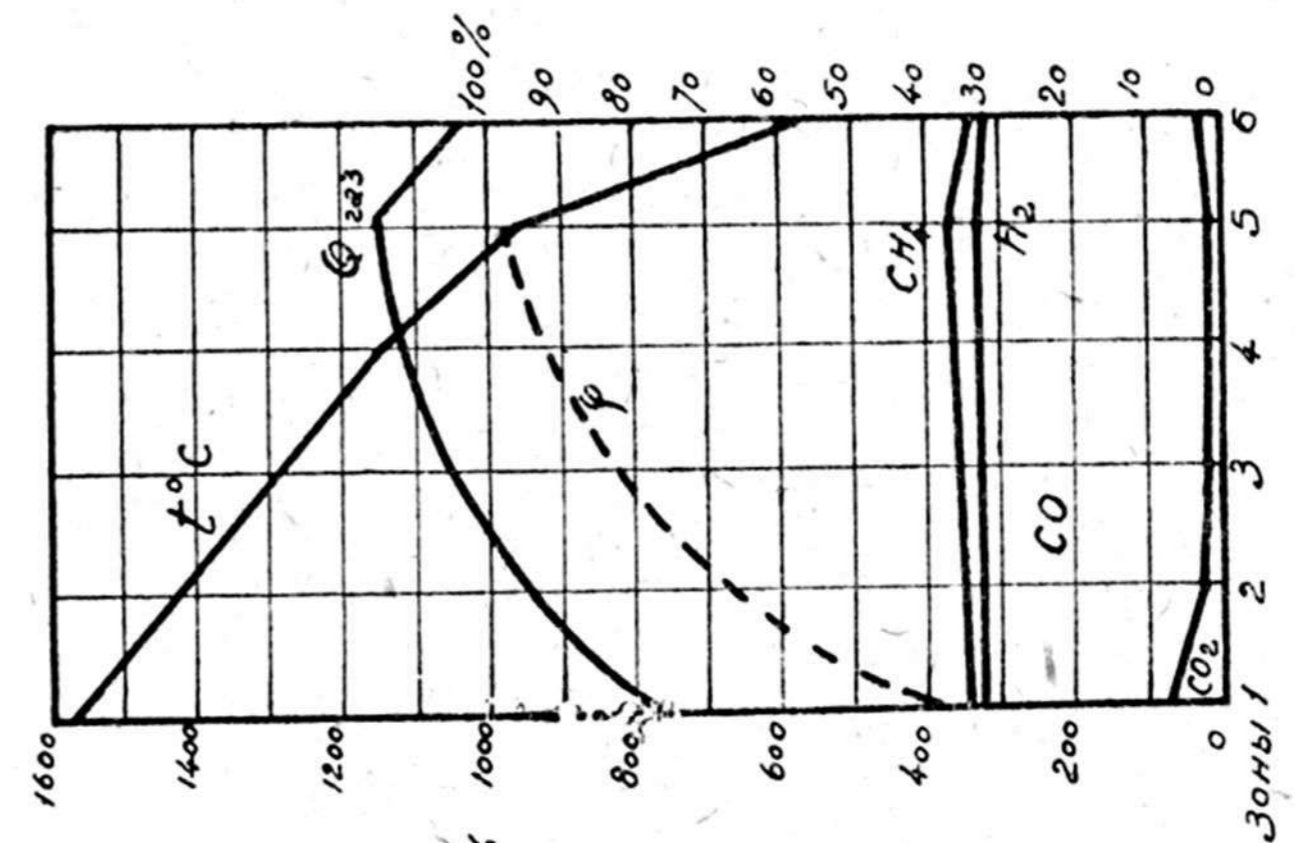


Рис. 29.

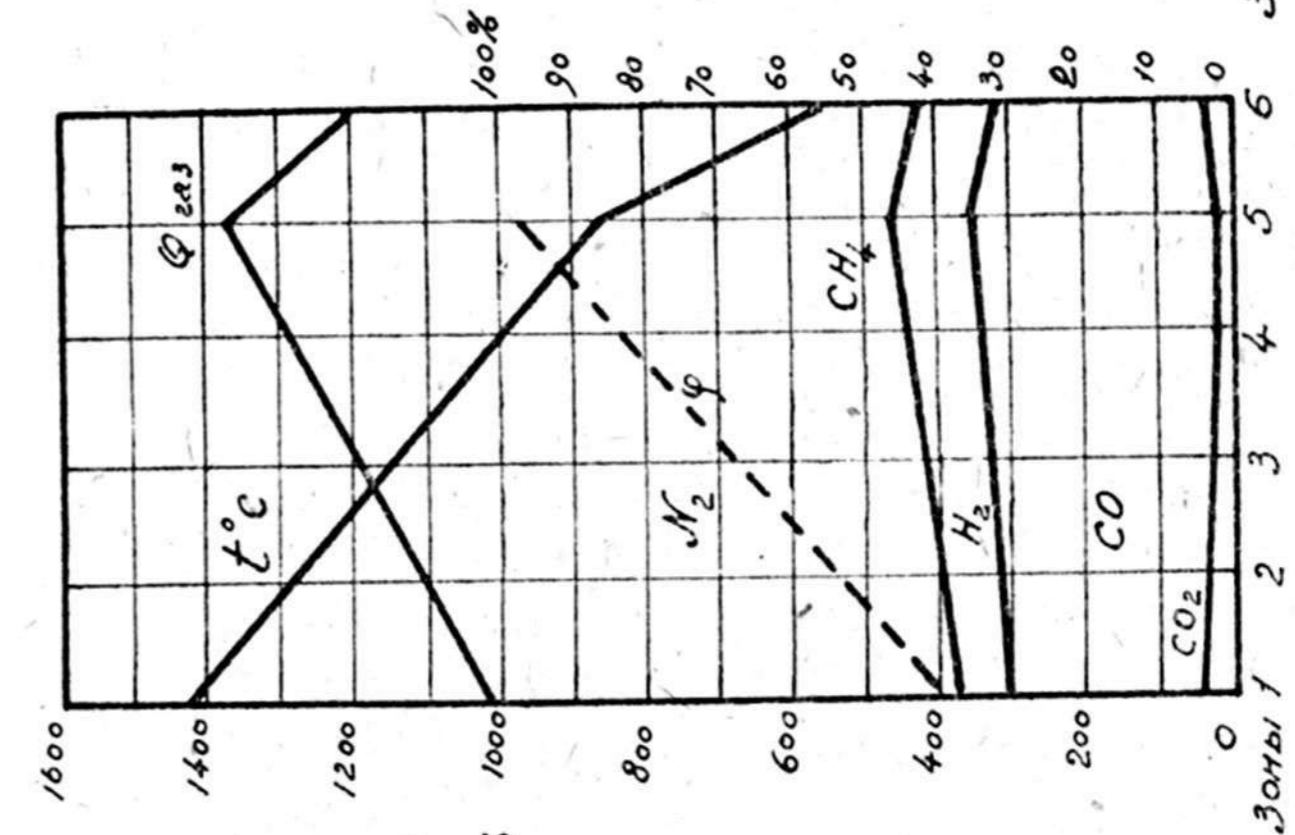


Рис. 28.

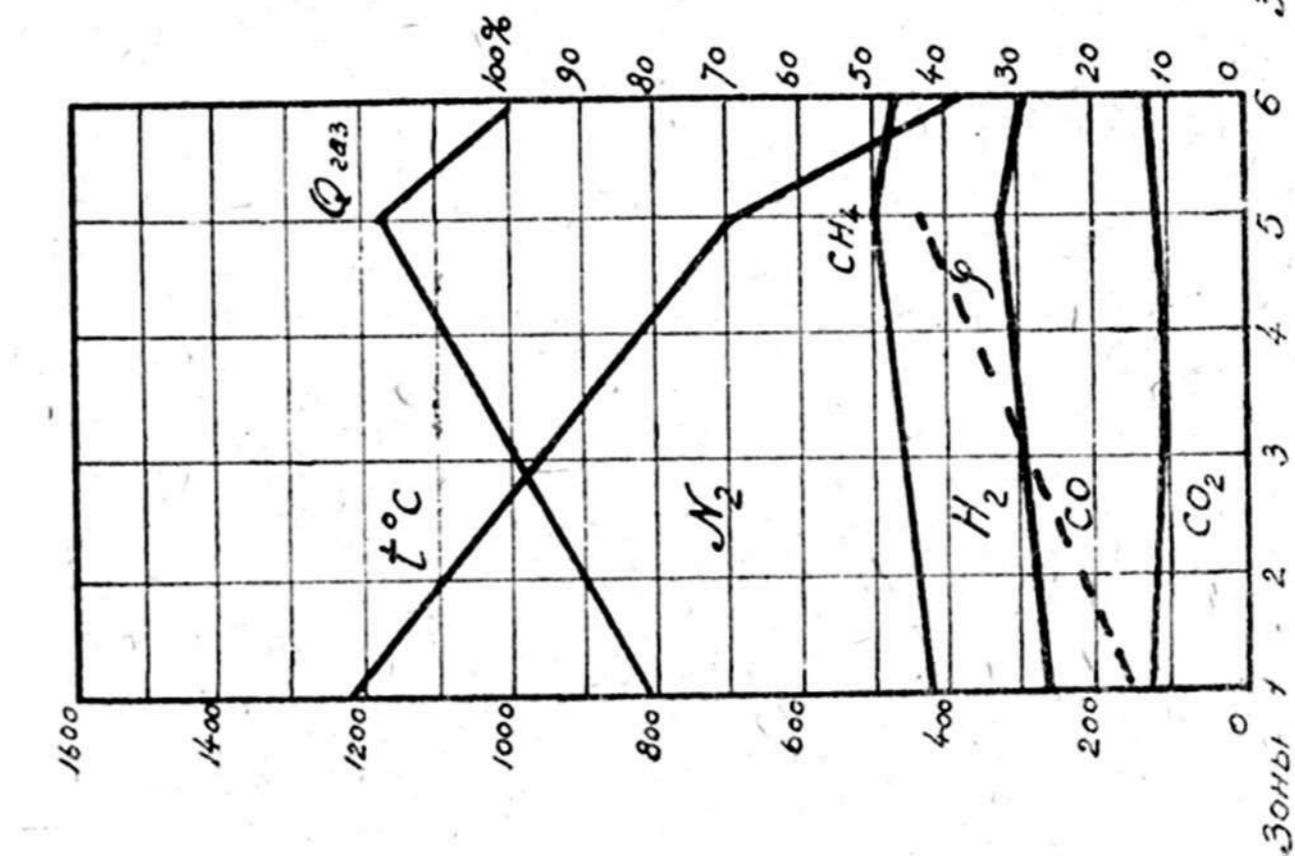


Рис. 27.

невольно должно натолкнуть на мысль о возможности его применения для расчета любого газогенератора для силовых установок. Выдвинем два таких аргументных положения, а именно:

1) Всякий генератор для силового газа может быть приведен, в отношении скорости воздуха через нижнее сечение шахты, к газогенератору Неймана и

2) всякий генератор для силового газа может быть приведен, в отношении рода топлива, к газогенератору Неймана, питаемому коксом.

Действительно, допустим, что требуется рассчитать газогенератор один — для двигателя в 5 л. с. с расходом газа $15 \text{ м}^3/\text{ч}$, другой — для двигателя в 25 л. с. с расходом газа $95 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Скорость воздуха через нижнее сечение шахты газогенератора Неймана при диаметре $D = 0,47 \text{ м}$ и расходе $140 \text{ м}^3/\text{ч}$ определяется:

$$W = \frac{4 \cdot 140}{3,14 \cdot 0,47^2} = \frac{140}{0,1735} \cong 800 \text{ м/ч.}$$

Эта скорость, для сохранения условий работы наших газогенераторов идентичными с газогенератором Неймана, а следовательно и для сохранения зон неизменными, в случае их работы на коксе, должна быть одна и та же, т. е. $W = 800 \text{ м/ч}$, тогда сечения в нижней части шахты для наших газогенераторов могут быть определены по общей формуле:

$$q = \frac{S}{800}, \text{ где } q \text{ — сечение в нижней части шахты, а } S \text{ — рас-}$$

ход воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}$ через это сечение. При этих условиях получим:

$$q = \frac{15}{800} = 0,019 \text{ м}^2 \text{ или } d \cong 15,5 \text{ см}$$

$$q = \frac{95}{800} \cong 0,12 \text{ м}^2 \cdot d \cong 38 \text{ см}$$

при кусках топлива нормальной величины (орешек). Отсюда видно, что эти размеры не противоречат данным Гюльдера. Для определения наивыгоднейшей высоты слоя топлива будем исходить также из графика Неймана,

Итак, для газогенератора Неймана наилучший по составу газ определен в зоне под значком 5 (рис. 29), т. е. на высоте забора $0,125 \cdot 4 = 50 \text{ м}$ при питании коксом, поэтому и для рассчитываемых газогенераторов наивыгоднейшей высотой забора газа в случае питания их коксом будем считать высоту — $0,50 \text{ м}$.

Совершенно очевидно, что плотность углерода в каждой объемной единице топлива должна играть роль в том отношении, что зоны по графикам Неймана при большей плотности должны быть сближены, а при меньшей плотности, наоборот, раздвинуты при W -пост. Последнее обстоятельство послужило основанием к выводу инж. Доброхотовым ранее указанных соотношений диаметров и высоты слоя топлива на решетке газогенератора.

Таким образом, для одной и той же напряженности горения углей, наивыгоднейшие высоты слоев топлива в рассчитываемых газогенераторах должны быть исправлены в отношении их удельных весов, взятых по коксу, и только тогда во всех случаях теоретически нужно полагать, что выход газа будет одного и того же состава.

Введя теперь эти коррективы и, исходя из того, что взвешивания, произведенные в лабораторной обстановке в равных условиях для кокса, антрацита и березового угля, дали следующие величины:

2 литра кокса	0,587 кг
2 » антрацита	1,54 »
2 » древесного угля	0,410 »

Принимая вес кокса равным 1, получим:

для антрацита	2,63 кг
» древесного угля	0,70 »

Тогда распределение зон Неймана значительно уже для антрацита, чем для кокса, а для древесного угля — шире.

Если принять во внимание вычисленные поправочные коэффициенты и исходить из наивыгоднейшей высоты кокса для газогенератора Неймана $h_n = 0,5 \text{ м}$, то для разных сортов топлива наивыгоднейший забор газа выразится следующими величинами:

$$\text{для кокса } h_n \times 1 = 0,50 \text{ м;}$$

$$\text{для древесного угля } \frac{h_n}{0,70} = \frac{0,5}{0,70} = 0,71 \text{ м;}$$

для антрацита $\frac{h_n}{2,63} = \frac{0,5}{2,63} = 0,19 \text{ м.}$

Во всяком случае, эти величины значительно меньше, нежели полученные из объемных данных Гюльднера. И все-таки, несмотря на это, оказывается, что в отношении главного для нас топлива — древесного угля, наивыгоднейшая зона забора также мало устраивает в смысле конструктивных соображений, т. е. она требует от газогенератора слишком большой высоты.

Если же работать с постепенным падением зоны забора, т. е. отказаться от устройства загрузки, или не загружать часто газогенератор, то это, с одной стороны, повлечет за собой изменение в режиме работы двигателя, вследствие непрерывно меняющегося сопротивления всасыванию, и, с другой стороны, — к изменениям во время работы состава газа, т. е. к обязательной непрерывной регулировке подачи воздуха к двигателю. Нужно полагать, что весьма важно иметь в данных условиях может быть не наилучшую зону забора газа, но зато постоянную, обеспечив ее непрерывной подачей новых порций горючего, а следовательно и более постоянным составом газа.

Поэтому, идя теперь совершенно сознательно по пути понижения забора газа в отношении древесного угля и кокса, мы заведомо поступаемся некоторой (правда, еще практически мало освещенной) долей экономии в процессе, но зато получаем известные конструктивные удобства в отношении общей компоновки легкого газогенератора.

Во всяком случае, при конструировании в дальнейшем опытного газогенератора на основе предложенных рассуждений, имелось в виду, получая газ при низком заборе, — 0,30 м, сравнить его с нормальным газом существующих стационарных установок.

Опытный газогенератор, спроектированный и выполненный по этому принципу, дал вполне удовлетворительные результаты при многократных испытаниях.

Производя расчет газогенератора для мощности в 5 л. с. по методу приведения его к газогенератору Неймана на коксе, получим следующие размеры:

$$q_5 = \frac{55}{800} = 0,069 \text{ м}^2 \quad d_5 \sim 150 \text{ мм.}$$

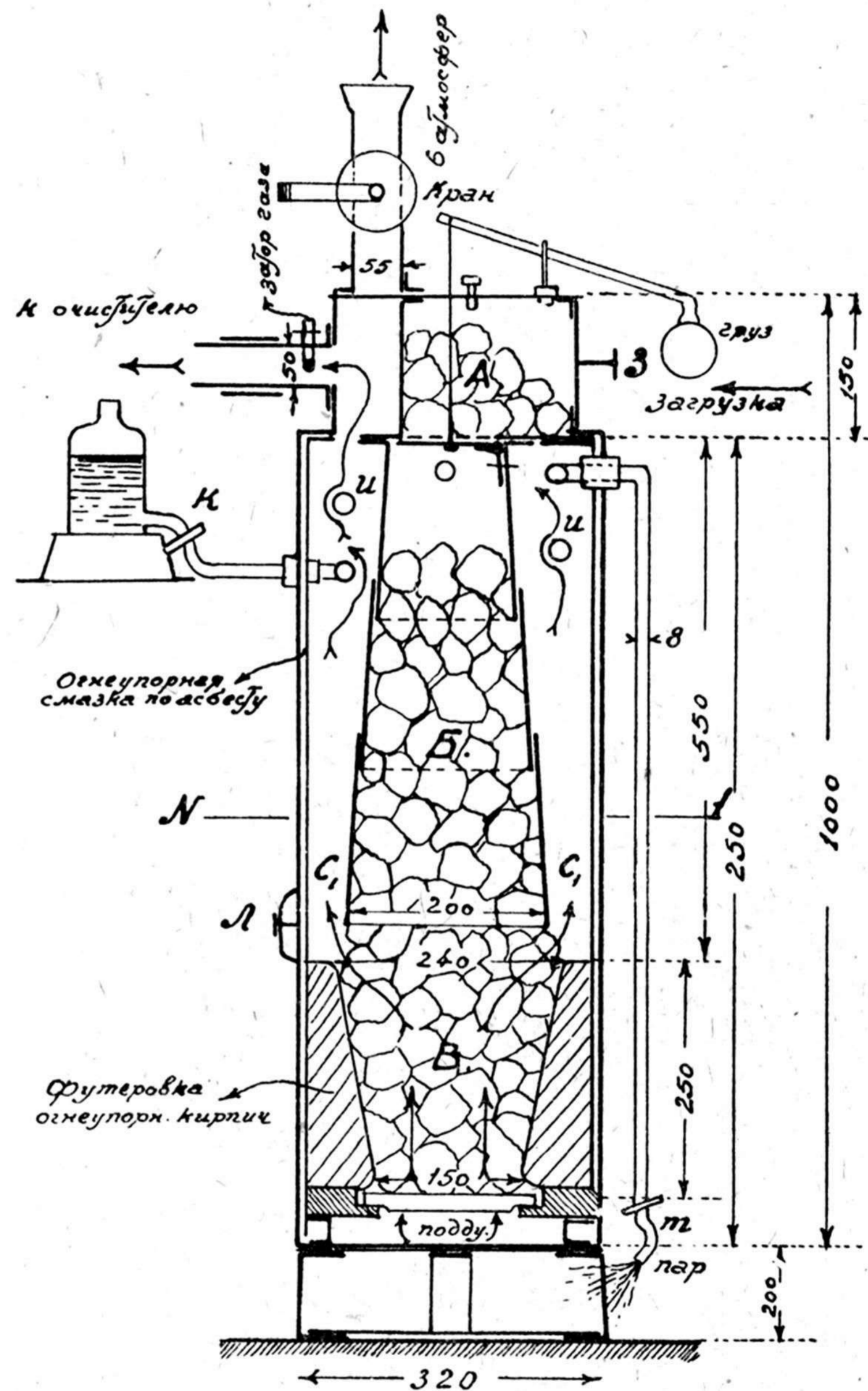


Рис. 30.

Высоту забора газа, согласно предыдущего, выбираем 300 мм, как основную. Кроме того, эта высота может изменяться, вследствие особой конструкции питания газогенератора из центральной трубы.

В опытном газогенераторе шахта *B* (рис. 30, 31, 32 и 33) выполнена с уширением вверх для уменьшения сопротивления, и как некоторая компенсация за счет потери высоты, дабы уменьшить скорость прохода газа через нагретые слои топлива или, что то же самое, чтобы увеличить время для разложения CO_2 и особенно водяного пара

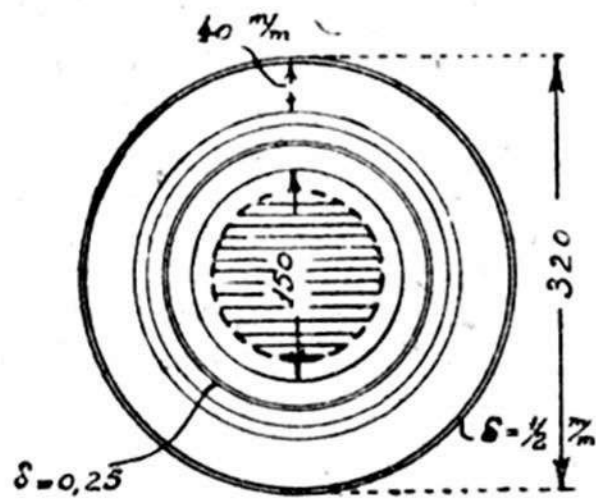


Рис. 31.

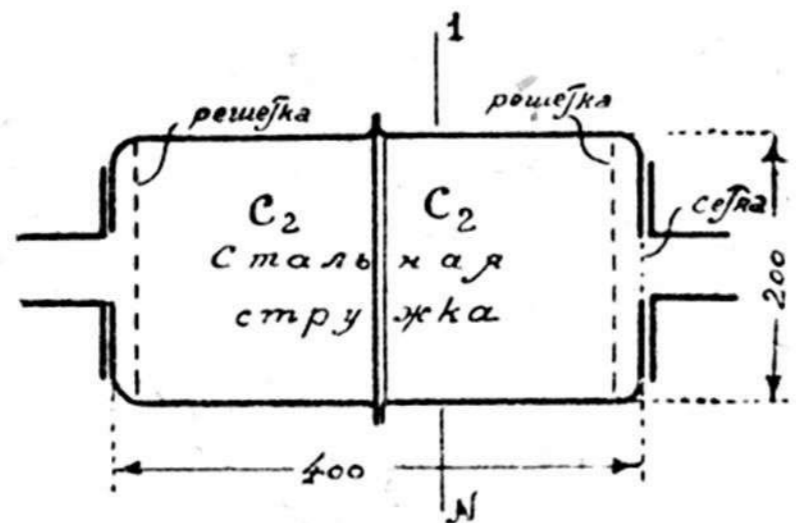


Рис. 32.

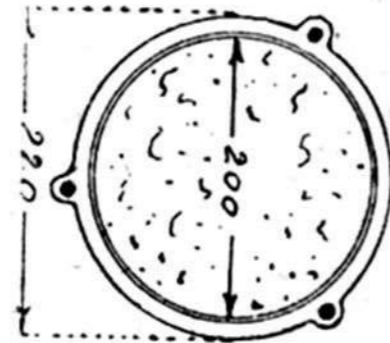


Рис. 33.

при пользовании паровоздушным процессом, так как диссоциация паров воды, вообще говоря, протекает более медленно, нежели диссоциация CO_2 .

Труба *B* сдвижная, для возможности менять высоту забора газа, играет роль рукава, непрерывно питающего активную часть процесса; кроме того свежее топливо, поступающее через загрузочный лаз *Z* в загрузочную коробку *A* и окно *O*, закрывающееся заслонкой на проволоочной тяге с рычагом и грузом, получает в этой трубе термическую обработку от тепла отходящих газов процесса — отдает влагу, смолу и т. п., стекающие или удаляющиеся в виде паров к концу трубы, где, вследствие соприкосновения с раскаленным углеродом, они подвергаются либо диссоциации, либо сгорают.

Загрузка топлива производится мелкими порциями из коробки *A*.

Футеровка топливника или шахты выполнена из огнеупорного кирпича, уложенного по чугунному кольцу, состоящему из двух половин.

Колосниковая решетка — чугунная, также состоит из двух

частей, для возможности свободного расширения от нагрева.

Полукольца покоятся на уголках из полосового железа и укреплены на общем основании с корпусом газогенератора так, что корпус может иметь самостоятельную подвижку от футеровки, вследствие нагрева.

Корпус газогенератора выполнен из имеющегося в наличии материала.

Испаритель *и* в виде спирали из медной трубки, помещенный в полости между трубкой *B* и корпусом газогенератора, питается водой от резервуара *K*. Регулировка подачи воды выполнена помощью обыкновенного зажима на резиновой трубке, соединяющей резервуар *K* со спиралью. Образующийся пар поступает по трубке вниз и помощью резинового шланга с медным наконечником *т* направляется в поддувало под решетку топливника.

Отработанный газ двигатель подает при помощи отвлечения от основной выхлопной трубы прямо под решетку газогенератора, приток газа регулируется обыкновенным пробковым краном, установленным на указанном ответвлении.

Очистительное устройство состоит из стальных стружек, помещенных в очистителе *C* (рис. 32 и 33), и, кроме того, в полости между трубой *B* и корпусом газогенератора на заплечике футеровки в *C* заложены такие же стружки через люк *Л*. Последняя мера имела целью не столько усилить очистку, сколько воспользоваться каталитическими свойствами железа для получения большего выхода метана (CH_4); нужно полагать, что эту роль частично выполняет также и конец железной трубы *B*, ибо данные анализа газа, как будет видно из дальнейшего, определенно указывают на повышенное содержание метана, за счет уменьшения количества водорода.

Основные размеры всей конструкции указаны на рис. 30, 31, 32 и 33.

Общий вес газогенератора, несмотря на многие излишки в отношении допущенного материала, составляет около 90 кг.

Путь движения воздуха и газа указан стрелками.

Опытное исследование работы на генераторном газе агрегатов Penta в 4 л. с. и Bryton в 8 л. с.

Как упоминалось, первым объектом для исследования работы бензиновых двигателей на генераторном газе являлся

агрегат Penta номинальной мощностью 4—5 л. с. с автоматическими всасывающими клапанами.

Для осуществления поставленной задачи пришлось выполнить частичное переустройство двигателя в отношении подогрева поступающей бензиновой смеси.

Имеющийся подогрев был отброшен, так как при работе двигателя на газе он являлся излишним, выхлопные газы были выведены помимо подогревателя, трубчатый подогреватель удален, но камера его была оставлена и являлась как бы камерой смешения для газа и воздуха, идущего через карбюратор во время работы двигателя на газе при выключенном бензине. Кроме подачи воздуха через карбюратор (главная подача), дополнительная подача осуществлялась помощью двустенного цилиндра, с взаимно перекрывающимися отверстиями, установленного вместо автоматического шарикового затвора, принятого в этой конструкции, и представляющего собою как бы расчлененную систему карбюратора Грувель.

Поддувка отработанного газа осуществлялась помощью ответвления от магистральной выхлопной трубы с регулируемым краном, установленным на этом ответвлении.

Газогенератор присоединялся к двигателю помощью трубы диаметром $1\frac{1}{2}$ дюйма через очиститель, труба при подходе к двигателю была снабжена обычным дросселем для регулировки количества газа.

Для изменения степени сжатия вкладывались медные прокладки под пятку шатуна на верхний подшипник коленвала.

Таким образом, при толщине прокладок 2,86 мм и 0,85 мм имелась возможность изменять степень сжатия от $\epsilon = 4$ последовательно: 4,2; 4,31; 4,55; 4,66; 5,05; 5,54 до 6,16, т. е. почти до упора в ограничитель хода поршня.

Пользуясь такой возможностью, был намечен план исследования, заключающийся в том, чтобы последовательным повышением степени сжатия найти такое наибольшее ϵ для данных температурных условий и состава всасываемой смеси, что при дальнейшем уже повышении ее будет иметь место детонация.

В условиях опыта для температур всасываемого газа, близких к $140—150^\circ$, при 15—16% водорода, такая степень сжатия определилась около 4,66, а для генераторного газа с 5—7% водорода она лежит за пределами 6,16, но достаточно близко к ней при тех же температурах.

Нагрузка осуществлялась на ламповый реостат от динамомашины мощностью 2,8 квт.

До испытаний были произведены определения теплотворных способностей бензина (2-й сорт) и древесного угля.

Для бензина две серии определений помощью калориметра Юнкера дали среднюю величину рабочей теплотворной способности $H = 10\,023$ кал, а для древесного угля таковая, определенная помощью бомбы Крөккера, составила 6 920 кал.

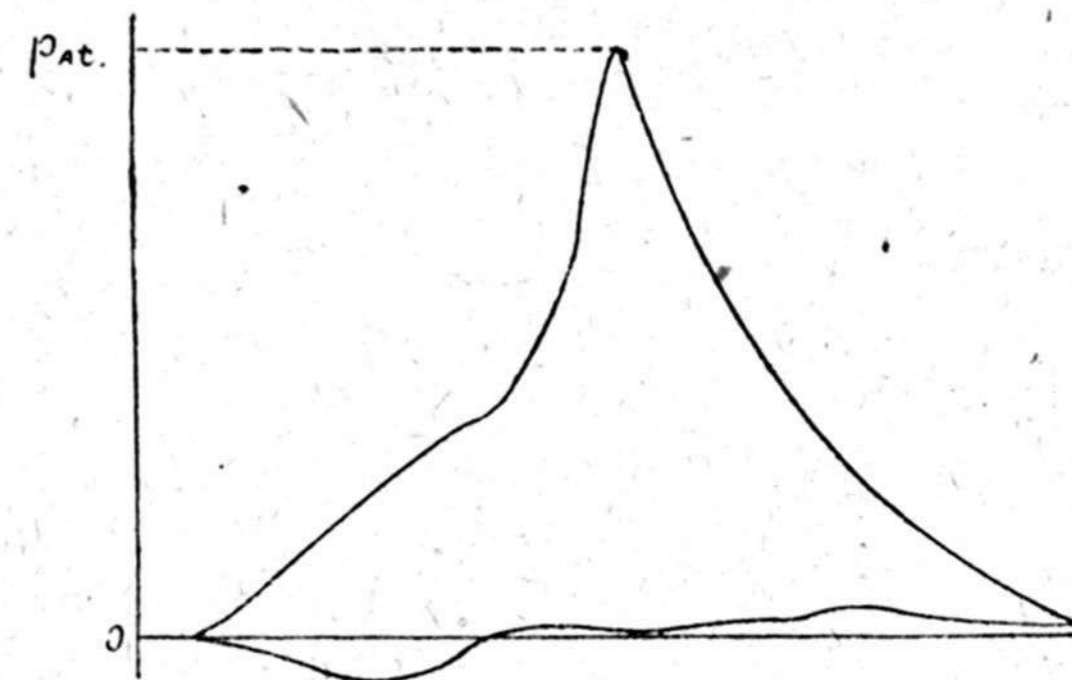


Рис. 34.

Прежде чем перейти непосредственно к изложению цифровых данных, необходимо отметить, что в этом труде определялись, главным образом, величины общего порядка, а именно: N_i — индикаторная мощность двигателя, N_a — мощность, развиваемая агрегатом, N_e — эффективная мощность двигателя, η_i — индикаторный коэфф. полезн. действия, η_a — коэфф. полезн. действия установки, η_e — эффективный коэфф. полезн. действия двигателя, $\eta_{мех}$ — механический к. п. д. двигателя, C_i — расход горючего на индикат с/ч., C_a — расход горючего на эконо. с/ч., C_e — расход горючего на эффективн. с/ч.

В последующем приводятся средние цифровые данные исследований с пояснениями и подсчетами.

Соответствующие индикаторные диаграммы указаны ссылками на рисунки.

Агрегат «Penta».

I. Исследование работы на бензине. $H'_a = 10\,023$ кал. $\epsilon = 4$. Средние данные наблюдений: число оборотов в минуту по тахометру — 913. Нагрузка — $107,7v \times 20,7a$; расход горючего (бензин) — 0,758 кг; продолжительность работы — 30 мин. (рис. 34, 35).

Производя обычные подсчеты и планиметрируя индикаторные диаграммы, полученные помощью оптического индикатора Гопкинсона (рис. 34, 35), получим следующее:

Среднее индикаторное давление $P_i = 4,57$ атм.

$N_i =$

$$\frac{F \cdot H \cdot p_i \cdot Z \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 75},$$

где F — площадь поршня 57 см^2 , H — длина хода поршня $0,10 \text{ м}$, p_i — средн. инд. давление атм., Z — число цилиндров 2 , n — число оборотов двигателя в 1 мин.

$N_a = \frac{v \cdot a}{736} = \frac{107,7 \cdot 20,7}{736} = 3,02 \text{ л. с.}$

Кoeffициент полезного действия динамомашин для всех случаев принят один и тот же — $0,70$; при этих условиях находим эффективную мощность двигателя:

$$N_s = \frac{3,02}{0,70} = 4,32 \text{ л. с.} \quad \eta_{\text{мех}} = \frac{4,32}{5,26} = 0,82.$$

Полный расход тепла горючего за $1/2$ часа:

$$Q = 10\,023 \cdot 0,758 = 7\,597 \text{ кал.}$$

$$\text{Расход тепла горюч. на инд. с/ч; } q_i = \frac{7\,597 \cdot 2}{5,26} = 2\,890 \text{ кал.}$$

$$\text{Расход тепла горюч. эконом. с/ч; } q_a = \frac{7\,597 \cdot 2}{3,02} = 5\,030 \text{ кал.}$$

$$\text{Расход тепла горюч. эф. с/ч; } q_s = \frac{7\,597 \cdot 2}{4,32} = 3\,520 \text{ кал.}$$

$$\eta_i = \frac{632}{2\,890} = 0,22; \quad C_i = \frac{2\,890}{10\,023} = 0,288 \text{ кг с/ч.}$$

$$\eta_a = \frac{632}{5\,030} = 0,126; \quad C_a = \frac{5\,030}{10\,023} = 0,500 \text{ кг с/ч.}$$

$$\eta_s = \frac{632}{3\,520} = 0,18; \quad C_s = \frac{3\,520}{10\,023} = 0,350 \text{ кг с/ч.}$$

После этого испытания было произведено три предварительных испытания агрегата на паровоздушном генераторном газе, причем первое при прежней степени сжатия $\epsilon = 4$, а последующие при $\epsilon = 4,31$ и $\epsilon = 4,66$.

Индикаторные диаграммы были сняты лишь для первого опыта.

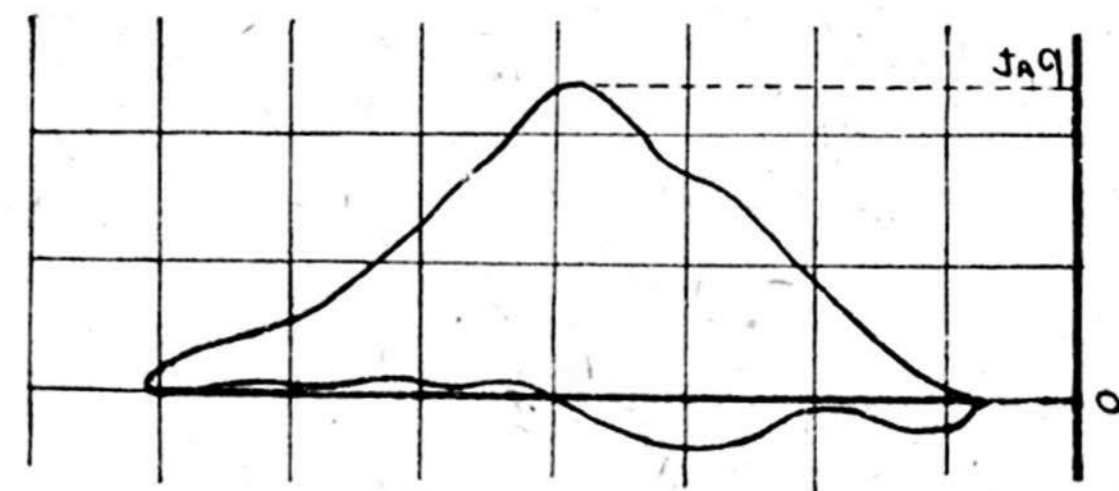


Рис. 36.

II. Работа на генераторном паровоздушном газе; $\epsilon = 4$. Средние данные наблюдений: число оборотов — 987 в мин. Нагрузка — $87,75 \text{ в} \times 8,17 \text{ а}$. Расход горючего (древесн. уголь) $1,596 \text{ кг}$; температура газа — $144,6^\circ$. Продолжительность работы — 46 мин. (рис. 36).

p_i — средн. = $1,83$ атм.

$$N_i = \frac{57 \cdot 0,10 \cdot 1,83 \cdot 987 \cdot 2}{2 \cdot 60 \cdot 75} = 2,29 \text{ л. с.}$$

$$N_a = \frac{87,75 \cdot 8,17}{736} = 0,975 \text{ л. с.,}$$

следовательно, от бензинового двигателя составит всего лишь

$$\frac{0,975}{3,02} \cdot 100 = 32,2\%,$$

$$N_s = \frac{0,975}{0,70} = 1,40 \text{ л. с.} \quad \eta_{\text{мех}} = \frac{1,40}{2,29} = 0,61;$$

расход горючего в час $\frac{1,696 \cdot 60}{46} = 2,21 \text{ кг,}$

расход тепла горючего в час $Q = 2,21 \cdot 6\,920 \cong 14\,600 \text{ кал.}$

$$q_i = \frac{14\,600}{2,29} = 6\,370 \text{ кал; } \eta_i = \frac{632}{6\,370} = 0,10;$$

$$q_a = \frac{14\,900}{0,975} = 15\,000 \text{ кал; } \eta_a = \frac{632}{15\,000} = 0,042;$$

$$q_s = \frac{14\,600}{1,40} = 10\,420 \text{ кал; } \eta_s = \frac{632}{10\,420} = 0,061;$$

$$C_i = \frac{6\,370}{6\,920} = 0,92 \text{ кг с/ч.}$$

$$C_a = \frac{15\,000}{6\,920} = 2,17 \text{ кг с/ч.}$$

$$C_s = \frac{10\,420}{6\,920} = 1,51 \text{ кг с/ч.}$$

Забор проб у генераторного газа производился сейчас же после остановки двигателя в аспиратор, а затем он подвергался анализу помощью прибора Орса, причем для сжигания водорода применялась кварцевая трубочка с палладием и азбестом.

Состав газа определился следующий (по объему):

$$\text{H}_2 - 12,4\%; \text{CO} - 19\%; \text{CH}_4 - 2,2\%$$

$$\text{O}_2 - 1,6\%; \text{CO}_2 - 9,8\%; \text{N} - 55\%$$

теплотворная способность такого газа примерно составит около 996 кал/м^3 .

Оценивая этот первый опыт, необходимо указать, что низкий механический коэффициент полезного действия, очевидно, получен вследствие плохих условий смазки. Кроме того регулировка в отношении состава смеси была неудачна — расход топлива велик.

Низкое качество генераторного газа объясняется большой недогрузкой газогенератора.

III. Работа на генераторном паровоздушном газе; $\varepsilon = 4,55$. Средние данные наблюдений. Число оборотов 968 в мин. Нагрузка — $103,2 \text{ в} \times 10,78 \text{ а}$. Расход древесного угля — $1,755 \text{ кг}$. Температура газа — $139,6^\circ$. Продолжительность работы — 55 мин.

$$N_a = \frac{103,2 \cdot 10 \cdot 78}{736} = 1,52 \text{ л. с.}$$

по отношению к бензиновому двигателю —

$$\frac{1,55}{3,02} \cdot 100 = 50,3\%;$$

$$N_s = \frac{1,52}{0,70} = 2,17 \text{ л. с.}$$

расход угля $\frac{1,755 \cdot 60}{55} = 1,91 \text{ кг;}$

расход тепла горючего в час $Q = 1,91 \cdot 6\,920 = 13\,200 \text{ кал;}$

$$q_a = \frac{13\,200}{1,52} = 8\,680 \text{ кал;}$$

$$\eta_a = \frac{632}{8\,680} = 0,073;$$

$$q_s = \frac{13\,200}{2,17} = 6\,075 \text{ кал;}$$

$$\eta_s = \frac{632}{6\,075} = 0,104$$

$$C_a = \frac{8\,680}{6\,920} = 1,26 \text{ кг с/ч;}$$

$$C_s = \frac{6\,075}{6\,920} = 0,88 \text{ кг с/ч.}$$

Из сопоставления с предыдущим видно, что экономичность работы значительно возросла.

IV. Работа на генераторном паровоздушном газе; $\varepsilon = 4,66$. Средние данные наблюдений: число оборотов — 1 015 в мин.; нагрузка — $103,3 \nu \times 15,1 a$; расход древесного угля — $2,2 \text{ кг}$; температура газа — $142,5^\circ$. Продолжительность работы 55 мин.

$$N_a = \frac{103,3 \cdot 15,1}{736} = 2,12 \text{ л. с.},$$

следовательно от бензинового двигателя —

$$\frac{2,12}{3,02} \cdot 100 = 70,2\%$$

$$N_g = \frac{2,12}{0,70} = 3,03 \text{ л. с.}$$

Расход угля в час $\frac{2,20 \cdot 60}{55} = 2,40 \text{ кг.}$

$$Q = 2,40 \cdot 6920 = 16600 \text{ кал.}$$

$$q_a = \frac{16600}{2,12} = 7830 \text{ кал.}$$

$$\eta_a = \frac{632}{7830} = 0,081;$$

$$q_g = \frac{16600}{3,03} = 5475 \text{ кал.}$$

$$\eta_g = \frac{632}{5475} = 0,116;$$

$$C_a = \frac{7830}{6920} = 1,13 \text{ кг с/ч.}$$

$$C_g = \frac{5475}{6920} = 0,792 \text{ кг с/ч.}$$

Итак, здесь наблюдается дальнейшее повышение экономичности.

Состав газа, по данным анализа, определился в следующих объемных соотношениях:

$$\text{H}_2 — 20,5\%; \text{CO} — 23\%; \text{CH}_4 — 0,14\%$$

$$\text{O}_2 — 0,8\%; \text{CO}_2 — 6,8\%; \text{N} — 48,7\%$$

После этих предварительных опытов было поставлено более длительное исследование на паровоздушном газе в течение 4 час. 35 мин.

V. Работа на генераторном паровоздушном газе. $\varepsilon = 4,66$. Средние данные наблюдений: 1 108,4 оборотов в минуту; нагрузка — $110,2 \nu \times 16,1 a$; расход древесного угля — $11,89 \text{ кг}$ температура газа $137,2^\circ$. Продолжительность работы 4,58 часа (рис. 37, 38, 39, 40, 41).

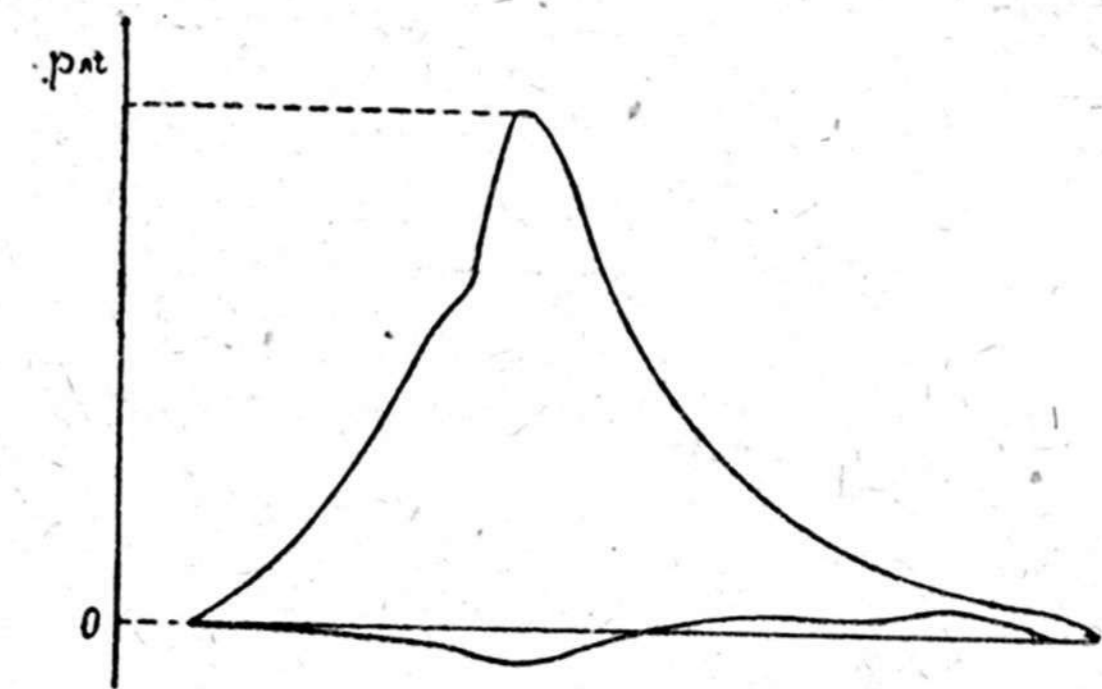


Рис. 37.

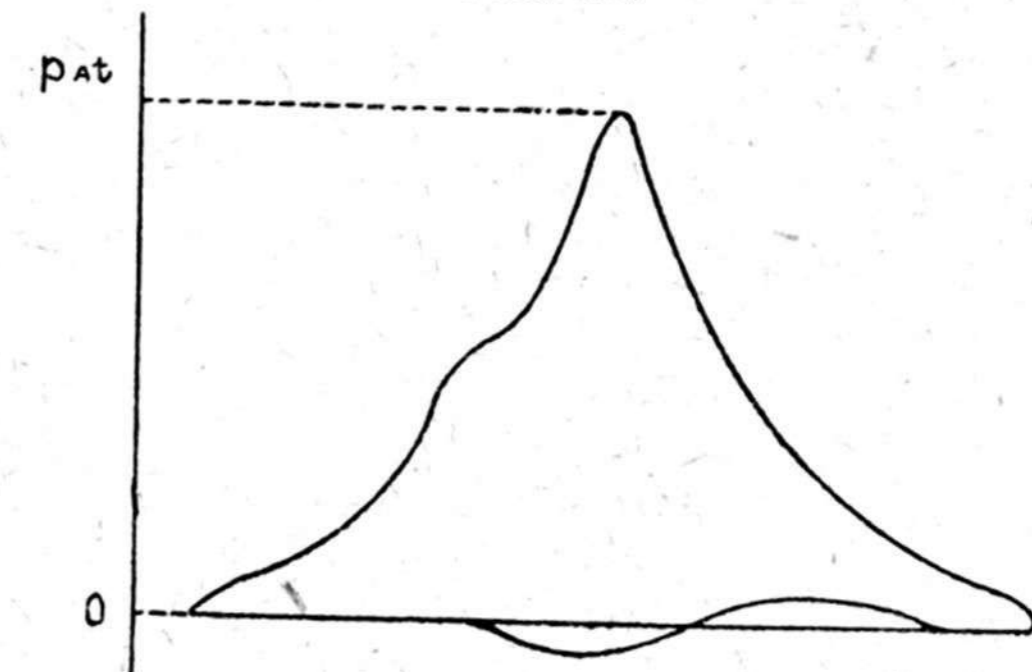


Рис. 38.

p_i среднее — 3,16 атм.

$$N_i = \frac{57 \cdot 0,10 \cdot 3,16 \cdot 1108,4 \cdot 2}{2 \cdot 60 \cdot 75} = 4,44 \text{ л. с.},$$

$$N_a = \frac{110,2 \cdot 16,1}{736} = 2,41 \text{ л. с.}; N_g = \frac{2,41}{0,70} = 3,45 \text{ л. с.};$$

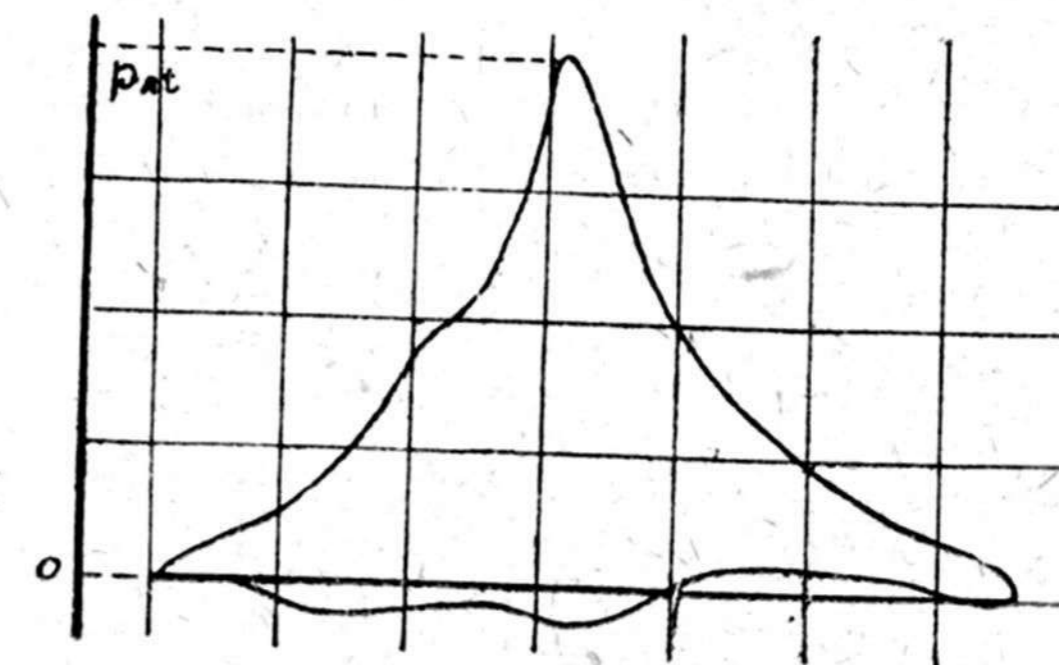


Рис. 39.

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_e}{N_i} = \frac{3,45}{4,44} \approx 0,78$$

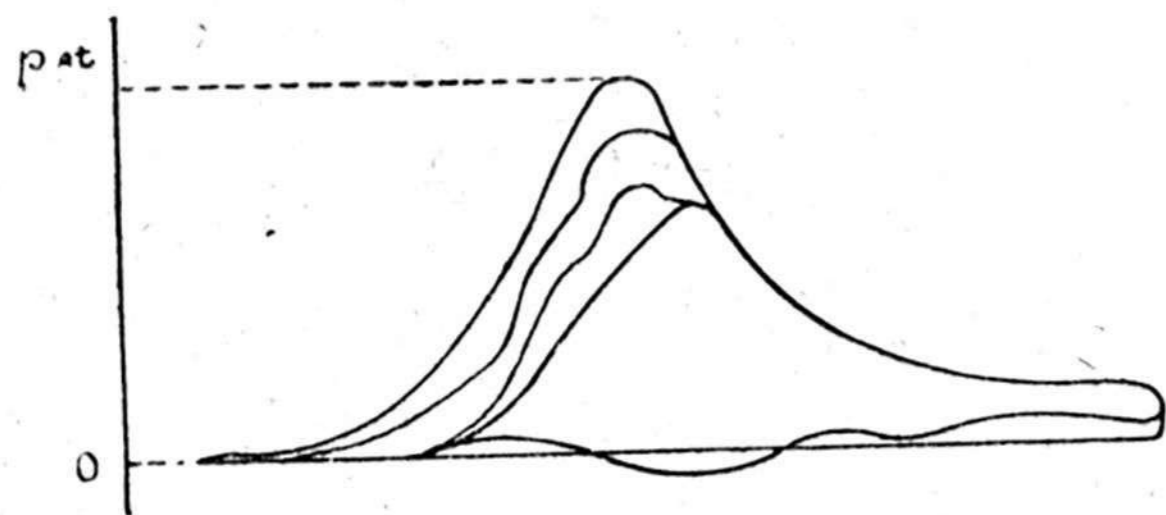


Рис. 40.

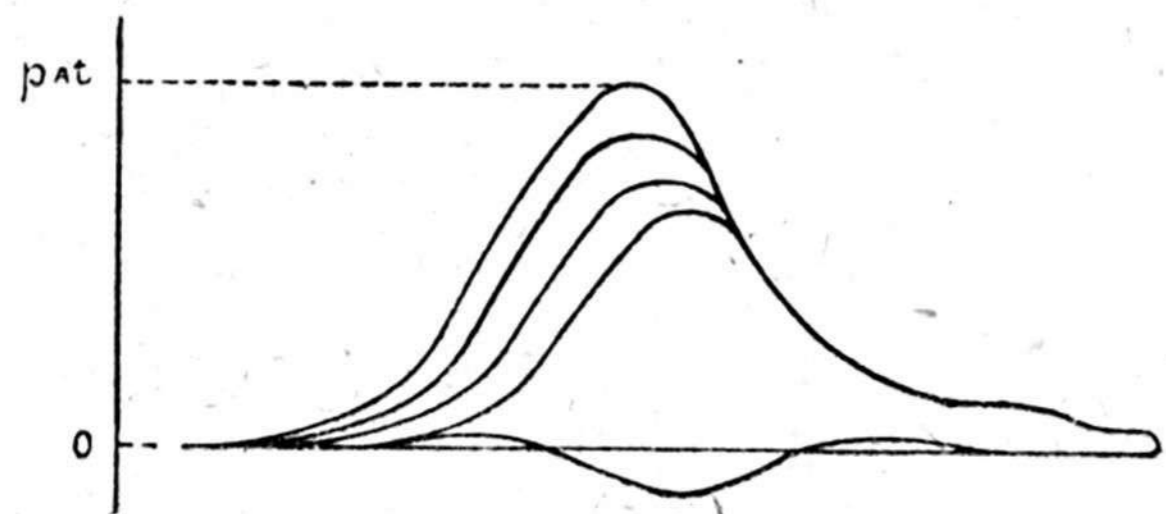


Рис. 41.

От бензинового двигателя $\frac{2,41}{3,02} \cdot 100 \approx 80\%$

расход угля в час $\frac{11,89}{4,58} = 2,60 \text{ кг}$,

расход тепла горючего в час $Q = 2,60 \cdot 6920 = 18000 \text{ кал}$;

$$q_i = \frac{18000}{4,44} = 4060 \text{ кал}; \quad \eta_i = \frac{632}{4060} = 0,156;$$

$$q_a = \frac{18000}{2,41} = 7460 \text{ кал}; \quad \eta_a = \frac{632}{7460} = 0,085;$$

$$q_e = \frac{18000}{3,45} = 5220 \text{ кал}; \quad \eta_e = \frac{632}{5220} = 0,121;$$

$$C_i = \frac{4060}{6920} = 0,587 \text{ кг с/ч}; \quad C_a = \frac{7460}{6920} = 1,057 \text{ кг с/ч};$$

$$C_e = \frac{5220}{6920} = 0,755 \text{ кг с/ч}.$$

Анализ отработанных продуктов горения из нескольких проб указал на хорошее сгорание в цилиндрах двигателя.

1 проба	CO ₂ — 16 ⁰ /о;	CO — 0 ⁰ /о;	O ₂ — 3 ⁰ /о.
2 »	CO ₂ — 17,4 ⁰ /о;	CO — 0 ⁰ /о;	O ₂ — 2,8 ⁰ /о;
3 »	CO ₂ — 16,8 ⁰ /о;	CO — 0 ⁰ /о;	O ₂ — 2,6 ⁰ /о;
4 »	CO ₂ — 16 ⁰ /о;	CO — 0 ⁰ /о;	O ₂ — 3,5 ⁰ /о;
5 »	CO ₂ — 17,4 ⁰ /о;	CO — 0 ⁰ /о;	O ₂ — 2,3 ⁰ /о;

что в среднем составит CO₂ — 17⁰/о и O₂ ~ 2,85⁰/о, почти при полном отсутствии CO.

Анализ генераторного газа, произведенный обычным путем, дал такой состав:

H₂ — 15⁰/о; CO — 20%; CH₄ — 4,48⁰/о;

O₂ — 1,4%; CO₂ — 8,6⁰/о; N — 50,22

H'_u ~ 1171 кал/м³.

Из результатов этого испытания можно видеть, что при E = 4,66 получена довольно хорошая экономичность для данной мощности, кроме того η_{мех} значительно лучше, но, ниже, чем у бензинового двигателя.

Состав генераторного газа вполне удовлетворителен, не отличается от существующих и проверенных опытом; повышенное содержание метана может быть объяснено, как видно из дальнейшего, частичным каталитическим действием внутренней трубы в газогенераторе, нагретой до температуры около 400—500°, а также частичным распадом высших углеводородов до водорода и метана, как более устойчивого углеводорода, с достаточно высоким температурным пределом существования в условиях процесса.

Дальнейшее повышение степени сжатия для генераторного газа данного состава и температуры оказалось невозможным, так как повлекло за собою явление самовоспламенения смеси, и агрегат перестал исправно работать — двигатель останавливался. Действительно, если средняя температура всасываемого газа составляет около 140° или 410° абс., то можно с известной долей вероятности допустить, что температура смеси перед началом сжатия T_a, после восприятия тепла от остаточных газов и т. п., может быть весьма близка к 400° абс., и тогда температура в конце сжатия лежит на пределе, допускаемом расчетом, а именно:

$$\lg \frac{T_c}{T_a} = 0,35 \lg 4,66; \quad \lg \frac{T_c}{T_a} = \lg 1,73.$$

$$T_c = 400 \cdot 1,73 \cong 685^\circ \text{ абс.} > 670^\circ \text{ абс.}$$

После этого испытания, а также проб с повышенными степенями сжатия при работе на паровоздушном газе ($\epsilon = 5,05$), производилась проба агрегата в холостом ходу при $\epsilon = 5,54$ на воздушном газе в течение 3,5 часов при указанных условиях, причем ни регулировка, ни газ не пострадали, двигатель обнаружил достаточную устойчивость, хорошо брал с места, расход древесного угля в холостом ходу выразился в 2,23 кг/ч. Запуск агрегата осуществлялся уже не с бензина, а путем пуска динамомашины электро-

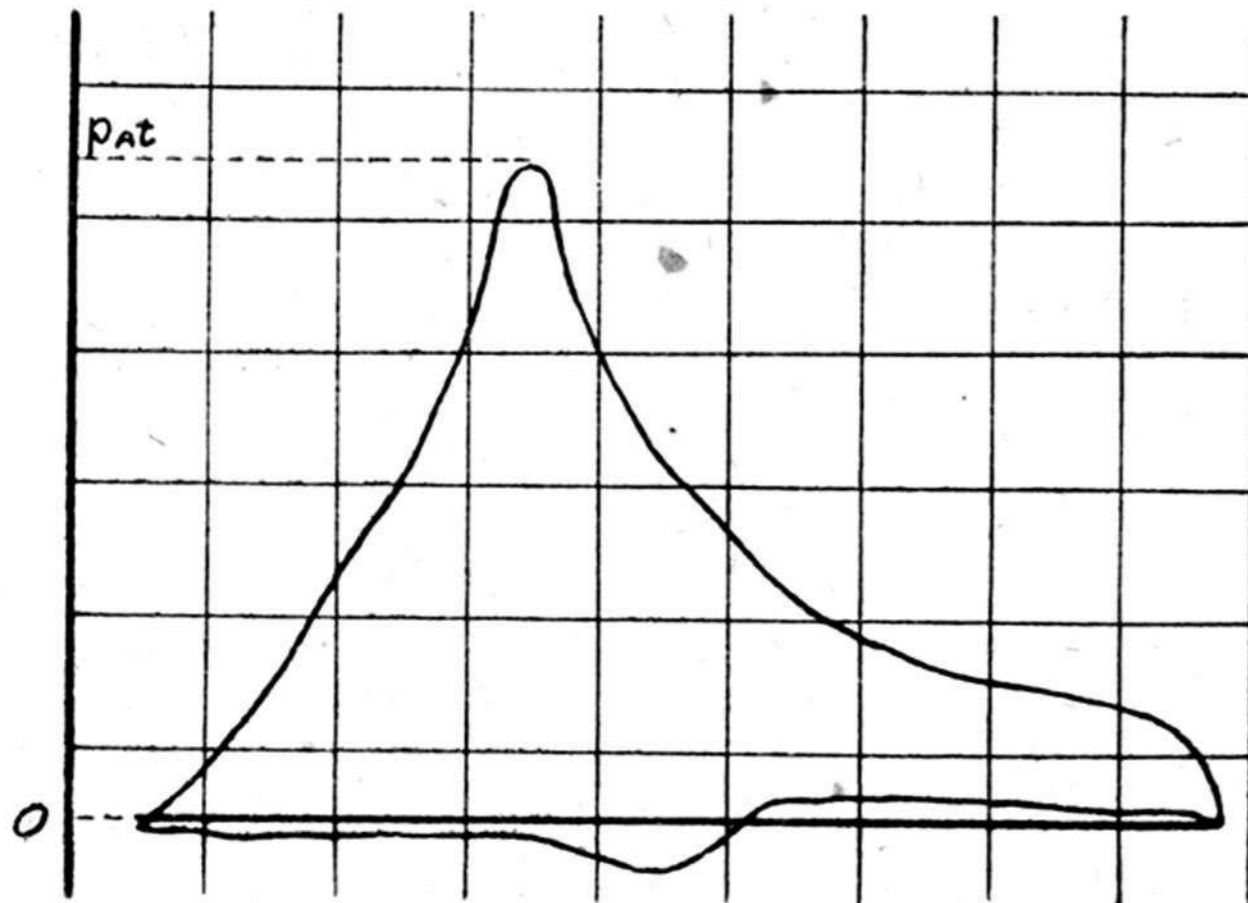


Рис. 42.

мотором, после чего через 5—8 мин. агрегат начинал работу не на смеси бензина с газом, как ранее, с последующим переходом на газ, а естественно — сразу на газе, что конечно дало большие удобства.

Для получения сравнительных данных экономичности работы на паровоздушном газе при $\epsilon = 4,66$, по отношению к работе без пара, при $\epsilon = 5,54$, т. е. при воздушном газе, — был поставлен и этот опыт, причем обнаружено, что стоимость 1 л. с. в случае $\epsilon = 5,54$ для воздушного процесса равна стоимости таковой при $\epsilon = 4,66$ при паровоздушном газе, что указывает на то, что повышение степени сжатия с 4,66 до 5,54 компенсировало в данных условиях пониженную экономичность воздушного генераторного процесса.

VI. Работа на генераторном газе (без пара и без поддувки); $\epsilon = 5,54$. Средние данные наблюдений. Число оборотов — 1 072,62 в мин.; нагрузка — 115,8 в ×

× 16,48 а; расход древесного угля — 10,175 кг; температура газа — 148,8°; продолжительность работы 3,65 часа (рис. 42, 43).

p_i среднее = 3,80 атм.

$$N_i = \frac{57 \cdot 0,10 \cdot 3,80 \cdot 1\,072,62 \cdot 2}{2 \cdot 60 \cdot 75} = 5,17 \text{ л. с.};$$

$$N_a = \frac{115,8 \cdot 16,48}{736} = 2,59 \text{ л. с.}$$

$$\text{От бензинового двигателя} = \frac{2,59 \cdot 100}{3,02} \cong 86\%.$$

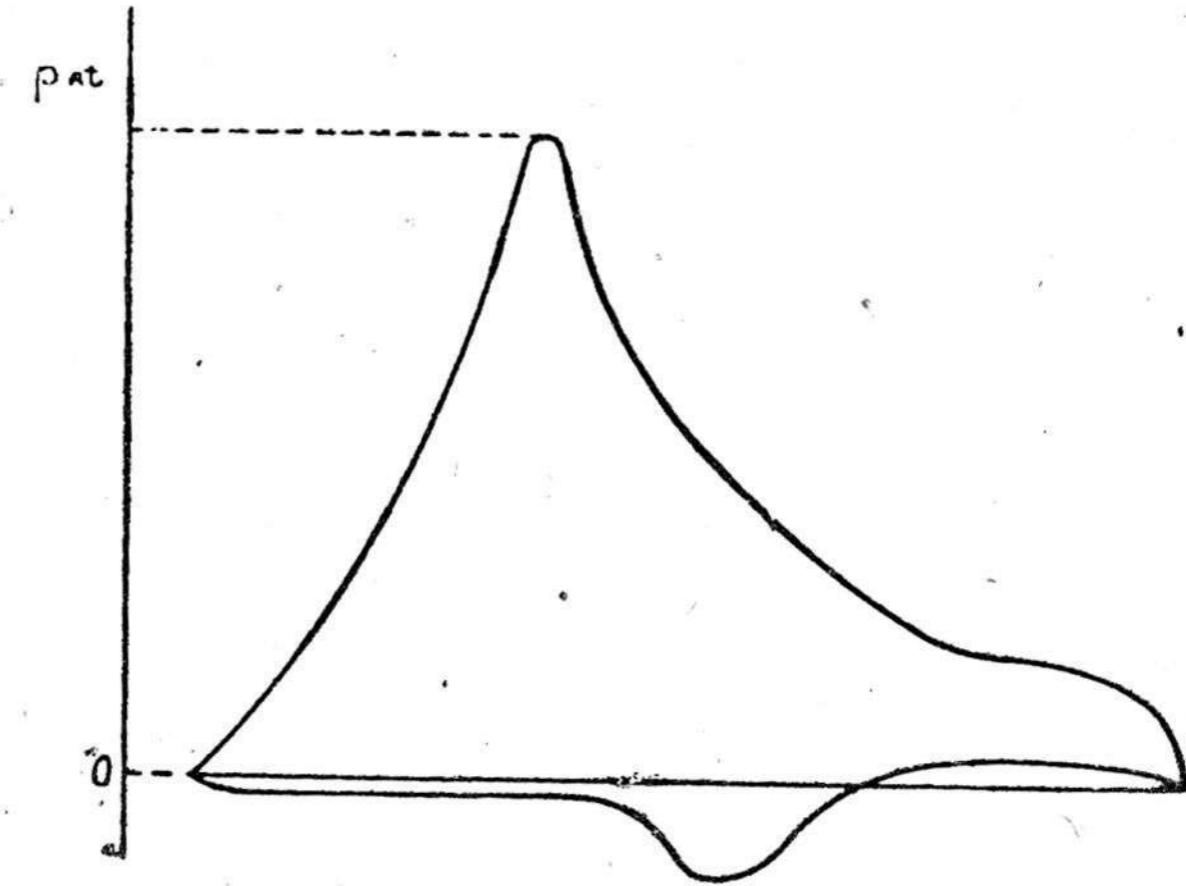


Рис. 43.

$$N_g = \frac{2,59}{0,70} = 3,70 \text{ л. с.}; \quad \eta_{\text{мех}} = \frac{3,70}{5,17} = 0,715;$$

$$\text{расход угля в час} = \frac{10,175}{3,65} = 2,79 \text{ кг};$$

$$\text{расход тепла горючего} Q = 2,79 \cdot 6\,920 = 19\,300 \text{ кал};$$

$$q_i = \frac{19\,300}{5,17} = 3\,740 \text{ кал}; \quad \eta_i = \frac{632}{3\,740} = 0,169;$$

$$q_a = \frac{19\,300}{2,59} = 7\,450 \text{ кал}; \quad \eta_a = \frac{632}{7\,450} = 0,085;$$

$$q_g = \frac{19\,300}{3,70} = 5\,220 \text{ кал}; \quad \eta_g = \frac{632}{5\,220} = 0,121;$$

$$C_i = \frac{3740}{6920} = 0,54 \text{ кг с/ч}; \quad C_a = \frac{7450}{6920} = 1,08 \text{ кг с/ч};$$

$$C_s = \frac{5220}{6920} = 0,755 \text{ кг с/ч}.$$

Состав отработанных продуктов горения в среднем дал такие величины:

CO_2 — от 17 до 17,7%. O_2 — от 1,4 до 3%,

что нужно признать весьма удовлетворительным.

Анализ генераторного газа дал следующие результаты:

H_2 — 8,78%; CO — 21,16%; CH_4 — 3,07%.

O_2 — 1%; CO_2 — 7%; N — 58,99%; $\text{H}_u^1 \sim 1040 \text{ кал/м}^3$

Затем были вложены еще медные вкладыши между пятой шатуна и верхними подшипниками колена вала, причем получено $\epsilon = 6,16$.

Агрегат пущен в ход обычным способом и работал в течение двух часов, N_a — осталась при прежнем значении, но двигатель получил большую устойчивость в работе, напоминающую его работу на бензине. Температура газа оставалась в пределах $120 - 150^\circ$. Вспышки газа следовали одна за другой вполне отчетливо, преждевременного самовоспламенения газа не наблюдалось; регулировка газа осталась прежней.

Таким образом нужно полагать, что $\epsilon \sim 6,16$ в данных температурных условиях находится весьма близко к тому пределу, при котором дальнейшее сжатие может вызвать самовоспламенение газа.

Если сделать подсчет на те же, что и ранее температурные условия, то в случае при $\epsilon = 5,54$, получим: $\lg \frac{T_c}{T_a} = 0,35$
 $\lg 5,54$; $T_c = 400^\circ \text{ абс.}$ $T_c = 400 \cdot 1,82 \cong 725^\circ \text{ абс.} > 723$
 (теоретических), а при $\epsilon = 6,16$. $\lg \frac{T_c}{T_a} = 0,35 \lg 6,16 = \lg 1,89$.
 $T_c = 400 \cdot 1,89 = 765^\circ \text{ абс.} > 723$.

Таким образом нужно считать, что предел повышения ϵ весьма близок к 6 при данной температуре смеси.

После этого был поставлен ряд опытов работы с поддувкой

отработанных продуктов горения двигателя при воздушном процессе и $\epsilon = 5,54$.

VII. Работа на генераторном газе (без пара, с поддувкой отработанных продуктов горения двигателя); $\epsilon = 5,54$. Средние данные наблюдений: число

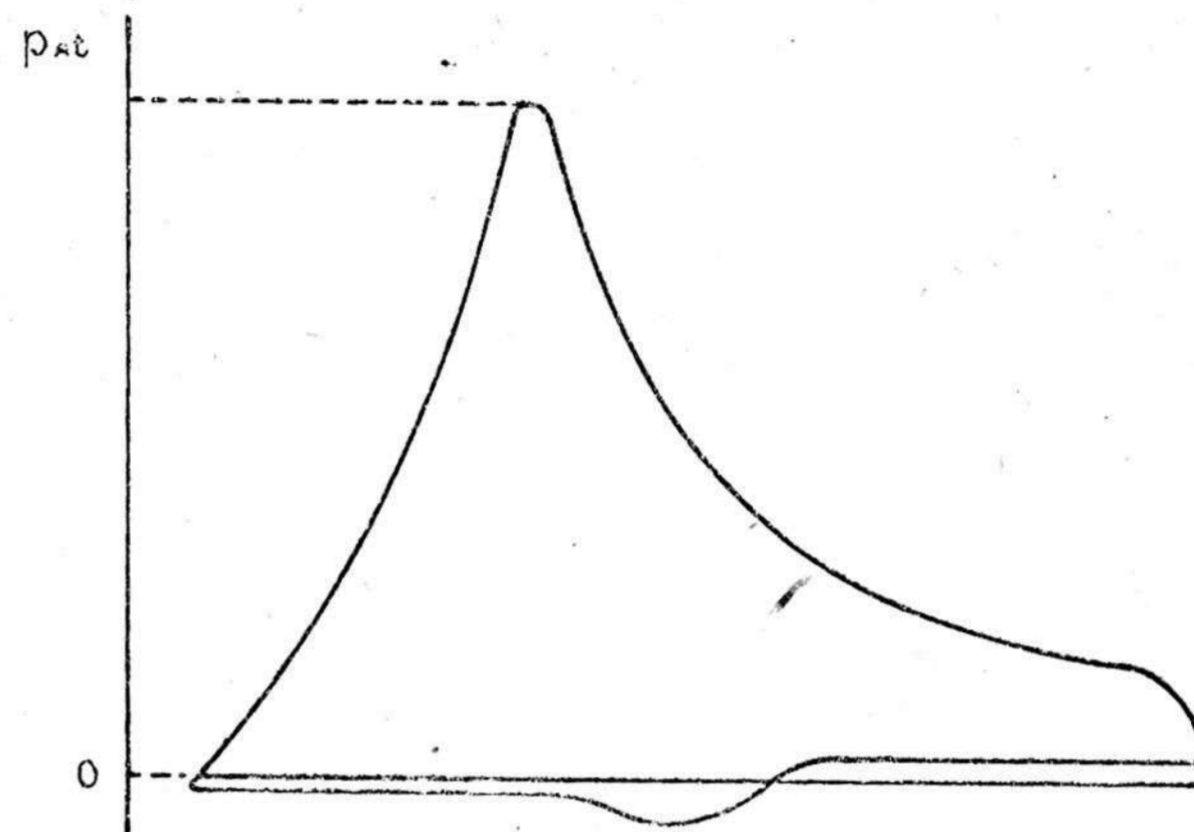


Рис. 44.

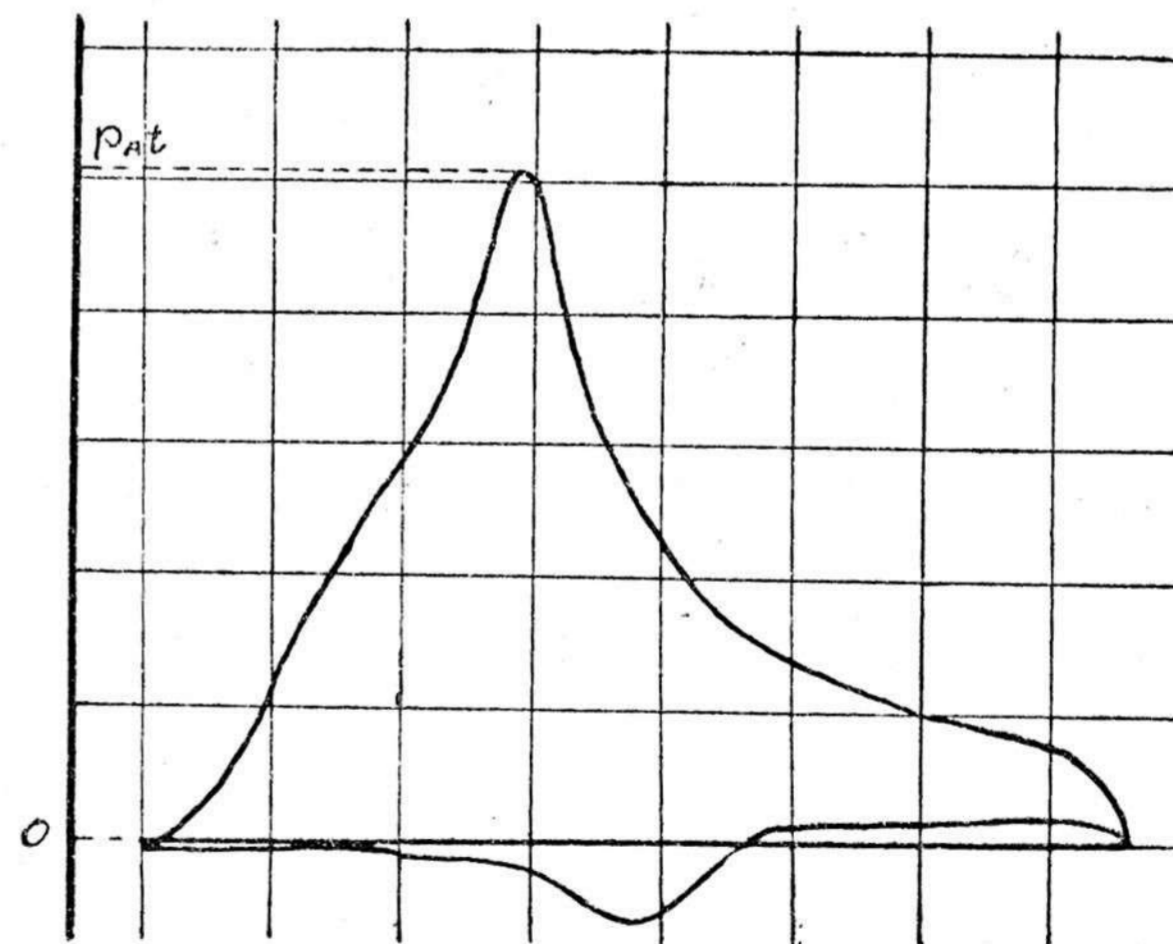


Рис. 45.

оборотов в мин. — 1041; нагрузка — $110,5 \text{ в} \times 15,87 \text{ а}$; расход древесного угля — 10,5 кг; температура газа — 153° ; продолжительность работы — 4,6 часа (рис. 44 и 45).

p_i среднее = 3,84 44,45 атм.

$$N_i = \frac{57 \cdot 0,10 \cdot 3,84 \cdot 1041 \cdot 2}{2 \cdot 60 \cdot 75} = 5,05 \text{ л. с.}$$

$$N_a = \frac{110,5 \cdot 15,87}{736} = 2,39 \text{ л. с.};$$

от бензинового двигателя $\frac{2,39}{3,02} \cdot 100 = 79,3\%$;

$$N_g = \frac{2,39}{0,70} = 3,42 \text{ л. с.}; \quad \eta_{\text{мех}} = \frac{3,42}{5,05} = 0,68;$$

расход угля в час $\frac{10,50}{4 \cdot 70} = 2,235 \text{ кг}$;

расход тепла горючего в час $Q = 2,235 \cdot 6920 = 15420 \text{ кал}$.

$$q_i = \frac{15420}{5,05} = 3060 \text{ кал}; \quad \eta_i = \frac{632}{3060} = 0,206;$$

$$q_a = \frac{15420}{2,39} = 6460 \text{ кал}; \quad \eta_a = \frac{632}{6460} = 0,098;$$

$$q_g = \frac{15420}{3,42} = 4520 \text{ кал}; \quad \eta_g = \frac{632}{4520} = 0,14;$$

$$C_i = \frac{3060}{6920} = 0,443 \text{ кг на с/ч};$$

$$C_a = \frac{6460}{6920} = 0,935 \text{ кг с/ч};$$

$$C_g = \frac{4520}{6920} = 0,655 \text{ кг с/ч}.$$

Состав отработанных продуктов горения, вдуваемых в топливник газогенератора, определен по объему — в процентах:

CO_2 — от 13 до 14% и кислорода от 4 до 5%.

Состав генераторного газа:

H_2 — 5,53%; CO — 21,6%; CH_4 — 5,28%;

CO_2 — 4,8%; O_2 — 0,8%; N — 62,51%; $\text{H}_u \sim 1148 \text{ ккал}$.

Сопоставляя полученные результаты с предыдущими, можно легко усмотреть, что в этом случае экономичность работы агрегата возросла на 13,3%, а именно:

$$\frac{755 - 655}{755} \cdot 100 = 13,3\%$$

несмотря на низкий $\eta_{\text{мех}}$.

В целях проверки полученных результатов было поставлено еще два подобных же исследования, причем в последнем случае поддувка газа была уменьшена, что конечно, сейчас же сказалось на понижении экономичности работы агрегата.

VIII. Работа на генераторном газе (без пара с поддувкой); $\varepsilon = 5,54$. Средние данные наблюдений: число оборотов — 1061 в мин; нагрузка — $112,68 \text{ в} \times 15,85 \text{ а}$; расход древесного угля — 9,63 кг; температура газа — 152°; продолжительность работы — 4,25 часа.

$$N_a = \frac{112,68 \cdot 15,85}{736} = 2,42 \text{ л. с.}, \text{ т. е. от бензинового двигателя } \frac{2,42 \cdot 100}{3,02} \cong 80\%.$$

Расход угля в час $\frac{9,630}{4,25} = 2,27 \text{ кг}$.

Расход тепла горючего в час $Q = 2,27 \cdot 6920 = 15700 \text{ кал}$;

$$N_g = \frac{2,42}{0,70} = 3,46 \text{ л. с.};$$

$$q_a = \frac{15700}{2,42} = 6480 \text{ кал}; \quad \eta_a = \frac{632}{6480} = 0,0976;$$

$$q_g = \frac{15700}{3,46} = 4540 \text{ кал}; \quad \eta_g = \frac{632}{4540} = 0,139;$$

$$C_a = \frac{6480}{6920} = 0,947 \text{ кг с/ч}; \quad C_g = \frac{4540}{6920} = 0,656 \text{ кг с/ч}.$$

Состав выхлопных газов или поддувочного газа:

CO_2 — от 17 до 15% O_2 — от 2,5 до 4%.

Сопоставляя с предыдущим, нетрудно видеть, что экономия на угле почти та же:

$$\frac{755 - 656}{755} \cdot 100 = 13,1\%$$

IX. Работа на генераторном газе (без пара с уменьшенной поддувкой); $\varepsilon = 5,54$. Средние данные наблюдений: число оборотов — 1072 в мин; нагрузка — $114,8 \text{ в} \times 16,2 \text{ а}$; расход древесного угля 10,495 кг; температура газа — $151,5^\circ$; продолжительность работы 4,333 часа.

$$N_{\text{agr.}} = \frac{114,8 \cdot 16,2}{736} = 2,53 \text{ л. с.};$$

от бензинового двигателя $\frac{2,53}{3,02} \cdot 100 \cong 84\%$;

$$N_g = \frac{2,53}{0,70} = 3,62 \text{ л. с.};$$

расход угля в час $\frac{10,5}{4,333} = 2,43 \text{ кг}$;

$$Q = 2,43 \cdot 6920 = 16800 \text{ кал};$$

$$q_a = \frac{16800}{2,53} = 6640 \text{ кал}; \quad \eta_a = \frac{632}{6640} = 0,0954;$$

$$q_g = \frac{16800}{3,62} = 4640 \text{ кал}; \quad \eta_g = \frac{632}{4640} = 0,136;$$

$$C_a = \frac{6640}{6920} = 0,960 \text{ кг с/ч.}$$

Экономия на угле, по сравнению с воздушным газом, меньше, чем в предыдущих случаях:

$$\frac{755 - 671}{755} \cdot 100 = 11,13\%$$

Таким образом надо считать, что теоретические предпосылки в реальных условиях подтверждаются опытом, хотя и не в полной мере, так как полученная экономия составляет лишь 50% от теоретической.

Как уже упоминалось, четырехцилиндровый агрегат Брайтон (Bryton) номинальной мощностью — 8 л. с. был пущен в ход на генераторном газе лишь в виде иллюстрации, ибо он, вследствие непригодности к изменению степени сжатия, не представлял особого интереса в рамках настоящего исследования.

При его испытании намечалось, главным образом, производство анализов генераторного газа — паровоздушного и слабководородного, без впуска пара и без поддувки, с закладкой первичного очистителя-катализатора C_i — как указывалось ранее.

Агрегат был пущен в ход на бензине, а затем, без особого труда, через 3 минуты переведен на газ.

Нагрузка осуществлялась от динамомашин в 6,5 к в на ламповый реостат; причем оказалось, что без каких бы то ни было изменений в отношении степени сжатия, агрегат развивал на газе от 75 — 78% от мощности его на бензине, а временами, особенно после шуровок, давал мощность, равную бензиновому двигателю, которая затем медленно спадала до прежнего соотношения.

Анализы проб генераторного газа, полученные в различных условиях в смысле присутствия или отсутствия дополнительного катализатора-очистителя C_i (первичным катализатором надо считать железную сдвижную шахту), а также при подаче пара в топливник газогенератора или без него, дали следующие результаты:

1. Паровоздушный газ без катализатора C_i :

H_2 — 16,02%; CO — 23,9%; CH_4 — 5,8%

O_2 — 1%; CO_2 — 6,8%; N — 46,48%

$\text{H}_u^1 \sim 1500 \text{ кал/м}^3$.

2. Паровоздушный газ с дополнительным катализатором C_i :

H_2 — 18,1%; CO — 19%; CH_4 — 7,55%

№№	Агрегат «Penta» 4 — 5 л. с.	N_i л. с.	N_e л. с.	N_a л. с.
1	На бензине $\epsilon = 4$	5,26	4,32	3,02
2	„ паровоздушном газе $\epsilon = 4,66$. . .	4,44	3,45	2,41
3	На слабодородном газе	—	3,46	2,42
	С поддувкой	5,05	3,42	2,39
	$\epsilon = 5,54$	—	3,63	2,53
4	На слабодородном газе без поддувки $\epsilon = 5,54$	5,17	3,70	2,59

CO_2 — 5,20%; O_2 — 10%; N — 49,15%

$H_u^1 \sim 1550$ кал/м³.

3. Слабодородный газ без впуска пара и без катализатора C_i

H_2 — 8,65%; CO — 22,65%; CH_4 — 3,20%;

O_2 — 10%; CO_2 — 6,80%; N — 57,70%; $H_u^1 \sim 1088$ кал.

4. Слабодородный газ с катализатором C_i без впуска пара.

H_2 — 10%; CO — 20%; CH_4 — 6,70%; CO_2 — 7,80%;

O_2 — 10%; N — 54,50%; $H_u^1 \sim 1320$ кал.

Отсюда, думается, можно вынести такое суждение, что усиление каталитического действия шахты газогенератора, путем помещения добавочного очистителя-катализатора C_i , полезно в отношении выхода метана, особенно при слабодородном газе, т. е. при ведении процесса без пара. Конечно, указанных опытов недостаточно для вывода каких-либо количественных соотношений, но, во всяком случае, нужно полагать, что влияние катализатора C_i в отношении облегчения хода реакции $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ довольно резко проявляется.

В целях выявления общей картины в отношении результатов, добытых исследованиями при испытании агрегатов «Penta» и «Вуэтон», а также удобств общего их сопоставления, все полученные данные сведены в таблицы 10, 11 и 12.

η_i	η_e	η_a	$\eta_{мех}$	C_i кг	C_e кг	C_a кг	Проценты
0,22	0,18	0,126	0,62	0,288	0,350	0,5	100
0,154	0,121	0,085	0,78	0,598	0,755	1,057	80
—	0,139	0,976	—	—	0,656	0,947	—
0,206	0,14	0,098	0,68	0,443	0,655	0,935	79 — 84
—	0,136	0,0954	—	—	0,671	0,960	—
0,169	0,121	0,085	0,715	0,540	0,755	1,08	86

Просматривая графы таблицы, приведенной на стр. 104 и 105, можно легко заметить следующие обстоятельства, что случай под № 3 оказался наиболее выгодным в отношении расхода топлива, несмотря на довольно низкий $\eta_{мех}$; последний случай дал наибольшую мощность, несмотря на то, что газ имелся худшего состава, нежели в предыдущем случае. Разница в N_i для третьего и четвертого — практической роли не играет, ибо лежит в пределах ошибок планиметра, объяснение же в отношении большей N_e надо искать в лучшем $\eta_{мех}$.

Объяснение в отношении некоторой разницы $\eta_{мех}$ лежит главным образом в дефектах смазки агрегата «Penta».

Но все же, несмотря на это неблагоприятное обстоятельство, несмотря на худшую отдачу, худший $\eta_{мех}$ и проч., единица силы для третьего случая (см. табл. на стр. 104 и 105) обходится дешевле, нежели для 2-го и 4-го на 11 — 14%.

Кроме того, из последней графы этой таблицы можно видеть, что при повышенных степенях сжатия, даже при неблагоприятных температурных условиях (газ $t = 150^\circ$), оказалось возможным получить до 86% мощности от мощности агрегата на бензине. При нормальной температуре газа, очевидно, эта цифра должна значительно приблизиться к 100%, т. е. к мощности бензинового двигателя и, может быть, при всей благоприятной совокупности прочих обстоятельств, а именно: при холодном газе, повышенной степени сжатия, приводных всасывающих клапанах и некоторых приемах увеличения теплотворной способности генераторного газа на куб. метр, удастся приравнять или почти уравнять эти мощности. Что касается расхода угля, то, как видно из таблицы (стр. 104 и 105), минимальная его величина для третьего случая составляет 655 г на эф. с/ч.; что

эта величина действительно невелика, можно отчасти судить из сопоставления хотя бы с данными Гюльднера для двигателей, работающих на антраците $H_u^1 = 8000$ кал; при этих условиях он дает такие величины расхода:

35 — 70 л. с. при полной нагрузке	450 г с/ч.
20 — 35 » » » » »	500 » »
15 — 35 » » » » »	580 » »
10 — 15 » » » » »	650 » »

и если идти таким образом далее, то для двигателя 3—4 л. с. таковой расход для антрацита: $H_u^1 = 8000$ кал должен составить 750—770 г с/ч, т. е. как раз то, что мы имеем при воздушном газе при менее благоприятных условиях, ибо древесный уголь дает всего лишь 6920—7000 кал/кг.

Таким образом, в отношении расхода угля при поддувке отработанных продуктов горения и с этой стороны, т. е. со стороны конкретных данных практики, имеется подтверждение в том, что расход в 755 г на с/ч при воздушном газе для двигателя в 4—5 л. с. не только не преувеличен, а скорее преуменьшен, а с другой стороны, — полученный расход при поддувке в 655 г на с/ч, в обычных условиях паровоздушного процесса, при антраците — 8000 кал, относится к двигателям номинальной мощности в 10—15 л. с., а не в 3—4 л. с., таким образом, нужно ожидать, что двигатели большей мощности должны работать при поддувке еще экономичнее.

Перейдем теперь к оценке результатов газовых анализов, полученных при испытании сначала агрегата «Penta», а затем агрегата «Bryton» (см. след. таблицы).

Результаты испытаний агрегата «Penta».

Наименование газа	Состав газа в объемных процентах в условиях опыта						
	H ₂	CO	CH ₄	O ₂	CO ₂	N	H _u
1. Паровоздушный (малая нагрузка)	12,4	19	2,2	1,6	9,8	55	966
2. Паровоздушный	20,5	23	0,14	0,8	6,8	48,76	1136
3. »	15,3	20	4,48	1,4	8,6	50,22	1171
4. Слабоводородный с поддувкой	5,53	21,6	5,28	0,8	4,8	62,51	1148
5. Слабоводородный без поддувки	8,78	21,16	3,07	0,8	5	61,19	1039

Результаты испытаний агрегата «Bryton».

1. Паровоздушный	16,02	23,9	5,8	16,8	46,48	1500
2. » с катализатором C _i	18,1	19	7,55	15,2	49,15	1550
3. Слабоводородный	8,65	22,65	3,2	16,8	57,7	1088
4. » с катализатором C _i	10	20	6,7	17,8	54,5	1320

Таблица на стр. 106 показывает, что первый состав газа весьма слаб, — явление, которое вполне объясняется условиями работы агрегата, ибо мощность, развиваемая им, мала, а, следовательно, газогенератор шел недогруженным.

Второй и третий составы газа вполне удовлетворительны и для паровоздушного газа совпадают с данными практики.

Остановившись на рассмотрении 4-го и 5-го случая, нельзя не заметить, что газ с поддувкой отработанных продуктов горения двигателя имеет лучший состав, по сравнению с слабоводородным газом без поддувки, что объясняется большим выходом метана.

Нужно полагать с одной стороны, что температурные условия при поддувке благоприятствуют реакции $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ в присутствии катализаторов в особенности (железная внутренняя труба) и, конечно, при определенном количестве водорода, ибо избыток его может повести к разжижению образовавшейся порции CH₄ на каждый кубический метр газа, с другой же стороны, наблюдаемое уменьшение CO₂, несмотря на вдувание его с продуктами горения, указывает, что помимо этой реакции идет раскисление CO₂ до CO так же, как и в нормальных условиях.

В условиях опыта оказалось, что газ под отметкой 4 не хуже по теплотворной способности паровоздушного газа.

Для выяснения каталитического действия железа в газогенераторном процессе при испытании агрегата «Bryton» был введен дополнительный очиститель — катализатор C_i (рис. 30), при котором слабоводородный газ даже без поддувки дал прекрасную теплотворную способность на куб. метр.

Данные таблицы, приведенной на стр. 107, определенно указывают и на то, что газогенератор при работе агрег. «Bryton»

находился в лучших условиях в отношении нагрузки, нежели при работе с агрегатом «Penta», чем и объясняется вообще более богатый выход газа, нежели полученный ранее (см. таблицу на стр. 106).

Не лишним будет отметить, что во Франции также учтен факт самовоспламенения смеси генераторного газа с воздухом, сравнительно богатым содержанием водорода (от 12% и выше), как обстоятельство, являющееся помехой к осуществлению повышенных степеней сжатия, поэтому там пользуются таким составом генераторного газа:

H_2 — от 4,7 до 11,2%; CO — от 27,5 до 32,8%;

O_2 — 0 до 0,8%; CO_2 — от 1,3 до 4%.

Таким образом в этих условиях обогащение газа идет за счет CO , т. е. за счет повышенного расхода углерода, кроме того часть тепла процесса не используется, а следовательно, и газогенератор работает менее экономично.

Поэтому одной из задач в опытах с агрегатом «Penta» ставилось исследование повышения экономичности легких газогенераторных установок, работающих на древесном угле без впуска пара, путем вдувания в топливник газогенератора отработанных продуктов горения двигателя. Действительно, если газогенераторный двигатель работает на паровоздушном газе при вполне установленной степени сжатия, то при степенях сжатия больших, при том же содержании водорода в газе, он работать не сможет, вследствие преждевременного воспламенения смеси. Экономическая ценность газогенераторной установки зависит не только от экономичности паровоздушного процесса, но и от экономичной работы двигателя и, в частности, от его степени сжатия. Отказ от паровоздушного процесса влечет понижение коэффициента полезного действия газогенератора и обеднение газа водородом, но последнее дает возможность увеличить сжатие за пределы, допускаемые газом, богатым водородом. Это обстоятельство позволяет уравнивать экономичность установок, идущих на паровоздушном газе и на воздушном, по крайней мере для древесного угля.

Таким образом, повышение степени сжатия двигателя в известных условиях компенсирует пониженную экономичность воздушного генераторного процесса.

Рассматривая две установки — одну, паровоздушную, как комплекс газогенератор-двигатель, а другую, чисто воз-

душную, ей совершенно подобную и экономически равноценную, вследствие повышенного сжатия, нельзя не прийти к следующему заключению.

Для паровоздушной установки с теоретически полным использованием избытка теплоты газогенераторного процесса повышение к. п. д. невозможно как для газогенератора, так и для двигателя, вследствие преждевременного воспламенения смеси при повышении степени сжатия.

Для воздушной установки повышение к. п. д., как показывают теория и произведенные опыты, происходит за счет улучшения к. п. д. газогенератора при вдувании отработанных газов двигателя в целях использования избытка теплоты процесса. В этом случае состав генераторного газа остается тем же, степень сжатия двигателя неизменной, обусловленной температурным пределом существования бедной смеси, а газогенераторный процесс имеет к. п. д. тот же, что и паровоздушный.

Как теоретическое исследование, так и опытная часть определенно указывают на то, что при известных условиях установка газогенератор-двигатель, идущая на слабоводородном газе с поддувкой отработанных продуктов горения двигателя, имеет большую экономическую ценность, чем подобная ей паровоздушная.

Кроме того, вдувание отработанного газа может создать большее постоянство температурных условий в шахте газогенератора при переменном режиме автомобильного двигателя.

Действительно, при увеличении числа оборотов двигателя, расход газа возрастает, тяга через накаливаемые слои топлива увеличивается, растет температура процесса, а с нею вместе температура газа; состав генераторного газа меняется. Последнее обстоятельство влечет за собою непостоянство подачи воздуха к мотору.

При вдувании отработанного газа с увеличением оборотов двигателя сама собою увеличивается подача отработанных продуктов горения в топливник газогенератора, избыток теплоты процесса, полученный вследствие увеличения тяги воздуха сквозь шахту, будет расходоваться на нагревание и разложение дополнительно поступивших от двигателя отработанных газов.

В этих условиях система газогенератор-двигатель получает возможность саморегулирования (независимо от воли лица, управляющего машиной) в отношении создания по-

стоянства температурных условий в шахте, а следовательно автомобильный мотор сможет сам себя обеспечить постоянным составом газа при различном числе оборотов.

Заканчивая этот небольшой обзор по исследованию двух агрегатов, необходимо сделать следующий вывод:

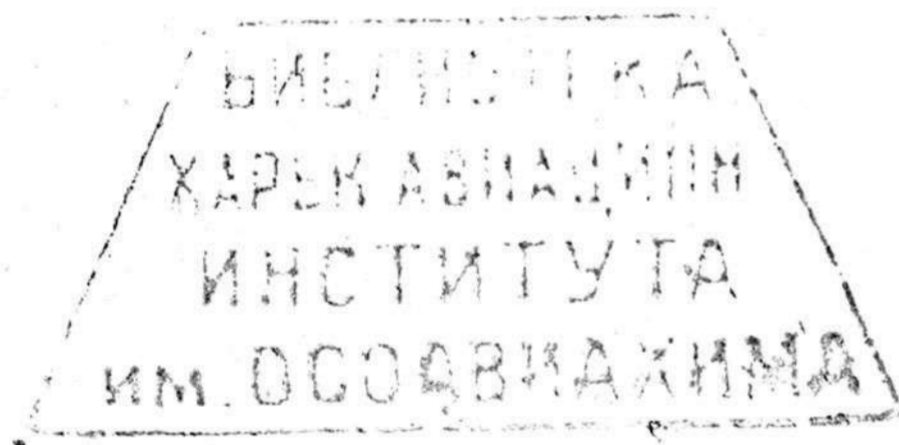
1. Степень сжатия для слабоводородной смеси должна быть выше, чем для богатой водородом; это обстоятельство уравнивает экономичность установок в обоих случаях.

2. Вдувание отработанного газа двигателя в газогенератор повышает экономичность установки, работающей на слабоводородном газе без впуска пара.

3. При данной степени сжатия бензинового двигателя (4—4,5) мощность его на генераторном паровоздушном газе составляет 70—75% от мощности на бензине.

4. Для сохранения мощности бензинового двигателя, неизменной при переходе его на генераторный газ, необходимо, кроме повышения степени сжатия, вести обогащение газа или нагнетание горючей смеси в цилиндры двигателя.

20669



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
От автора	3
Газогенераторный процесс	5
Краткий исторический очерк развития применения легких газогенераторов к подвижным установкам	15
Топливо для легких газогенераторов	18
Газогенераторы для подвижных установок с легкими двигателями	32
Испытания газогенераторов и пробеги газогенераторных грузовиков	58
Исследования работы бензиновых двигателей на генераторном газе, произведенные в лаборатории тепловых двигателей ВТА	75