

Цена 1 р. 85 к.

Г. КЮНЭ и Ф. КОХ

И С П Ы Т А Н И Я А В Т О М О Б И Л Ь Н Ы Х Г А З О Г Е Н Е Р А Т О Р О В



Издания Гострантехиздата продаются в магазинах Книготоргового объединения ОГИЗа
Единичные экземпляры высылает наложенным платежом «Книга — почтой». Москва, 64

ОГИЗ • ГОСТРАНСТЕХИЗДАТ • 1938

Г. КЮНЭ и Ф. КОХ

ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Перевод с немецкого
П. П. МОСКВИНА

Под редакцией
инж.-мех. М. Д. АРТАМОНОВА



19  38

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Использование твердого местного топлива на автотранспорте имеет исключительное народнохозяйственное значение и поэтому внедрению газогенераторных автомобилей у нас в Союзе уделяется большое внимание.

Уже имеется ряд советских конструкций газогенераторных автомобилей, работающих на дровяных чурках и древесном угле, причем некоторые из них приняты к крупносерийному производству.

Современный газогенераторный автомобиль, еще недостаточно изученный, имеет несколько пониженные эксплуатационно-технические качества по сравнению с бензиновым. Дальнейшее усовершенствование газогенераторных автомобилей может происходить лишь в том случае, если последние будут детально изучены как в лабораторных, так и в эксплуатационных условиях.

Книга Г. Кюнэ и Ф. Коха «Автомобильные газогенераторы» представляет несомненный интерес, так как в ней приводятся результаты лабораторных испытаний ряда автомобильных газогенераторных установок, работающих на дровяных чурках и древесном угле, и на основании полученных результатов дается критическая оценка установок. Эта книга дает богатый материал по исследованию различных конструкций как газогенераторов, так и газогенераторного автомобиля в целом; она также может служить основой для дальнейшей исследовательской работы по автомобильным газогенераторным установкам.

Некоторые из выдвигаемых авторами положений представляются спорными; однако в виду того, что настоящее издание является переводом, большинство этих положений оставлено без переработки. Необходимо вместе с тем заметить, что в некоторых разделах книги, вследствие неясностей и неточностей изложения, пришлось сделать значительные отступления от оригинального текста и подвергнуть его обработке. Кроме того, были исправлены вкравшиеся у авторов явные ошибки; некоторые разделы, не имеющие для наших условий практического интереса и очень слабо освещенные (экономические подсчеты, испытания с двигателем DKW и др.), при редактировании были исключены. Обозначения, применяемые авторами, заменены наиболее употребительными у нас.

Инж.-мех. М. Д. Артамонов

ВСТУПЛЕНИЕ

1. О газификации твердых топлив

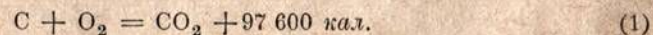
Газификацией называется превращение твердых топлив (каменного угля, кокса, бурого угля, торфа, дров, древесного угля и т. п.) в горючие газы при участии в этом процессе воздуха или водяного пара. В качестве остатков при газификации получают исключительно минеральные вещества, содержащиеся в топливе. Устройства, служащие для газификации топлив, носят название газообразователей или газогенераторов.

В отличие от газификации процесс, называемый сухой перегонкой, состоит в том, что при нагревании твердых топлив в герметически закрытом пространстве (без доступа воздуха) происходит выделение летучих компонентов этих топлив, и в качестве остаточных продуктов получают кокс, полукокс или древесный уголь.

В газогенераторах образуются газы различного состава (воздушный, водяной, полуводяной или смешанный) в зависимости от типа газогенератора, характера процесса газификации и свойств топлива. В дальнейшем рассматривается образование лишь тех газов, которые получают в автомобильных и тракторных газогенераторах при сжигании в них наиболее распространенных видов топлив — дров и древесного угля.

Работу дровяного газогенератора с прямым процессом газификации можно проследить, пользуясь схемой, изображенной на фиг. 1. Газогенератор представляет собой печь, в большинстве случаев цилиндрической формы, заполняемую топливом на более или менее продолжительный срок горения; размеры печи обуславливаются заданными условиями работы. Заполнение печи топливом производится через загрузочную воронку *a*, причем вначале засыпается слой древесного угля; после заполнения печи дровами (чурками или щепой) загрузочную воронку герметически закрывают и над колосниковой решеткой *b* разжигают древесный уголь. Под влиянием разрежения, создаваемого затем вентилятором, соединенным с патрубком *c* для выхода газа, в газогенератор всасывается через отверстие *d* воздух или смесь водяного пара с воздухом. Посредством простого устройства образующийся в газогенераторе газ сначала выпускается наружу; когда газ приобретет необходимые горючие качества, он направляется к двигателю.

Непосредственно над колосниковой решеткой в зоне окисления *f* сгорает углерод *S* топлива, образуя с кислородом O_2 воздуха углекислоту CO_2 , т. е. негорючий газ, по реакции:



При прохождении через раскаленный слой древесного угля в зоне восстановления *e* CO_2 восстанавливается полностью или частично в окись уг-

Редактор В. Н. Згура. Зав. корректорской А. А. Лелюхин. Техн. редактор Е. Петровская.

Уполи. Главлита № Б-37142. Огиз № 3924. Т-63. Заказ тип. 5091. Тираж 3000.

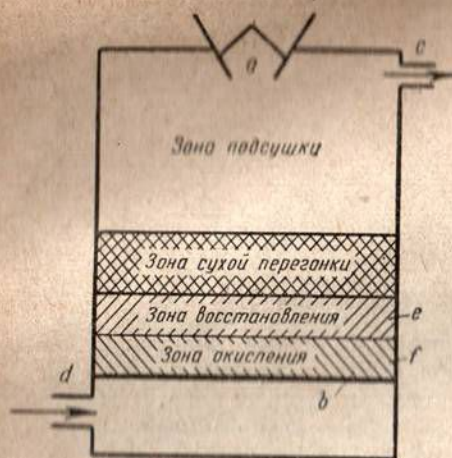
Бум. 60×92¹/₄. Печ. листов 5¹/₄. Печ. ан. в 1 п. л. 56544. У. а. л.—7,42

Цена 1 р. 35 к. Переплет 60 к.

Сдано в набор 27/ХП 1937 г.

Подписано в печати 8/III 1938 г.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста «Полиграфинга». Москва, Валовая, 28.



Фиг. 1. Газогенератор с прямым процессом газификации:

a — загрузочная воронка; b — колосниковая решетка; c — патрубок для выхода газа; d — отверстие для подачи воздуха; e — зона восстановления; f — зона окисления.

Восстановление CO_2 в CO , а также образование H_2 могут быть осуществлены лишь при наличии достаточного количества тепла в зонах окисления и восстановления. При значительном понижении температур в этих зонах (например, в случае большой добавки водяного пара к воздуху) восстановление CO_2 будет осуществляться только частично; образование H_2 при этом также бывает неполное, что ведет к большому содержанию в генераторном газе водяных паров в виде механической примеси.

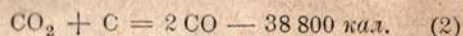
Выше зон газификации лежит слой топлива, в котором при нагревании происходит процесс сухой перегонки с выходом тяжелых углеводородов, метана, водорода и смол; здесь, как остаточный продукт, получается необходимый для газификации древесный уголь. Газификация и сухая перегонка осуществляются в газогенераторе одновременно, но главным фактором, определяющим состав газа, всегда является газификация.

В верхней части газогенератора топливо подогревается и содержащаяся в нем влага испаряется. Азот воздуха проходит через газогенератор, не участвуя ни в одном химическом процессе, и в неизменном виде переходит в генераторный газ.

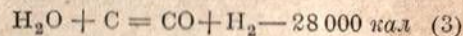
Газ, получаемый в древесных газогенераторах с прямым процессом газификации, содержит в числе других примесей смолы. Чтобы, не прибегая к помощи сложных смолоочистителей, иметь годный для применения в автогенераторах двигателях бессмольный (или с минимальным содержанием смол) газ, пользуются газогенераторами с обратным (опрокинутым) процессом газификации.

Подача воздуха в этом случае происходит над колосниковой решеткой (фиг. 2, d), а отбор газа из газогенератора производится под колосниковой решеткой через патрубок e. Основные химические реакции в зонах окисления и восстановления при опрокинутом процессе газификации не меняются. Применение опрокинутого процесса газификации дает возможность сжигать

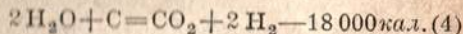
лорода CO , т. е. горючий газ, по реакции:



Если к всасываемому воздуху добавлен водяной пар, то образование водорода H_2 протекает обычно по следующим реакциям:



и



В зоне окисления происходит, как видно из формулы (1), экзотермическая реакция, т. е. реакция с выделением тепла. Большая часть этого тепла расходуется при эндотермических процессах превращения по формулам (2), (3), (4); остаточная часть тепла переходит в физическое тепло генераторного газа и кроме того идет на нагревание газогенератора.

смолы, выделяющиеся в зоне сухой перегонки, при прохождении их через зоны окисления и восстановления; кроме смол, через слой раскаленного древесного угля здесь проходят и все прочие продукты сухой перегонки, а также водяной пар из зоны подсушки. При газификации дров по опрокинутому процессу во всасываемый воздух не добавляют водяного пара, так как количество влаги, содержащееся в дровах, достаточно для образования необходимого количества пара.

Все изложенное относится и к газификации древесного угля, однако нужно заметить, что древесный уголь содержит обычно незначительное количество влаги и практически кислороден от смолистых веществ.

2. О сортах твердых топлив

При проведении испытаний газифицировались дрова — бук, пихта и сосна — в виде чурок различного размера; в процессе испытаний устанавливалось влияние породы дров и размера чурок на качество работы газогенераторов. Чурки были приготовлены (распиловкой и колкой) следующих размеров: а) длиной 16 см при поперечном сечении 15—20 см², б) длиной 8 см при поперечном сечении 40—60 см², в) длиной 8 см при поперечном сечении 20—25 см², г) длиной 5 см при поперечном сечении 5—6 см² (фиг. 3, 4, 5 и 6).

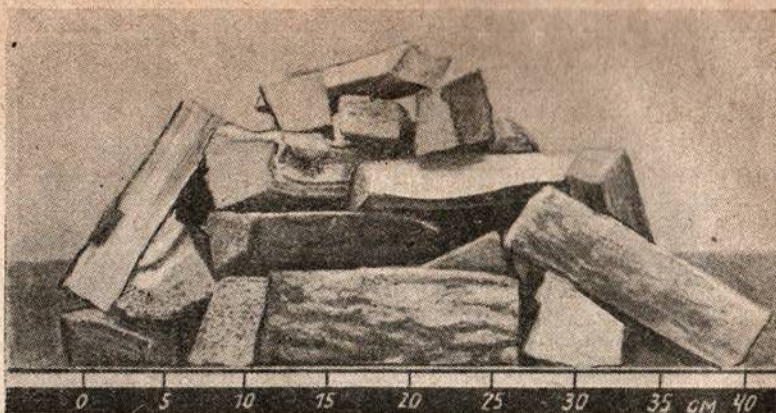
Приготовление из дров мелких чурок, пригодных для применения в газогенераторах, посредством ручной распиловки и колки сильно увеличивает, как известно, расходы на топливо; поэтому проводились также испытания и на дровах, измельченных механическим способом в щепу. Щепка была приготовлена в специальной дробильной машине фирмы Виггер, конструкция которой показана на фиг. 7. Дрова (кругляки или колотые) подаются через загрузочную воронку 2 к ножам 3, а приготовленная щепка выбрасывается из хобота 1 особыми дисками (лопастями). Подобная дробильная машина может пропускать около 9 м³ складочных дров в час при среднем расходе энергии в 13 л. с.; толстый кругляк измельчается в количестве 13 м³ складочных дров в час с расходом энергии около 16 л. с. Размеры получаемой щепы таковы: длина (вдоль волокна) — от 6 до 7 см, ширина — от 2 до 12 см, толщина — от 0,5 до 3 см; размер щепы из бука и березы более постоянен, чем у пихты (фиг. 8 и 9).

Для определения влажности топлива служили пробные образцы, которые высушивались в сушильной камере при температуре 100—105° С. Содержание влаги всегда фиксировалось в процентах от веса влажного (рабочего) топлива; определялась таким образом не абсолютная, а относительная влажность топлива.



Фиг. 2. Газогенератор с опрокинутым процессом газификации:

a — загрузочная воронка; b — колосниковая решетка; c — патрубок для выхода газа; d — отверстие для подачи воздуха; e — зона восстановления; f — зона окисления.



Фиг. 3. Чурки размера $16 \text{ см} \times 15 \div 20 \text{ см}^2$.

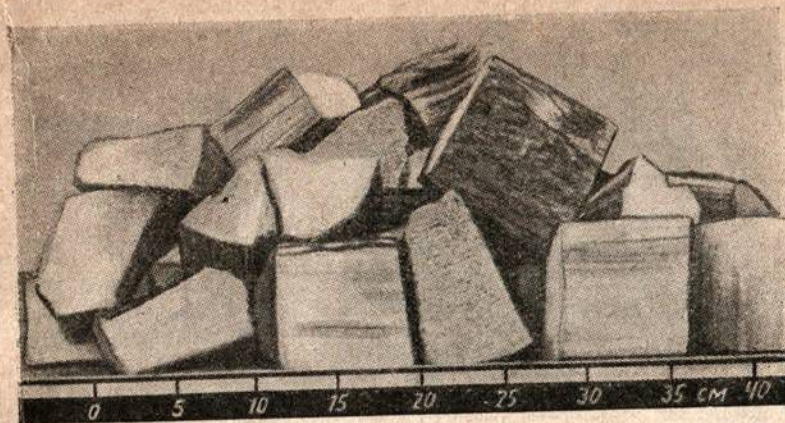
Весом единицы объема применяемого топлива определяется продолжительность работы газогенератора на одной загрузке. В табл. 1 даются объемные веса топлива различных сортов, полученные при нормальной загрузке газогенератора; объемные веса отнесены к 1 м^3 топлива с содержанием влаги в 17%.

Таблица 1

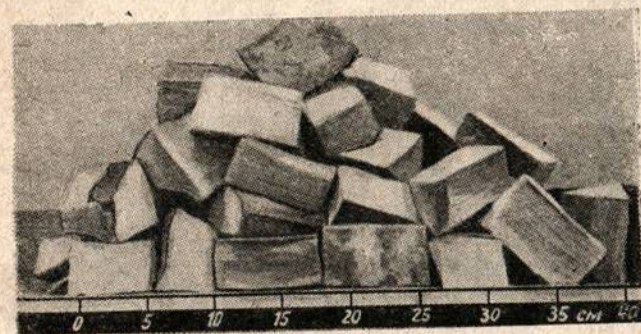
Сорт топлива	Размер кусков	Объемный вес при влажности в 17% в $\text{кг}/\text{м}^3$
Чурки из твердых пород	$5 \text{ см} \times 6 \text{ см}^2$	285
» » » »	$5 \text{ см} \times 20 \text{ см}^2$	290
» » » »	$8 \text{ см} \times 20 \text{ см}^2$	300
» » » »	$8 \text{ см} \times 25 \div 30 \text{ см}^2$	345
» » » »	$16 \text{ см} \times 20 \text{ см}^2$	360
Щепы из твердых пород	$7,3 \text{ см} \times 6,4 \text{ см} \times 1,2 \text{ см}$	265
Чурки из мягких пород	$8 \text{ см} \times 6 \text{ см}^2$	210
» » » »	$8 \text{ см} \times 25 \div 30 \text{ см}^2$	240
» » » »	$16 \text{ см} \times 20 \text{ см}^2$	255
Смесь чурок из твердых и мягких пород (1:1 по объему)	$8 \text{ см} \times 25 \text{ см}^2$	290
Смесь щепы из твердых и мягких пород (1:1 по объему)	—	230
Буковый древесный уголь влажностью в 5%	—	210

Топливом при испытании древесноугольных газогенераторов служил мелкий ретортный уголь из буковой древесины с содержанием влаги в 5%.

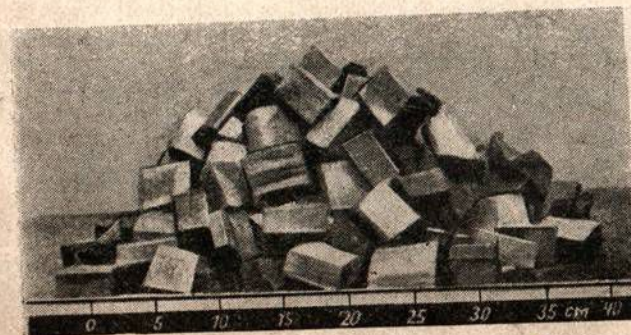
Низшая теплотворная способность дров, не содержащих влаги, может быть принята в $4400 \text{ кал}/\text{кг}$, а древесного угля — до $7500 \text{ кал}/\text{кг}$; так как эти топлива всегда содержат некоторое количество влаги (дрова воздушной



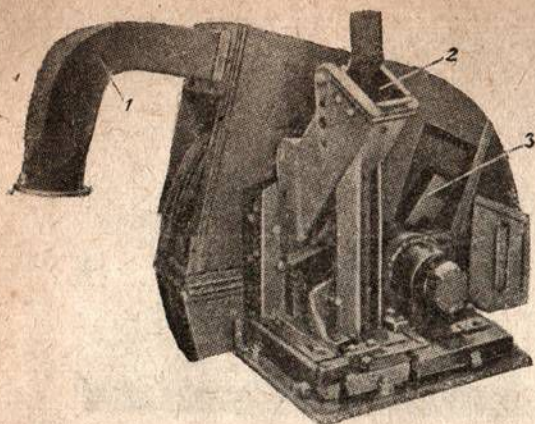
Фиг. 4. Чурки размера $8 \text{ см} \times 40 \div 60 \text{ см}^2$.



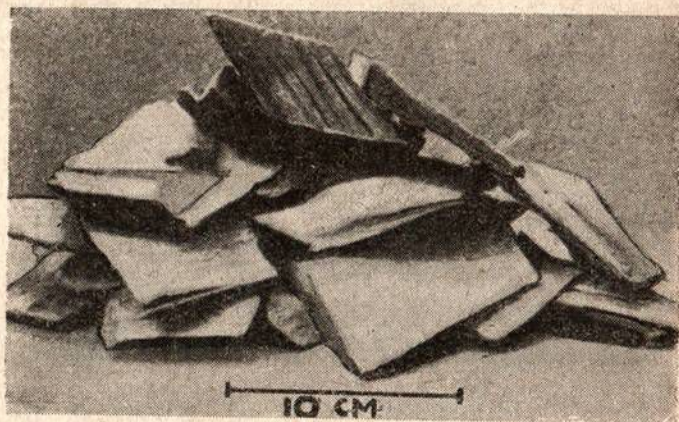
Фиг. 5. Чурки размера $8 \text{ см} \times 20 \div 25 \text{ см}^2$.



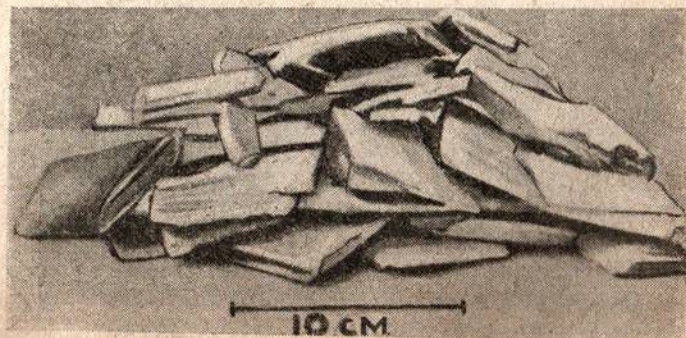
Фиг. 6. Чурки размера $5 \text{ см} \times 5 \div 6 \text{ см}^2$.



Фиг. 7. Дробильная машина фирмы Виггер.



Фиг. 8. Щепы из твердых пород (бук, береза).



Фиг. 9. Щепы из мягкой породы (пихта).

сушки, например, содержат от 15 до 25% влаги), то низшую теплотворную способность рабочего топлива следует подсчитывать по выражению:

$$h_u = (1 - x) h'_u - 600x, \quad (5)$$

где:

h_u — низшая теплотворная способность рабочего топлива,

h'_u — низшая теплотворная способность сухого топлива,

x — содержание влаги в процентах от веса рабочего топлива.

Согласно этому выражению, низшая теплотворная способность для дров с содержанием влаги в 20% получается равной 3400 кал/кг, а для древесного угля с влажностью в 5% — 7100 кал/кг.

В табл. 2 указаны средние составы генераторных газов, получаемых при газификации дров (чурок) и древесного угля, их теплотворные способности H_u , нормальные коэффициенты избытка воздуха α и калорийности H_g газовоздушных рабочих смесей.

Таблица 2

Сорт топлива	Состав генераторного газа в %					Низшая теплотворная способность газа H_u в кал/м ³	Коэффициент избытка воздуха α	Калорийность рабочей смеси H_g в кал/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂			
Чурки из твердых и мягких пород воздушной сушки . . .	21,7	18,5	1,8	11,0	47,0	1 290	1,05	590
Буковый древесный уголь с влажностью в 5%	31,9	5,6	2,6	2,3	57,6	1 340	1,05	610

Основываясь на анализе, «дровяной» генераторный газ можно считать смешанным, так как в его состав входит большая доля H₂ в результате разложения воды, содержащейся в значительном количестве в топливе; следствием реакции образования H₂ по формуле (4) является также и относительно высокое содержание в «дровяном» газе углекислоты CO₂. «Древесноугольный» газ можно считать воздушным; следует отметить большую величину отношения CO : CO₂ в «древесноугольном» газе и весьма малое содержание в нем H₂.

Для полного сгорания генераторного газа в двигателе необходимо добавить к газу соответствующее его составу количество кислорода воздуха с некоторым избытком, предусматриваемым коэффициентом α ; калорийность этой газовоздушной рабочей смеси предопределяет мощность двигателя.

Калорийность рабочей смеси H_g подсчитывается, как известно, по формуле:

$$H_g = \frac{H_u}{1 + \alpha L_0}, \quad (6)$$

где L_0 означает теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ генераторного газа.

Величинам H_g , указанным в табл. 2, может быть противопоставлена калорийность рабочей смеси парообразного бензина с воздухом, равная примерно 820 кал/м³; имеющееся здесь большое различие указывает на то, что в бензиновом двигателе, при переводе его на питание генераторным газом, должно произойти значительное падение мощности.

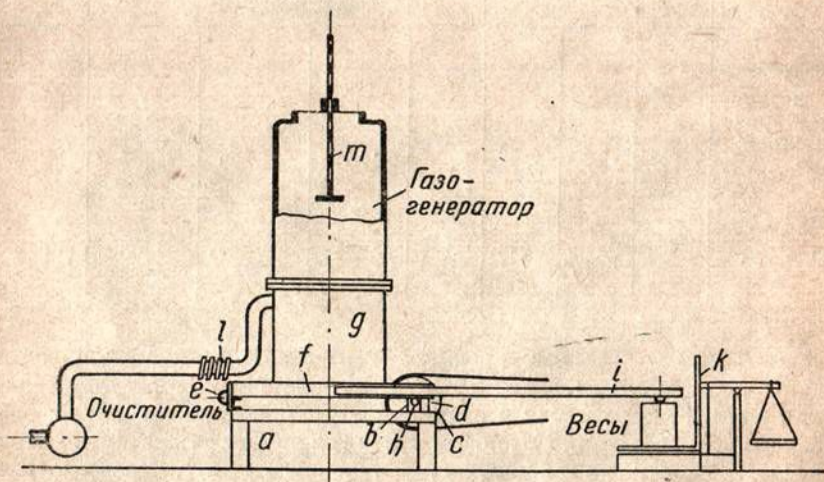
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

1. Описание испытательной установки

Так как испытаниям подвергались газогенераторы, спроектированные специально для применения на автомобилях, в лаборатории необходимо было создать такие условия, которые соответствовали бы режимам практической транспортной работы.

Толчки и качания во время движения автомобиля препятствуют образованию пустых пространств в газогенераторе, которые часто наблюдаются при употреблении крупного и громоздкого топлива в газогенераторах с малыми сечениями топливников.

Поскольку такие пустые пространства, нарушая равномерность осадки топлива, могли бы отрицательно влиять на работу газогенератора, для лабораторных испытаний было спроектировано специальное встряхивающее устройство



Фиг. 10. Встряхивающее устройство испытательной установки.

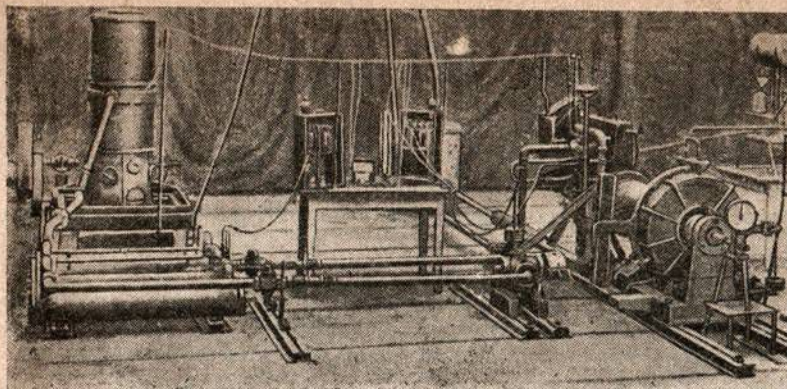
ройство (фиг. 10), которое давало возможность воспроизводить сотрясения, аналогичные тем, которые имеют место при движении автомобиля.

На основной неподвижной раме *a*, выполненной из U-образного железа, имеются опоры для эксцентрикового вала *b* с деревянным шкивом *c*, снабженным пробковыми обкладками, и шарнирные детали *e*. Рама *f* из углового железа, на которой смонтирован газогенератор *g*, шарнирно соединена с рамой *a* и опирается на эксцентрик *h* или ограничитель хода *d*.

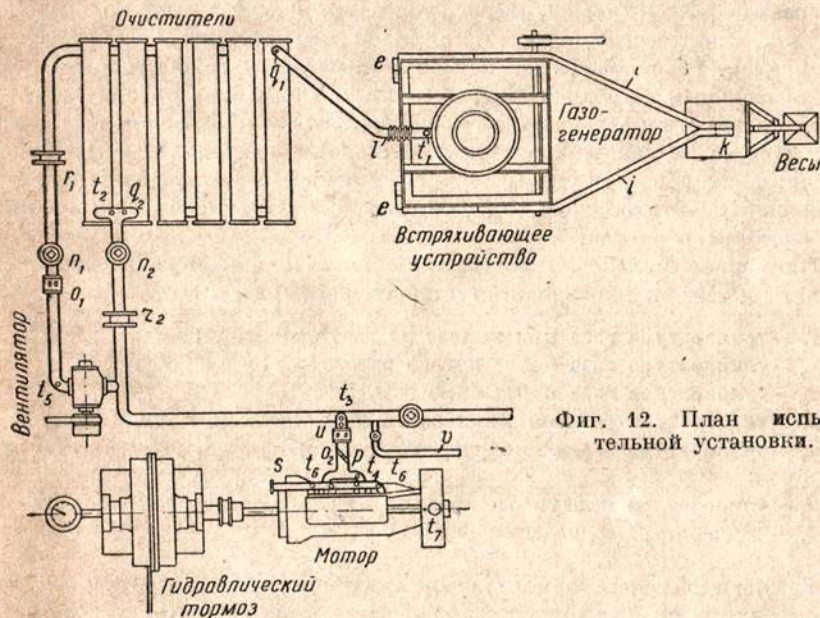
Между газогенератором и неподвижными очистителями около шарниров *e* в газогенераторе имеется упругая трубчатая деталь *l*, благодаря которой возможны качательные перемещения газогенератора.

Приводом для вала *b* служат зубчатая передача и ремень от регулируемого электромотора. Такое устройство дает возможность изменением хода рамы *f* регулировать интенсивность толчков, а изменением числа оборотов вала *b* — частоту сотрясений.

Со встряхивающим устройством объединено приспособление для взвешивания. Рама *f* вместе с газогенератором опирается двумя подставками *i* на платформу десятичных весов *k*.



Фиг. 11. Общий вид испытательной установки.



Фиг. 12. План испытательной установки.

При помощи тарировочной кривой (1 кг веса газогенератора соответствует навеске 25 г на весах) определяется действительный вес генератора вместе с загрузкой; это позволяет в любой момент испытания определять быстро и точно расход топлива.

Штанга *m*, введенная в крышку газогенератора, служит для определения уровня топлива и ориентации в расходе топлива. Точность определения расхода топлива таким способом весьма условна и зависит от размеров кусков применяемого топлива; надежные данные получаются лишь при работе с топливом в кусках, размером не более спичечной коробки.

Общий вид испытательной установки представлен на фиг. 11, а ее план на фиг. 12.

Газ, отсасываемый из газогенератора, установленного на встряхивающем устройстве, сначала поступает в очистители, снабженные отражательными пластинами. Одновременно с очисткой газ, благодаря большим поверхностям очистителей, охлаждается, и водяной пар, содержащийся в нем, конденсируется; для того, чтобы в лаборатории осуществилась степень охлаждения, соответствующую нормальному (воздушному) охлаждению при движении автомобиля, часть очистителей орошается водой. Пыль, оседающая в пяти или шести очистителях, соединенных последовательно, и конденсационная вода удаляются из очистителей через боковые винтовые затворы.

С помощью кранов n_1 и n_2 генераторный газ можно, по желанию, за пятый очистителем непосредственно направить к двигателю или через шестой очиститель отсасывать вентилятором. Вентилятор обычно применяется при розжиге газогенератора; газ, негодный еще для питания двигателя, направляется наружу через выпускную трубу.

При работе двигателя отсасывание газа осуществляется самим двигателем (кран n_1 закрывается, а кран n_2 открывается); воздух, необходимый для образования рабочей смеси, подводится через регулируемый кольцевой золотник o_2 , а количество подаваемой рабочей смеси регулируется дроссельной заслонкой p . Газопровод соединен со всасывающим трубопроводом, питаемым бензольным карбюратором; благодаря этому для работы двигателя можно по выбору пользоваться генераторным газом, бензолом или смесью обоих топлив. Мощность двигателя измеряется гидравлическим тормозом Либеля; число оборотов указывается соединенным с распределительным валом двигателя тахометром, который контролируется показаниями суммарного счетчика оборотов.

Примерное положение соответствующих точек замера температур видно на фиг. 12; замеры производятся в следующих точках:

- t_1 — температура газа при выходе из газогенератора;
- t_2 — температура газа после пятого очистителя;
- t_3 — температура газа перед смесителем;
- t_4 — температура рабочей смеси перед поступлением в цилиндры;
- t_5 — температура газа, или газозадушной смеси¹, отсасываемой вентилятором;
- t_6 — температура продуктов сгорания при выходе из цилиндров и
- t_7 — температура охлаждающей воды.

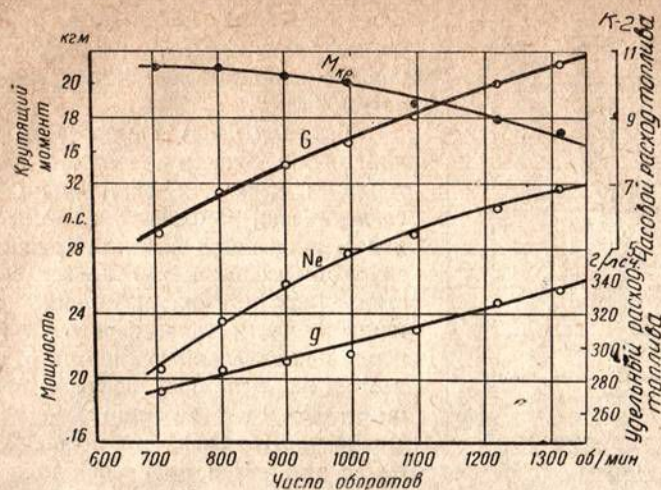
Взятие проб генераторного газа для технического анализа производится в точках q_1 или q_2 . Для контроля полноты сгорания рабочей смеси и определения коэффициента избытка воздуха выхлопной трубопровод s соединен с аппаратом Орса.

Для определения количества отсасываемого генераторного газа в газопроводах имеются диафрагменные устройства r_1 и r_2 .

Разрежения во всасывающей системе могут измеряться в точке q_1 (перед очистителями), в точке q_2 (после очистителей) или в точке u (перед смесителем).

Для определения теплотворной способности газа применяется калориметр Юнкера, к которому газ направляется через трубопровод v .

¹ Воздух может подводиться через регулируемый кольцевой золотник o_1 .



Фиг. 13. Внешняя характеристика двигателя Ганомег при работе на бензоле.

2. Испытания на двигателе Ганомег

Тракторный двигатель Ганомег модели R-28, на котором проведен был ряд испытаний, имеет следующую характеристику:

число цилиндров	4
цикл работы	четырёхтактный
диаметр цилиндра	96 мм
ход поршня	150 мм
степень сжатия	4,98
нормальное число оборотов в минуту	1100.

Определение мощности двигателя и расхода топлива предварительно было произведено на бензоле при полной нагрузке и различном числе оборотов; результаты этого испытания представлены на фиг. 13.

Характеристика применявшегося бензола:

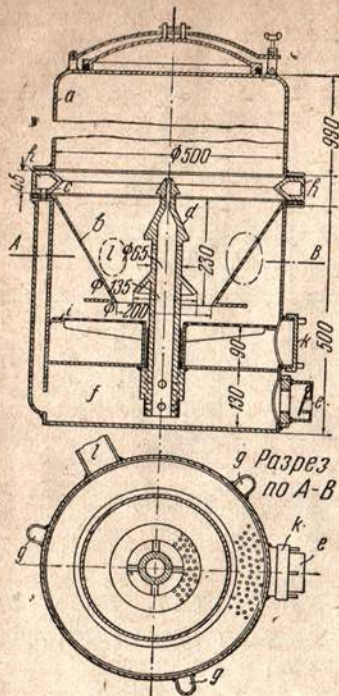
удельный вес	0,873
содержание С	92,35%
содержание H_2	7,65%
низшая теплотворная способность	9858 кал/кг.

Техническое состояние двигателя за время всех последующих испытаний проверялось несколько раз путем определения мощности и расхода топлива на бензоле.

А. ДРОВАЯНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ГУМБОЛЬД-ДЕЙТЦ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Конструкция газогенератора и условия работы с ним

Газогенератор Гумбольд-Дейтц малой производительности (фиг. 14) служит, по указаниям фирмы, для газификации дровяных чурок небольших размеров. Его конструкция отличается тем, что всякая футеровка и другие



Фиг. 14. Дровяной газогенератор Гумбольдт-Дейтц малой производительности (верхняя часть изображена в укороченном виде).

Воздух снаружи поступает через отверстие *e*, снабженное обратным клапаном, в пространство *f*, находящееся под зольником; подогреваемый здесь воздух идет частично в центральное сопло, частично через три трубчатых канала *g* в кольцевой пояс, откуда он равномерно распространяется по всему объему зоны окисления. Наряду с этим имеется возможность непосредственного подвода воздуха в кольцевой пояс при вывертывании трех винтовых заглушек *h*.

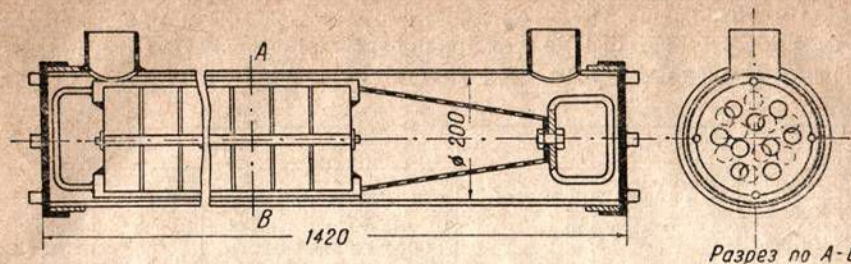
Комбинированная (центральная и периферийная) подача воздуха применяется с целью получения равномерно распространяемой на все поперечное сечение топливника зоны окисления; это должно препятствовать образованию в середине топливника холодного ядра, через которое могут проходить, не претерпевая физико-химических изменений, смоляные пары, образующиеся в зоне сухой перегонки; кроме того центральное сопло, переставляемое по высоте, дает возможность изменять поперечное сечение зоны окисления в плоскостях подвода воздуха и приспособлять этим газогенератор к различным нагрузкам (мощностям двигателя).

Древесный уголь лежит на колосниковой решетке *i*, которую снаружи при помощи рычага можно встряхивать; угольная пыль и зола попадают при этом в зольниковое пространство, откуда они могут удаляться через люк *k*. Шуровка топлива производится через специальный люк. Из

чувствительные к сотрясениям детали здесь отсутствуют; благодаря этому газогенератор особенно выгоден для применения на автомобилях.

Верхняя часть *a* генератора представляет собой бункер — емкость для запаса топлива; люк для заполнения топливом герметически закрывается крышкой, которая прижимается плоской пружиной и при случайных вспышках в газогенераторе действует как предохранительный клапан. В нижней части газогенератора, где помещается конический топливник *b*, выполнен из жароупорной листовой стали, осуществляется газификация. Воздух, необходимый при газификации, подводится в зону окисления через кольцевой пояс *c* и переставное центральное сопло *d*. В литом кольцевом поясе выполнены 24 сверления с диаметрами по 3 мм, которые после предварительных опытов были увеличены до 5 мм. Центральное сопло, также отлитое из жароупорного материала, на конце имеет одно отверстие ($D = 5$ мм), ниже — восемь отверстий ($D = 4$ мм), равномерно распределенных по периферии, и еще ниже дополнительные 8 отверстий, диаметры которых после предварительных опытов были уменьшены с 8 до 5 мм.

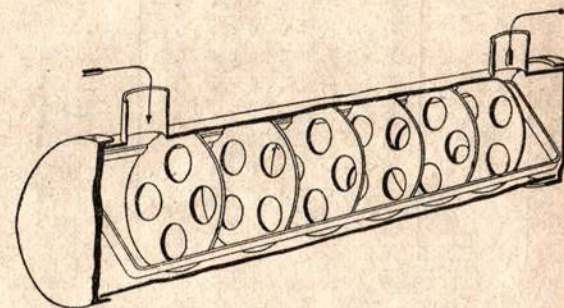
Воздух снаружи поступает через



Фиг. 15. Очиститель с отражательными дисками и конусообразным ситом (левая часть изображена в укороченном виде).

газогенератора газ выходит через патрубок *l* и поступает в очиститель.

Очистительная батарея состоит из трех цилиндрических очистителей, первый из которых представлен на фиг. 15. Вставка первого очистителя снабжена отражательными дырчатыми дисками, задерживающими механические примеси и охлаждающими газ до частичной



Фиг. 16. Очиститель с отражательными дисками.

конденсации содержащегося в нем водяного пара. Вставка первого очистителя, кроме отражательных дисков, имеет конусообразное сито, второй же очиститель снабжен только отражательными дисками (фиг. 16), а третий (в котором оседает большая часть конденсата) оборудован цилиндрической щеткой.

Для раздувки газогенератора служит вентилятор, имеющий ручной привод, а также электрический — от небольшого электромотора, питаемого аккумуляторной батареей.

Перед началом работы газогенератора, когда он опорожнен после предыдущей работы, топливник следует наполнить мелким древесным углем до высоты отверстий кольцевого пояса. После заполнения бункера дровяными чурками плотно закрывают крышку загрузочного люка и разжигают газогенератор через отверстие *e* для подачи воздуха факелом (горящей тряпкой, пропитанной маслом). Газ, негодный еще для питания двигателя, отсасывается вентилятором и через открытую выпускную трубу направляется наружу; когда газ начинает, при пробе, гореть прозрачным и синеватым пламенем, вентилятор выключается, и производится пуск двигателя.

После коротких перерывов в работе двигатель немедленно может быть пущен в ход на газе; после продолжительных остановок требуется новый розжиг и раздувка газогенератора вентилятором.

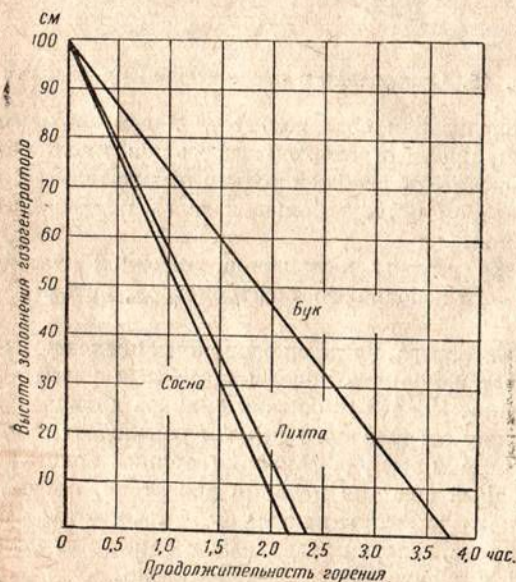
Мощность двигателя и расход топлива

Перед испытаниями газогенератор был отрегулирован (перестановкой центрального сопла) соответственно мощности двигателя. Наиболее целесо-

образным по размеру топливом для газогенератора были признаны дровяные чурки длиной от 5 до 8 см при поперечном сечении 5—6 см². В этих условиях производились часовые замеры № 1, 4 и 7 (табл. 3).

Таблица 3

№ замеров	Порода древесины	Размер дровяных чурок	Режим двигателя		Расход топлива	
			число оборотов в минуту	мощность в л. с.	часовой в кг/час	удельный в кг/л.с.ч.
1	Бук	5 см × 5 ÷ 6 см ² . . .	1100	16,7	22,7	1,36
2	»	5 см × 5 ÷ 6 см ² . . .	600—1300		смотри фиг. 18	
3	»	5 см × 20 ÷ 25 см ² . . .				
4	Сосна	8 см × 5 ÷ 6 см ² . . .	1086	16,7	22,0	1,34
5	»	8 см × 40 ÷ 50 см ² . . .	1100	15,0	—	—
6	»	16 см × 15 ÷ 20 см ² . . .	1102	14,4	—	—
7	Пихта	8 см × 5 ÷ 6 см ² . . .	1090	16,6	20,0	1,20
8	»	8 см × 40 ÷ 50 см ² . . .	1100	15,4	—	—
9	»	16 см × 15 ÷ 20 см ² . . .	1100	14,5	—	—



Фиг. 17. Продолжительность горения в газогенераторе одной загрузки дровяных чурок различных пород.

часов, а такие же по высоте (по объему) загрузки пихтовых и сосновых чурок газифицировались полностью уже в течение 2,2—2,4 часов (фиг. 17). Чтобы получить свободный от содержания смолы газ при газификации пихтовых и сосновых чурок размеров 8 см × 40 ÷ 50 см² и 16 см × 15 ÷ 20 см²,

При данном положении центрального сопла и при работе на чурках указанных размеров газогенератор давал чистый от смолы газ устойчивого состава и работал бесперебойно. Замеры № 1, 4 и 7 показывают, что порода применяемой древесины практически не оказывает влияния на мощность двигателя. Однако расход бука оказался большим, чем расход пихты и сосны; это объясняется большим удельным весом бука и повышенным содержанием влаги (23% против 17%).

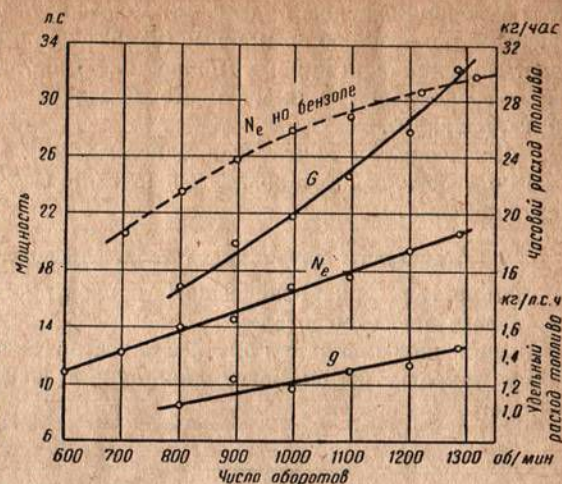
Различию в удельных весах следует приписать и то обстоятельство, что одна загрузка буковых чурок газифицировалась в течение 3,75

потребовалось центральное сопло поднять выше; при новом положении сопла, хотя и получился чистый от смолы газ, но состав его не был постоянным и вызывал сильные колебания в мощности двигателя. Это явление можно объяснить тем, что крупное топливо вызывает образование в газогенераторе сводов, а следовательно, и пустых пространств; в результате ухудшается качество газа и снижается число оборотов двигателя. Такое положение наблюдалось в процессе испытаний очень часто, причем даже сильным

встряхиванием газогенератора не удалось устранить образование сводов. В подобных условиях нельзя было достигнуть устойчивой работы двигателя и при низком числе оборотов.

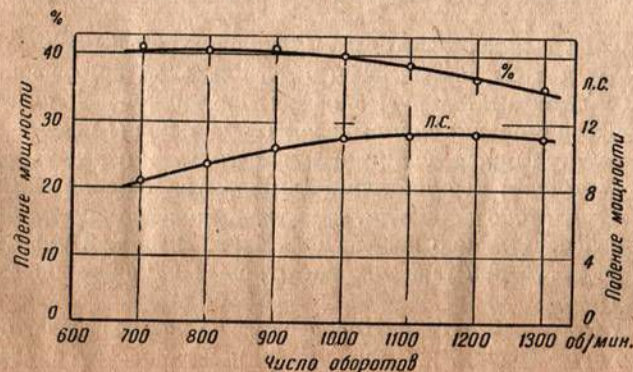
Замеры № 5, 6, 8 и 9 показывают, что при чурках больших размеров двигатель вообще развивает меньшую мощность, чем при чурках размером в спичечную коробку. Буковые чурки размера 5 см × 20 ÷ 25 см² газифицировались лучше других, тем не менее и здесь была достигнута более низкая мощность двигателя (замер № 3), чем при применении чурок меньшего размера.

Испытаниями было установлено наимыгоднейшее положение центрального сопла для получения свободного от содержания смолы газа и максимальной мощности двигателя. При таком положении сопла был произведен ряд получасовых замеров с буковыми чурками размера 5 см × 5 ÷ 6 см²; резуль-



Фиг. 18. Мощность двигателя и расход топлива при работе на генераторном газе.

Испытаниями было установлено наимыгоднейшее положение центрального сопла для получения свободного от содержания смолы газа и максимальной мощности двигателя. При таком положении сопла был произведен ряд получасовых замеров с буковыми чурками размера 5 см × 5 ÷ 6 см²; резуль-



Фиг. 19. Падение мощности двигателя при работе на генераторном газе.

БЮЛЛЕТЕНЬ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА
г. Днепропетровск
Имя: 1022

таты замеров показаны на фиг. 18. Достигнутые мощности следует рассматривать как предельно возможные (наивысшие при неизменной степени сжатия). Из сравнения кривых мощностей видно, что при переходе с бензола на генераторный газ имеет место падение мощности двигателя на 35—40,8% (фиг. 19).

Для развития двигателем максимальных мощностей на генераторном газе потребовалось установить опережение зажигания на 36,5° до верхней мертвой точки.

Качество генераторного газа. Температуры и разрежения

Отбор газа для технического анализа производился за очистительной батареей и перед смесителем.

Выявленное анализами среднее качество генераторного газа при газификации буковых чурок воздушной сушки (замер № 3, табл. 3) видно из табл. 4.

Таблица 4

Компоненты генераторного газа в %								
CO	H ₂	CH ₄	C _n H _n	CO ₂	O ₂	N ₂	H ₂ O в кал/м ³	L ₀ в м ³
16,1	40,1	3,4	0,2	12,2	—	58,0	1 050	0,93

Анализ продуктов сгорания, произведенный одновременно с указанным газовым анализом, показал, что двигатель работал с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,08$. Отсюда можно определить теплотворную способность газовой рабочей смеси, пользуясь формулой (6); в данном случае теплотворная способность рабочей смеси исчисляется в 524 кал/м³.

Существенного различия в составе генераторных газов при газификации различных пород древесины, но при одинаковом размере чурок, в исследованных пределах чисел оборотов двигателя не было установлено. При применении крупных дровяных чурок состав газа, как указывалось выше, чрезвычайно сильно колебался, и установленные теплотворные способности его вследствие большого содержания CO₂ были ниже, чем при применении мелких чурок.

Температура генераторного газа в зольнике газогенератора (t_1) определялась термоэлементом, помещенным в специальном шуровочном люке и снабженным предохранительным экраном против лучеиспускания. Температура продуктов сгорания при выходе из цилиндров (t_2) также измерялась термоэлементами. Температура генераторного газа перед смесителем (t_3) определялась ртутным термометром. Температура охлаждающей воды (t_4) замерялась в радиаторе двигателя. Разрежение h в миллиметрах вод. ст. определялось непосредственно перед двигателем. В табл. 5 указаны средние значения температур при газификации буковых чурок размером в спичечную коробку.

Влияние температуры генераторного газа на мощность двигателя нельзя считать мало существенным; так например, при температуре газа в 40° С перед смесителем мощность определилась в 17,5 л. с., тогда как при температуре газа в 53° С мощность составляла 16,5 л. с.

Таблица 5

Число оборотов двигателя в мин.	t_1 в °C	t_2 в °C	t_3 в °C	t_4 в °C	h в мм вод. ст.
1300 . . .	600	42,5	530	74,9	220
1200 . . .	600	39,5	515	75,2	195
1100 . . .	575	39,0	500	73,3	175
1000 . . .	575	36,0	487	74,5	160
900 . . .	460	39,5	460	76,6	125
800 . . .	427	40,0	452	76,4	100
700 . . .	410	39,0	440	76,0	100

Порода древесины не оказывает заметного влияния на температуры; напротив, при газификации крупных чурок температура газа в зольнике газогенератора повышается (причина — повышенное содержание CO₂).

Общие замечания

Испытания показали, что газогенератор Гумбольд-Дейтц работает надежно при применении дровяных чурок рекомендуемого размера (5—8 см × 5—6 см²) и обеспечивает при этом устойчивую работу двигателя. Время, затрачиваемое для пуска в ход, т. е. время розжига и раздувки газогенератора до получения газа надлежащего качества при применении мелких чурок значительно меньше, чем при применении крупных.

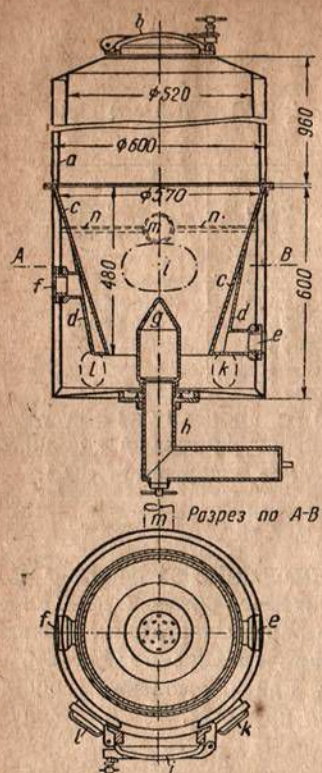
Б. ДРОВАЯНОЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР ГОДГ¹

Конструкция газогенератора и условия работы с ним

Газогенератор ГОДГ (фиг. 20) предназначен для газификации дровяных чурок. Газогенератор пригоден для монтажа на автомобиль, так как он компактен и построен из материалов, стойких в отношении толчков и сотрясений.

Бункер *a* газогенератора расширяется книзу, благодаря чему при применении чурок больших размеров образование сводов и пустых пространств не должно иметь места. Крышка *b* закрывает загрузочный люк герметически и удерживается в этом положении скобой, нажимной винт которой давит на жесткую пружину, прикрепленную к крышке; благодаря такому устройству, крышка при случайных всплесках в газогенераторе может действовать как предохранительный клапан. Топливник *c* испытанного газогенератора выполнен, как экспериментальный, из листовой стали нормального качества; к топливнику приварен кожух *d*. Промежуточное пространство между кожухом и топливником сообщается посредством двух патрубков *ei* *fc* наружным воздухом; воздух, поступая в это пространство через нижний патрубок *e*, омывает накаливаемый топливник, нагревается и выходит наружу через верхний патрубок *f*. Целью такого устройства является интенсивное охлаждение топливника.

¹ Германское общество дровяных газогенераторов.



Фиг. 20. Дровяной газогенератор ГОДГ (верхняя часть изображена в укороченном виде).

Воздух, необходимый при газификации топлива, подается через центральное сопло *g*. Особенностью этого сопла является его относительно большой внутренний диаметр. Благодаря большому поперечному сечению сопла, движение воздуха в нем происходит с небольшой скоростью, что обеспечивает подогрев воздуха перед поступлением в зону окисления. Верхняя часть сопла имеет коническую форму и снабжена 13 отверстиями диаметром по 8 мм. Приспособление газогенератора к двигателю осуществляется сменой корпуса сопла *g*, привинченного к коленчатой трубе *h*; кроме того сопло вместе с коленчатой трубой может перемещаться по высоте, удерживаясь в нужном положении контргайкой. Колосниковой решетки газогенератор не имеет.

Древесный уголь, образующийся при газификации, опускается мимо сопла на дно газогенератора; кроме того небольшие куски угля насыпают в зольник через люк *i*. Древесный уголь в зольнике следует время от времени шуровать через специальные люки *k* и *l*. Угльная пыль и зола удаляются через эти же люки. Для того чтобы подача к двигателю газа, отсасываемого через патрубок *m*, происходила по возможности равномерно по всему поперечному сечению восстановительной зоны, к наружной стенке газогенератора приварено постепенно суживающееся к периферии угловое кольцо *n*.

Очистительная батарея состоит из шести цилиндрических очистителей, которые при лабораторных испытаниях были объединены в одну систему. Первые четыре очистителя по конструкции аналогичны изображенным на фиг. 16 (длина — 1,1 м); вставка имеет 30 отражательных дырчатых дисков, расположенных на расстоянии 30 мм один от другого. Два последних очистителя имеют щитки. Образующийся в очистителях конденсат отводится в последний очиститель и выпускается оттуда через кран.

Для раздувки газогенератора служит вентилятор с комбинированным приводом.

Перед началом работы газогенератора, после каждого полного опорожнения, топливник наполняется древесным углем несколько выше конца сопла; кроме того древесный уголь загружается через люк *i*.

Мощность двигателя и расход топлива

Перед испытанием газогенератор был приведен в соответствие с мощностью двигателя путем подбора сопла необходимого размера и установки его на наивыгоднейшей высоте. В этих условиях был произведен ряд отдельных

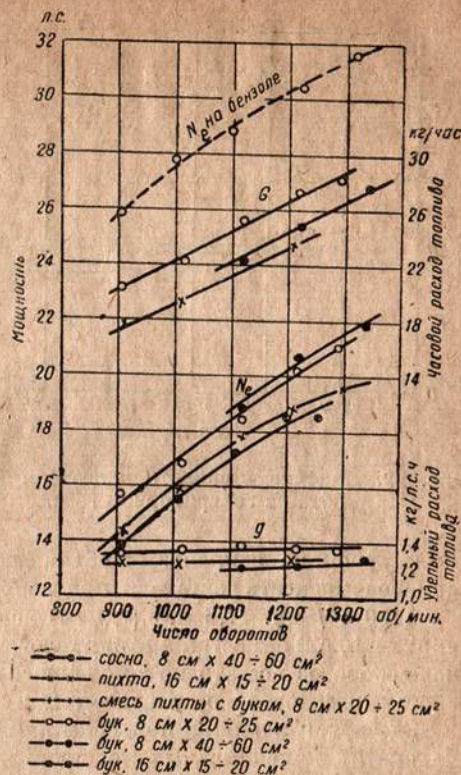
часовых замеров, в процессе которых применялись дровяные чурки различных пород и различных размеров; результаты замеров показаны на фиг. 21.

Все замеры производились при одном и том же положении сопла; газогенератор все время давал свободный от содержания смолы газ и работал бесперебойно. Однако испытание не удалось провести полностью, так как во время испытания прогорел экспериментальный топливник газогенератора. После выявления оптимальных размеров топливника в процессе испытаний, фирма предполагает выполнять топливники для серийных газогенераторов из жароупорного материала.

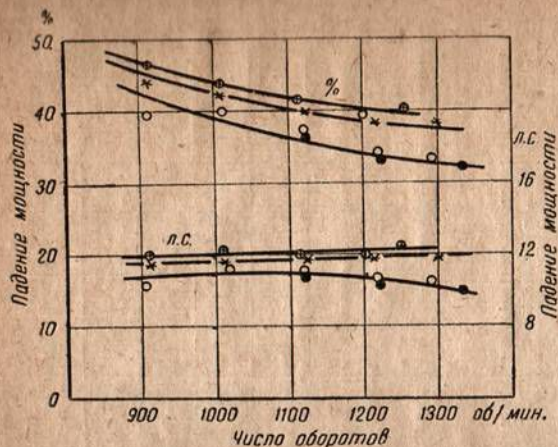
Из фиг. 21 видно, что на буке получалась более высокая мощность, чем на пихте и сосне, а на пихте более высокая, чем на сосне. Различие в мощностях двигателя при применении мягких пород древесины меньше, чем между мощностями на твердой и мягкой породах. По полученным результатам заметно, что размер чурок не оказывает существенного влияния на мощность двигателя. При применении пихтовых чурок и высоком числе оборотов ($n=1200$ и 1300 об/мин.) двигатель не работал с достаточной устойчивостью. При указанных числах оборотов вследствие повышенного расхода газа двигателем, газификация чурок в зоне окисления осуществляется значительно скорее и чурки должны более быстро опускаться. Крупные чурки легче образуют своды и пустые пространства; здесь это явление имело место, найдя отражение в составе газа и устойчивости работы двигателя.

Расход топлива на буке (20—23% влажности) больше, чем на пихте (15—17% влажности). Большой расход буковых чурок размера $8 \text{ см} \times 20-25 \text{ см}^2$ против чурок более крупных можно объяснить тем, что крупные чурки дали больший выход газов. В исследованном диапазоне числа оборотов часовой расход топлива пропорционален оборотам; удельный расход топлива повышается с увеличением числа оборотов незначительно, составляя 1,2—1,4 кг/л. с. ч.

Из сравнения мощностей на генераторном газе и на бензоле видно, что падение мощности двигателя на генераторном газе (в процентах) уменьшается с повышением оборотов двигателя (фиг. 22) и в лучшем случае (на буке при 1300 об/мин.) составляет около 32,5%; при 1100 об/мин. падение



Фиг. 21. Мощность двигателя и расход топлива при работе на генераторном газе.



Фиг. 22. Падение мощности двигателя при работе на генераторном газе.

смеси чурок из одинаковых объемных частей бука и пихты указанных размеров мощность двигателя при неподвижном газогенераторе составляла при 1100 об/мин. 17,6 л. с.; даже со смесью из бука, пихты и сосны (длина чурок — 16 см) без встряхивания газогенератора получался при нормальном числе оборотов достаточно устойчивого состава газ, на котором двигатель работал бесперебойно, развивая при 1100 об/мин. мощность в 17,1 л. с.

Здесь, так же как и при испытаниях газогенератора Гумбольд-Дейтц, для снятия максимальных мощностей требовалась установка опережения зажигания на $36,5^\circ$ до верхней мертвой точки.

Качество генераторного газа. Температуры и разрежения

Отбор газа для технического анализа производился непосредственно за очистительной батареей.

При газификации буковых чурок воздушной сушки (содержание влаги около 20%) размера $8 \text{ см} \times 20 \div 25 \text{ см}^2$ анализами были выявлены величины, сведенные в табл. 6.

Таблица 6

Число оборотов двигателя в минуту	Компоненты генераторного газа в %						Компоненты продуктов сгорания в %		H_g в кал/м ³
	CO	CH ₄	C _n H _{2n}	N ₂	H_u в кал/м ³	CO ₂	O ₂		
1300	19,5	10,0	6,1	—	11,8	52,6	1400	—	—
1200	16,9	11,2	6,8	—	11,5	54,6	1392	19,8	0,8
1100	14,2	13,7	5,0	0,3	13,6	53,2	1250	19,1	0,4
1000	19,1	13,7	4,7	—	14,8	47,7	1330	19,1	0,6
900	13,3	10,6	6,3	0,3	13,9	55,6	1260	17,9	1,6

мощности увеличивается до 36,5%, при 900 об/мин. — возрастает до 43%. Падение мощности при мягких породах древесины, как видно из фиг. 22, больше.

Во время описываемых испытаний газогенератор подвергался длительным встряхиваниям. Однако было установлено, что при нормальном числе оборотов двигателя и древесных чурках размеров $8 \text{ см} \times 20 \div 25 \text{ см}^2$ и $8 \text{ см} \times 40 \div 60 \text{ см}^2$ газогенератор давал в течение нескольких часов газ постоянного качества и без встряхивания. При применении

Как видно из табл. 6, все газовые анализы фиксируют высокое содержание в газе CH₄.

В табл. 7 сопоставлены средние характеристики генераторного газа и полученные мощности двигателя при газификации дровяных чурок различных пород, но приблизительно одинакового размера.

Таблица 7

Порода древесины	Компоненты генераторного газа в %						H_u в кал/м ³	α	H_g в кал/м ³	Мощность двигателя в л. с.
	CO	H	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂				
Бук	16,5	12,0	5,7	0,1	13,0	52,7	1315	1,05	578	18,5
Пихта	15,4	10,5	5,4	—	11,1	57,6	1200	1,08	540	17,8
Сосна	14,8	10,4	7,2	—	12,0	55,6	1334	1,08	555	17,2

Температуры генераторного газа определялись при выходе из газогенератора — t_1 и после охлаждения в очистителях — t_2 . Определение разрежений h производилось перед смесителем. Данные о температурах и разрежениях сведены в табл. 8 (работа на буковых чурках размера $8 \text{ см} \times 20 \div 25 \text{ см}^2$) и 9 (работа на пихтовых чурках размера $16 \text{ см} \times 15 \div 20 \text{ см}^2$).

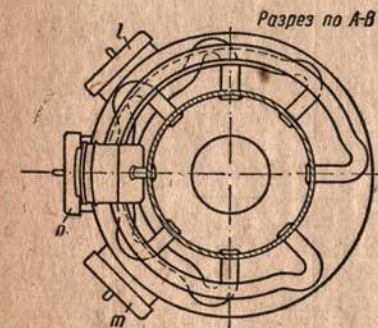
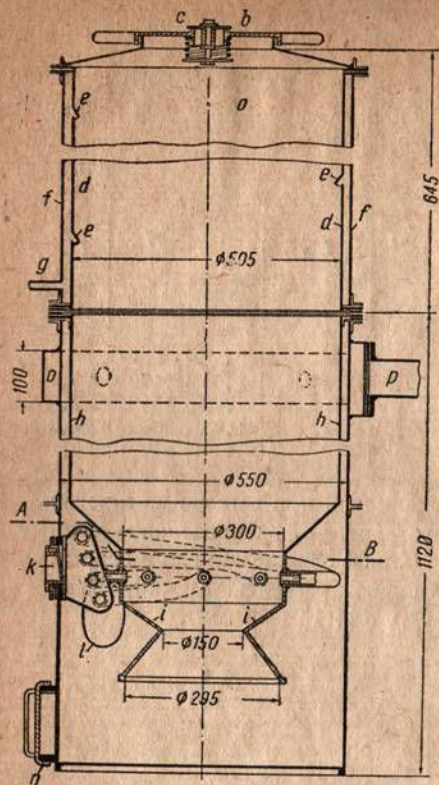
Таблица 8

Число оборотов двигателя в минуту	t_1 в °C	t_2 в °C	h в мм вод. ст.
1300	328	22,5	349
1200	323	22,5	297
1100	315	21,5	235
1000	312	18,5	195
900	306	17,0	174

Таблица 9

Число оборотов двигателя в минуту	t_1 в °C	t_2 в °C	h в мм вод. ст.
1300	360	19,0	420
1200	340	20,0	305
1100	353	19,5	273
1000	345	17,5	193
900	377	15,0	173

При применении дровяных чурок мягких пород температура газа при выходе из газогенератора выше, чем в случае применения чурок твердых пород, особенно при крупных чурках. Это объясняется, очевидно, меньшим со-



Фиг. 23. Дровяной газогенератор Имберт (верхняя часть изображена в укороченном виде).

К цилиндру *h* нижней части газогенератора (бункеру) внизу приварен топливник *i* диаволо-образной формы, отлитый из жароупорной и нержавеющей специальной стали. Воздух поступает в газогенератор через отверстие *k* с обратным клапаном и подается в зону окисления через

держанием влаги в чурках мягких пород. Разрезания при равных числах оборотов двигателя в случае применения пихты и сосны получаются большими, чем при работе на буке, так как древесный уголь из мягких пород легче размельчается и распыляется, что ведет к увеличению сопротивлений потоку газа.

В. ДРОВЯНОЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР ИМБЕРТ ТИПА 150/550

Конструкция газогенератора и условия работы с ним

Газогенератор Имберт (фиг. 23) служит для газификации дров воздушной сушки, которые, по указанию фирмы, должны применяться в виде чурок длиной от 6 до 8 см. Газогенератор, в котором всякая футеровка отсутствует, состоит из двух основных частей: верхней с двойными стенками и нижней с топливником и наружной рубашкой.

Верхняя часть газогенератора *a* снабжена плотно закрывающейся крышкой *b* с винтовым затвором, имеющим предохранительный клапан *c*. Во внутренней рубашке *d*, изготовленной из тонкой листовой стали, выполнены отверстия *e*, расположенные в шахматном порядке. Эти отверстия служат для отвода в кольцевое пространство между внутренней рубашкой и верхним кожухом *f* паров воды, уксусной кислоты и смолы, выделяющихся из дров в зонах сухой перегонки и подсушки. Конденсируясь при соприкосновении с кожухом *f*, охлаждаемым наружным воздухом, выделенные продукты удаляются наружу через трубку *g*, когда двигатель не работает; во время работы двигателя в пространстве скопления конденсата создается разрежение.

8 фурм ($D=10$ мм), симметрично расположенных по периферии топливника. Трубы, подводящие воздух к фурмам, имеют (как видно на фиг. 23) изогнутую форму; такая форма должна препятствовать образованию в местах сварки трещин от термических напряжений. Древесный уголь, образующийся в зоне окисления, опускается вниз (колосниковая решетка в этом газогенераторе отсутствует). Дополнительное количество древесного угля небольшими кусками загружается через люки *l* и *m* до уровня нижнего их края; через эти же люки производится шуровка угля. Зола и угольная пыль удаляются через люк *n*. Газ, выходящий из топливника, отсасывается двигателем через кольцевое пространство между наружной рубашкой и бункером *h*, отдавая при этом часть своего физического тепла опускающемуся топливу. Для того чтобы обеспечить более равномерное движение газа по всему поперечному сечению кольцевого пространства, к наружной рубашке приварен кольцевой пояс *o*, с газоотводным патрубком *p*; соединительные отверстия этого пояса с пространством отсоса газа увеличиваются по мере удаления от патрубка *p*. Из газогенератора газ поступает в очистительную батарею, состоящую из пяти цилиндрических очистителей, в каждом из которых имеется по 20 отражательных дырчатых дисков, расположенных на расстоянии 60 мм один от другого.

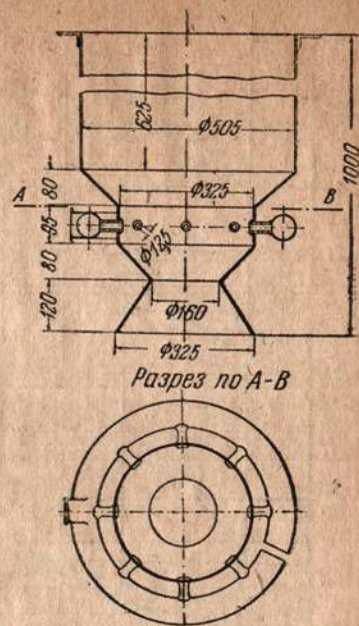
Подготовка газогенератора к работе, его розжиг и раздувка, а также обслуживание характерными особенностями не отличаются; розжиг производится факелом через люк *k*.

Мощность двигателя и расход топлива

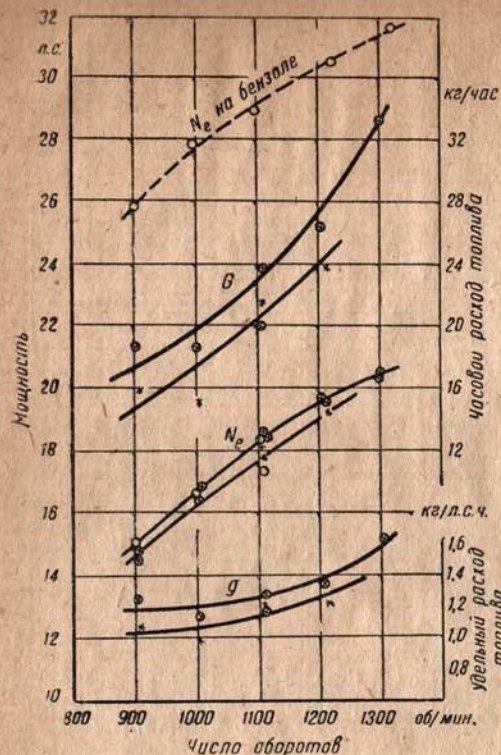
В начале испытаниям был подвергнут газогенератор с подачей воздуха, конструктивно оформленной согласно фиг. 24; испытание этого газогенератора через несколько дней пришлось прекратить, так как генераторный газ отличался относительно высоким содержанием CO_2 . В результате подробного осмотра было установлено, что у двух фурм в местах сварки образовались трещины, через которые в зольник мог просачиваться воздух; здесь, надо полагать, уже сгорала часть CO .

Пришедший в негодность топливник был заменен другим, снабженным воздухоподводящими трубами (см. фиг. 23); с новым топливником газогенератор и прошел намеченный цикл испытаний.

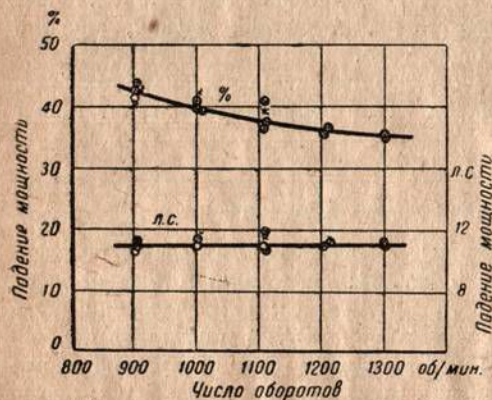
Испытания производились на дровяных чурках различных пород и различных размеров; результаты испытаний показаны на фиг. 25 (принятые обозначения пояснены на фиг. 21). Газогенератор давал при топливе различ-



Фиг. 24. Топливник газогенератора Имберт (прежняя конструкция).



Фиг. 25. Мощность двигателя и расход топлива при работе на генераторном газе.



Фиг. 26. Падение мощности двигателя при работе на генераторном газе.

процентное падение мощности уменьшается (фиг. 26); на буковых чурках при 1300 об/мин. падение мощности составляет приблизительно 35%, при 1100 об/мин. — 37,5% и при 900 об/мин. — 42,5%. При работе на чурках мягких пород падение мощности, соответственно полу-

ных сортов свободный от содержания смолы газ. Встряхивание газогенератора производилось непрерывно на протяжении всего цикла испытаний.

Из фиг. 25 видно, что при работе на чурках мягких пород мощность двигателя была меньше, чем при работе на буке, а при применении сосны несколько меньше, чем при работе на пихте. Кроме того испытания показали, что мощность двигателя практически не зависит от размеров применяемых чурок и что при работе на смеси чурок, состоящей из одинаковых объемных частей бука и пихты (размер — 8 см × 20 ÷ 25 см²) практически получались такие же мощности, как и при работе на буковых чурках; применение буковых чурок имеет по сравнению со смесью то преимущество, что одна загрузка бункера обеспечивает большее время работы газогенератора.

Часовой расход топлива при работе на буке (влажность от 20 до 23%) опять оказался большим, чем при работе на пихте (15—17% влаги) и с повышением числа оборотов он возрастает более резко; удельный расход топлива составляет при нормальном числе оборотов приблизительно 1,1—1,3 кг/л.с.ч.

Сравнение мощностей, развиваемых двигателем на генераторном газе и на бензоле, показывает, что с повышением числа оборотов

ценным более низким мощностям, дает несколько большие значения.

Как и при испытаниях газогенераторов Гумбольд-Дейтц и ГОДГ, максимальные мощности двигатель развивал при опережении зажигания в 36,5° до верхней мертвой точки.

Качество генераторного газа. Температуры и разрежения

Отбор газа для технического анализа производился после очистки и охлаждения газа (перед смесителем). При газификации буковых чурок воздушной суши (размер 8 см × 50 см²) получены были при различном числе оборотов двигателя данные, сведенные в табл. 10.

Таблица 10

Число оборотов двигателя в минуту	Компоненты генераторного газа в %						H_u в кал/м ³	Компоненты продуктов сгорания в %		H_g в кал/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂		CO ₂	O ₂	
1200	16,1	14,2	4,0	—	12,7	53,0	1 200	18,6	0,3	268
1100	17,1	14,8	3,3	0,2	12,5	52,1	1 215	18,9	0,3	578
1000	22,5	14,2	2,5	—	9,9	50,9	1 267	19,2	0,5	593
900	17,9	16,5	3,1	0,2	11,6	50,7	1 240	18,1	0,6	570

Все анализы указывают на высокое содержание в газе H₂; это наблюдалось также и при газификации чурок других пород, при том независимо от их размеров.

Температуры газа при выходе из газогенератора измерялись термометром у газоотводного патрубка; результаты замеров при работе на чурках различных сортов сведены в табл. 11.

Таблица 11

Порода древесины	Размер	Температура газа в °C				
		при 1300 об/мин.	при 1200 об/мин.	при 1100 об/мин.	при 1000 об/мин.	при 900 об/мин.
Бук	8 см × 20 см ²	—	—	148	136	127
»	8 см × 50 см ²	—	213	193	148	129
»	16 см × 15 ÷ 20 см ²	199	202	184	157	146
Пихта	16 см × 15 ÷ 20 см ²	198	210	180	185	169
Пихта и бук	8 см × 20 см ²	182	—	151	145	131

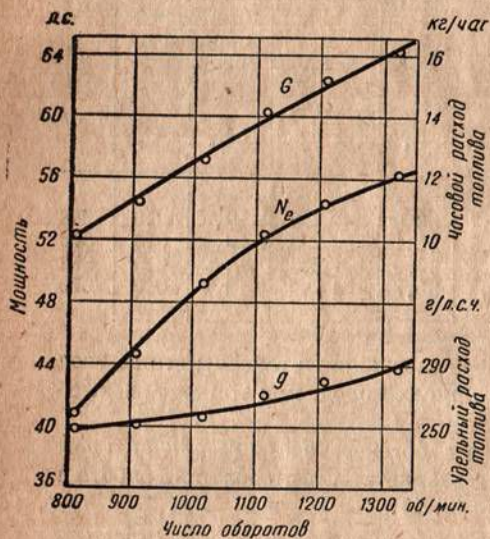
Температура газа перед смесителем поддерживалась в процессе испытаний постоянной (путем водяного охлаждения) около 20° C. Разрежение в газогенераторе при нормальном числе оборотов в среднем составляло 150 мм вод. ст.

3. Испытания на двигателе Кемпер

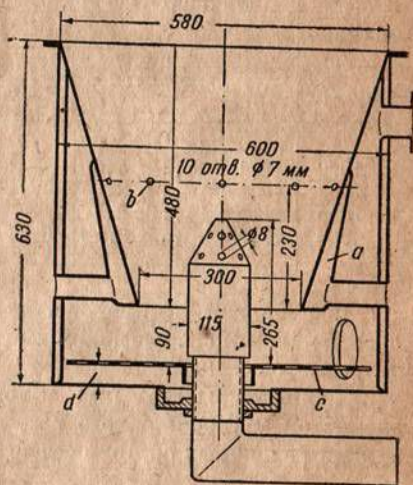
Испытания, описываемые ниже, производились на двигателе Кемпер, имевшем следующую характеристику:

число цилиндров	4
цикл работы	четырёхтактный
диаметр цилиндра	110 мм
ход поршня	160 мм
степень сжатия	5,17
нормальное число оборотов в минуту	1100

Мощность двигателя и расход жидкого топлива (бензола) при полной нагрузке и различном числе оборотов представлены на фиг. 27.



Фиг. 27. Внешняя характеристика двигателя Кемпер при работе на бензоле.



Фиг. 28. Нижняя часть газогенератора ГОДГ.

А. ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Компенсация мощности путем повышения степени сжатия

Испытания на двигателе Кемпер с нормальной степенью сжатия (5,17) показали, что при питании двигателя генераторным газом неизбежно падение мощности примерно на 40% в сравнении с мощностью, развиваемой при работе на бензоле. Для исследования влияния увеличения степени сжатия на мощность двигателя стандартные поршни двигателя Кемпер были заменены более высокими, поднявшими степень сжатия до 8,89; затем степень сжатия была понижена до 6,89 путем введения между картером и блоком цилиндров прокладки из нескольких листов жести. Испытания производились со степенями сжатия 5,17; 6,89 и 8,89 с газогенераторами Германского общества дровяных газогенераторов (ГОДГ) и фирмы Имберт. Газифицировались при испытаниях буковые чурки размера 8 см × 30 см² с содержанием влаги около 17%; во время серии опытов с газогенератором Имберт

при степени сжатия 6,89 газифицировались чурки с влажностью в 25% и по этому мощность двигателя была немного снижена.

Газогенератор ГОДГ с топливником, выполненным из жароупорных материалов, имеет комбинированную подачу воздуха в зону окисления. Кроме центрального сопла с 13 отверстиями ($D=8$ мм), здесь имеются 10 отверстий b ($D=7$ мм), просверленных по периферии топливника и выходящих в кольцевую полость a (фиг. 28). Газогенератор с этими дополнительными фурмами давал свободный от содержания смолы газ и работал бесперебойно. В нижней части зольника расположена колосниковая решетка c , встряхивание которой может быть осуществлено только в том случае, когда открыт люк зольника. Расстояние d от решетки до днища зольника оказалось однако весьма малым и зола с трудом (и только частично) удалялась через имеющиеся отверстия; здесь, вероятно, было бы целесообразно устроить приспособление, обеспечивающее встряхивание колосниковой решетки во время работы.

Результаты испытаний представлены на фиг. 29—33.

На фиг. 29 и 31 приведены мощности двигателя и удельные расходы топлива при различных степенях сжатия в зависимости от числа оборотов; для сравнения показана и мощность, развиваемая на бензоле. По этим данным видно, что при повышении степени сжатия с 5,17 до 8,89, мощность двигателя при нормальном числе оборотов (1100 об/мин.) была повышена с 32,1 до 40,8 л. с. или с 33,8 до 40,9 л. с.; при увеличении степени сжатия с 5,17 до 6,89 мощность повысилась с 32,1 до 36,6 л. с. или с 33,8 до 35,9 л. с. Падение мощности, зафиксированное при нормальном числе оборотов, показано в табл. 12; для других чисел оборотов эти величины можно выявить на основании фиг. 30 и 32.

Таблица 12

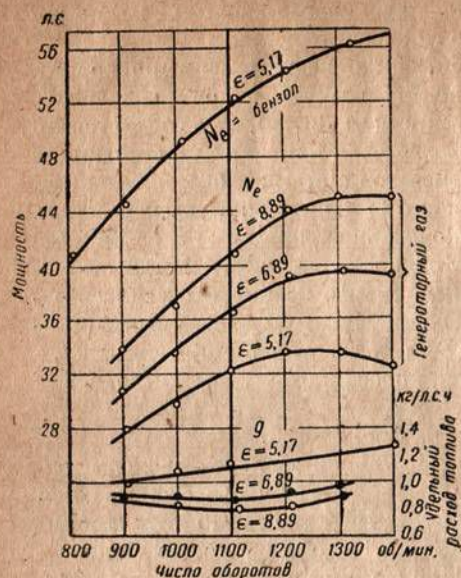
Тип газогенератора	Падение мощности двигателя в %		
	$\epsilon = 5,17$	$\epsilon = 6,89$	$\epsilon = 8,89$
ГОДГ	38,2	29,5	21,3
Имберт	34,8	30,8	21,1

По приведенным внешним характеристикам можно заметить, что перегиб кривой мощности двигателя с повышением степени сжатия сдвигается в сторону высоких оборотов; максимальная мощность получается при степени сжатия 5,17 вблизи 1200 об/мин., между тем как при высоких степенях сжатия можно установить возрастание мощности и при дальнейшем повышении числа оборотов.

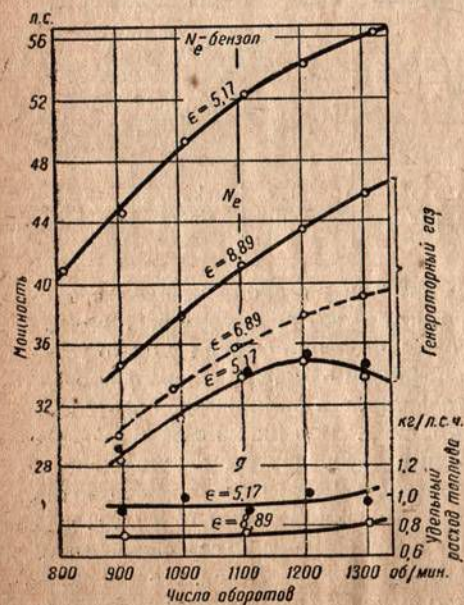
Заслуживает внимания и то обстоятельство, что при повышении степени сжатия происходит понижение расхода топлива. Из фиг. 29 и 31 видно, что при нормальном числе оборотов и степени сжатия 5,17 расход топлива составляет около 1,1 или 0,95 кг/л. с. ч., между тем как при степени сжатия в 8,89 и том же числе оборотов расходуется только 0,8 или 0,75 кг/л. с. ч.

На фиг. 33 представлены мощность двигателя и падение ее в зависимости от степени сжатия. Направление кривой мощности показывает, что при дальнейшем повышении степени сжатия можно было бы еще повысить мощность, если бы конструкция двигателя допустила увеличение степени сжатия выше 9.

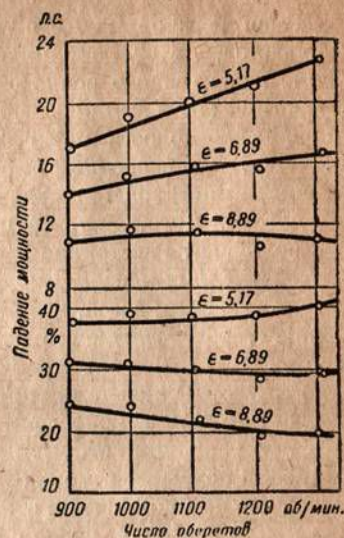
При степени сжатия 8,89 двигатель работал немного жестко; при степени сжатия 6,89 работа двигателя по мягкости уже мало отличалась от работы



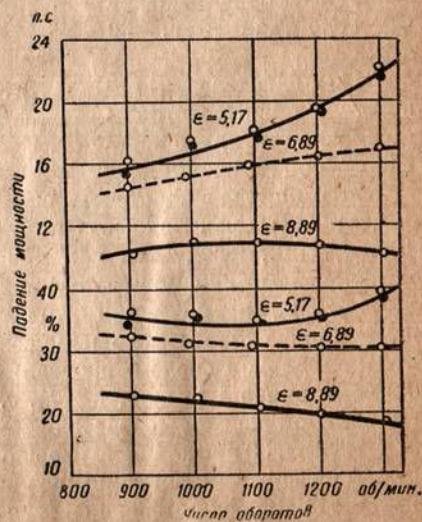
Фиг. 29. Мощность двигателя и удельный расход топлива при различных степенях сжатия (газогенератор ГОДГ).



Фиг. 31. Мощность двигателя и удельный расход топлива при различных степенях сжатия (газогенератор Имберт).



Фиг. 30. Падение мощности двигателя на генераторном газе при различных степенях сжатия (газогенератор ГОДГ).



Фиг. 32. Падение мощности двигателя на генераторном газе при различных степенях сжатия (газогенератор Имберт).

с нормальными степенями сжатия. На малых оборотах холостого хода двигатель работал при различных степенях сжатия устойчиво.

Для получения указанных выше мощностей при нормальном числе оборотов моменты зажигания устанавливались следующие:

на бензоле при $\epsilon = 5,17 - 29^\circ$ до верхней мертвой точки;

на генераторном газе при $\epsilon = 5,17 - 30^\circ$ до верхней мертвой точки, при $\epsilon = 6,89 - 35,5^\circ$ до верхней мертвой точки, при $\epsilon = 8,89 - 31,5^\circ$ до верхней мертвой точки.

Таким образом, по мере повышения степени сжатия, опережение зажигания для получения максимальной мощности требовалось несколько уменьшить. При высоких степенях сжатия применялись запальные свечи с высоким коэффициентом теплоотдачи (Бош ДМ-225); свечи с низким коэффициентом теплоотдачи (М-145) не обеспечивали бесперебойной работы двигателя.

Отбор газов для технического анализа производился у обоих исследованных газогенераторов непосредственно при выходе газа из газогенератора. Результаты анализов приведены в табл. 13 и 14.

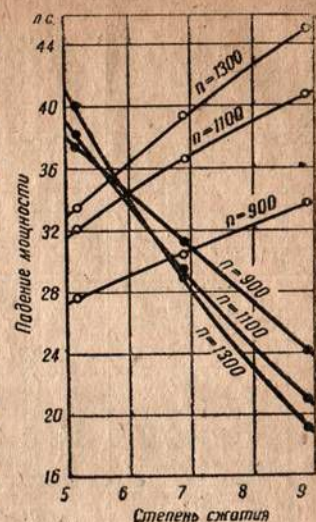
Температуры генераторного газа, указанные в табл. 13 и 14, замерялись при выходе из газогенератора t_1 и перед смесителем t_2 . Для оценки теплового режима двигателя замерялись также температуры продуктов сгорания на выхлопе t_3 и температуры охлаждающей воды в радиаторе t_4 . Разрежения h замерялись в газогенераторах.

Данные, приведенные в табл. 13, относятся к испытаниям газогенератора ГОДГ, а материалы табл. 14 — к испытаниям газогенератора Имберт.

Из данных табл. 13 и 14 видно, что газ, получаемый из газогенератора ГОДГ, содержит большие доли многоатомных газов (CH_4 , CO_2), чем газ из газогенератора Имберт. Этот факт приобретает особое значение, если принять во внимание, что при компенсации падения мощности посредством увеличения термического коэффициента полезного действия η_t вместе со степенью сжатия играет также роль и показатель политропы n^* ; как известно, для двухатомных газов этот показатель равен 1,4, а для CH_4 и CO_2 его следует принять равным 1,3.

В табл. 15 приводится сравнение возможного улучшения термического к. п. д. с действительным повышением мощностей при испытаниях; данные таблицы получены при нормальном числе оборотов для обоих газогенераторов.

Из табл. 15 видно, что двигатель при работе на газе, получаемом из газогенератора Имберт, при низкой степени сжатия развивает более высокую мощность, чем с газогенератором ГОДГ, тогда как повышение мощности



Фиг. 33. Мощность двигателя и ее падение в зависимости от степени сжатия (газогенератор ГОДГ).

$$* \eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{n^*}}$$

Таблица 13

Степень сжатия в двигателе	Число оборотов двигателя в мин.	Компоненты генераторного газа в %						N_u в кал./м ³	Компоненты продуктов сгорания в %		H_g в кал./м ³	t_1 в °С	t_2 в °С	t_3 в °С	t_4 в °С	h в мм вод. ст.
		CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂		CO ₂	O ₂						
5,17	1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	447	34	609	72	180
	1300	18,9	16,4	2,8	0,2	11,6	50,1	1261	18,8	1,2	573	445	30,5	607	82	148
	1200	19,4	16,8	2,4	—	10,9	50,5	1230	19,4	0,2	586	446	29	607	86	125
	1100	16,0	18,8	2,7	0,1	14,1	48,3	1216	19,6	0,4	574	437	30,5	592	84	120
	1000	18,0	16,4	2,6	0,4	12,4	50,2	1247	19,8	0,5	580	434	27	575	85	107
6,89	900	18,9	16,4	2,8	1,2	11,6	50,1	1286	19,2	0,8	590	424	26	558	86	91
	1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	475	29	609	73	155
	1300	16,9	19,5	3,5	—	14,7	45,4	1317	20,0	0,5	594	470	30	595	74	112
	1200	18,7	20,2	3,8	—	13,1	44,2	1411	19,4	0,8	595	465	29	584	76	105
	1100	16,8	18,5	3,5	—	15,0	46,2	1287	19,6	0,6	583	450	25	573	77	90
8,89	1000	19,8	19,4	2,6	—	15,0	43,3	1317	19,2	1,4	583	442	25	556	78	78
	900	19,7	20,0	2,0	—	13,6	44,7	1284	—	—	584	439	24	542	77	72
	1400	—	—	—	—	—	—	—	18,1	0,9	—	463	26	560	78	160
	1300	17,8	17,1	2,9	—	14,5	47,7	1220	19,8	0,6	672	474	29	565	78	140
	1200	—	—	—	—	—	—	—	19,4	0,4	—	452	26	566	77	127
8,89	1100	—	—	—	—	—	—	—	19,5	0,2	—	469	25	548	77	97
	1000	20,5	16,3	2,5	—	12,1	48,7	1248	19,8	0,4	586	437	24	530	79	96
	900	20,7	18,2	2,2	—	13,0	45,9	1285	19,1	1,2	582	428	23	520	79	85

Таблица 14

Степень сжатия в двигателе	Число оборотов двигателя в мин.	Компоненты генераторного газа в %						N_u в кал./м ³	Компоненты продуктов сгорания в %		H_g в кал./м ³	t_1 в °С	t_2 в °С	t_3 в °С	t_4 в °С	h в мм вод. ст.
		CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂		CO ₂	O ₂						
8,89	1300	23,3	18,0	1,5	—	11,1	46,1	1297	18,6	1,0	592	281	23	576	82	165
	1200	22,4	20,0	1,8	—	11,0	44,8	1350	17,9	1,9	587	271	22	550	82	152
	1100	22,8	17,7	1,5	—	7,7	50,3	1277	19,7	0,3	599	262	21	545	80	137
	1000	14,1	18,8	3,5	—	16,3	47,3	1212	19,9	0,3	568	248	21	540	81	119
	900	21,8	18,5	2,0	—	10,8	46,9	1310	19,6	0,8	597	230	20	530	80	90

Таблица 15

Степень сжатия в двигателе	Возможное улучшение η_f в %		Достигнутая мощность двигателя в л. с.		Повышение мощности в %	
	при $n = 1,4$	при $n = 1,3$	при газогенераторе Имберт	при газогенераторе ГОДГ	Имберт	ГОДГ
5,17	—	—	33,8	32,1	—	—
6,89	13,8	15,4	35,9	36,6	6,2	44
8,89	23,1	25,7	40,9	40,8	21,0	27,1

при увеличении степени сжатия оказалось более значительным в случае работы с газогенератором ГОДГ. Эти результаты вполне соответствуют теоретическим предположениям.

Теплотворные способности газозвдушенных рабочих смесей у обоих газогенераторов при различных степенях сжатия не показали в пределах исследованного числа оборотов ясно выраженных закономерных изменений.

Температура газа при выходе из газогенератора составляла по данным табл. 13 и 14 в среднем около 450° С для газогенератора ГОДГ и около 250° С для газогенератора Имберт; эта разница объясняется исключительно месторасположением (по высоте) газоотводного патрубка газогенератора.

Температура выхлопа, как видно из табл. 13, понижается по мере повышения степени сжатия.

В табл. 16 представлены для сравнения с данными табл. 13 и 14 результаты замера температур продуктов сгорания на выхлопе (t_3) и охлаждающей воды (t_4) при работе на бензоле с полной нагрузкой в зависимости от числа оборотов двигателя.

Таблица 16

Число оборотов двигателя в минуту	t_3 в °C	t_4 в °C
4300	776	95
1200	752	95
1100	747	94
1000	718	96
900	695	99
800	661	99

Компенсация мощности путем наддува

Произведенные испытания подтвердили, что при повышении степени сжатия в двигателе термический коэффициент полезного действия увеличивается; следовательно, благодаря высоким антидетонационным свойствам генераторного газа, можно снизить имеющее место

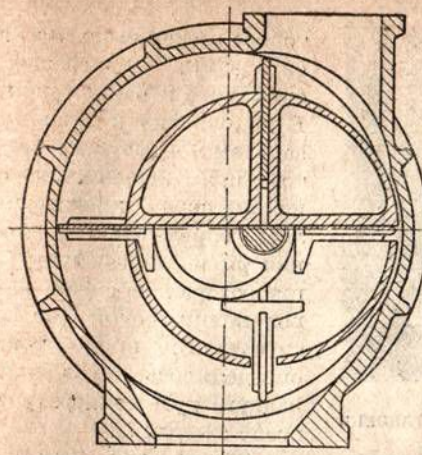
падение мощности двигателя при переводе его на питание газом. У двигателя Кемпер при $\epsilon = 5,17$ падение мощности составляло приблизительно 40% от мощности, развиваемой на бензоле; путем повышения степени сжатия до 8,89 удалось снизить падение мощности до 20%. Мощность, получаемую на бензоле таким путем, можно, вероятно, полностью восстановить только в редких, особо благоприятных случаях. Степень сжатия в большинстве двигателей допустимо повышать лишь до предела $\epsilon = 9$, так как более высокие степени сжатия вызывают перенапряжения в кривошипном механизме вследствие быстрого нарастания максимальных давлений вспышки в цилиндрах. При таких высоких степенях сжатия исключается вместе с тем возможность работы двигателя на жидком топливе; даже присадка незначительного количества жидкого топлива к газу при высокой степени сжатия в двигателе может иметь следствием повреждение в деталях кривошипного механизма.

В табл. 17 указаны конечные давления сжатия и максимальные давления вспышки, соответствующие различным степеням сжатия при различных

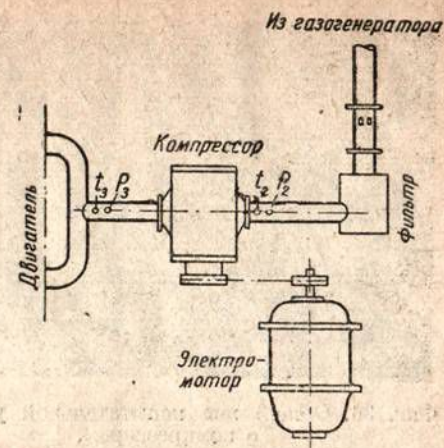
Таблица 17

Вид топлива	Степень сжатия в двигателе	Конечное давление сжатия в кг/см ²		Максимальное давление вспышки в кг/см ²	
		$n = 1,35^*$	$n = 1,3$	$n = 1,35$	$n = 1,3$
Бензол	5,17	8,9	—	22,7	—
Генераторный газ	5,17	8,6	7,95	17,1	16,1
	6,89	12,7	11,56	24,8	23,3
	8,89	17,9	16,1	34,6	31,7

* Для бензола $n = 1,4$.



Фиг. 34. Схема компрессора Кромаг-Цоллер (тип Z-9).



Фиг. 35. Схема испытательной установки с компрессором.

показателях политропы n ; эти величины получены расчетом на основе данных, зафиксированных при испытаниях (значение механического к. п. д. двигателя принято в 0,85).

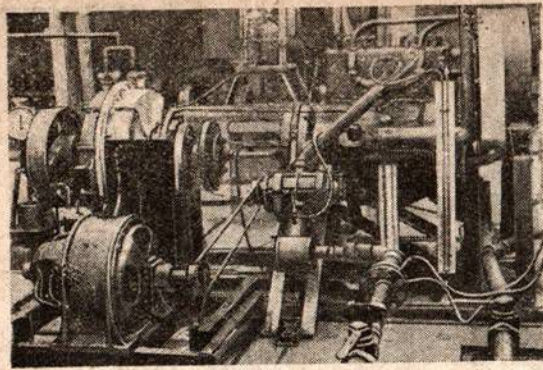
Непосредственные замеры максимальных давлений вспышки при помощи индикатора Майгак показали, что указанные в табл. 17 значения могут быть при более раннем зажигании значительно повышены.

Отсюда можно заключить, что при работе двигателя на генераторном газе, при степенях сжатия порядка 7 и выше, имеет место перенапряжение кривошипного механизма, несмотря на отдачу меньшей, чем при бензоле, мощности. Поэтому при приспособлении к работе на генераторном газе двигателей устаревших конструкций необходимо соблюдать осторожность.

Путем наддува рабочей смеси компрессором можно всякий двигатель на генераторном газе форсировать до полной мощности, получаемой на бензоле, так как удельный расход мощности компрессором не бывает выше известного предела; предварительные опыты с простым поршневым компрессором доказали это положение и на практике привели к вполне удовлетворительным результатам. Напротив, с автомобильным компрессором Рута, вследствие необходимости высокого числа оборотов (до 900 об/мин.), положительных результатов получить не удалось.

Для описываемых ниже широких испытаний выбран был компрессор Кромаг-Цоллер; схема этого компрессора (разрез в упрощенном виде) представлена на фиг. 34. Особая пригодность компрессора Кромаг-Цоллер для наддува рабочей смеси в двигателях, работающих на генераторном газе, усмотрена была в управляемости отдельных крыльев, благодаря чему потери через зазор даже при низком числе оборотов могут быть сведены к минимуму. Компрессор был снабжен автоматической скользящей соединительной муфтой во избежание поломок в случае внезапных перебоев в работе двигателя; привод к компрессору осуществлялся цепной передачей.

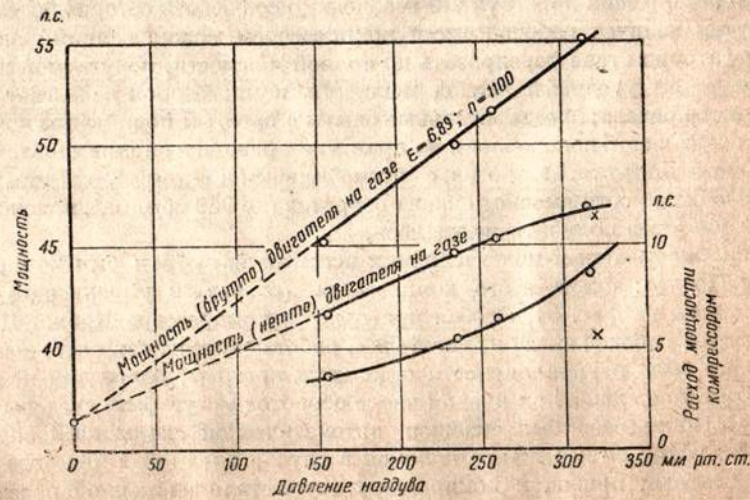
Схема испытательной установки с компрессором представлена на фиг. 35. Компрессор работал от отдельного электромотора, расход мощности ко-



Фиг. 36. Общий вид испытательной установки с компрессором.

Испытательной установки изображен на фиг. 36.

Испытания производились на двигателе со степенью сжатия 6,89. Чтобы выявить наиболее выгодные давления наддува и необходимое для этого соотношение оборотов двигателя и компрессора, был поставлен ряд предварительных испытаний при нормальном числе оборотов двигателя (1100 об/мин.) с различными давлениями наддува. Результаты этих испытаний представлены в табл. 18 (замеры № 1, 2, 3 и 4) и на фиг. 37. Как выяснилось, мощность двигателя на генераторном газе (брутто) повышается в зависимости от возрастания давления наддува по закону прямой линии и при давлении наддува в 260 мм рт. ст. она достигает мощности, развиваемой двигателем при нормальной степени сжатия на бензоле. До указанного давления наддува расход мощности компрессором был почти пропорционален давлениям; при давлении наддува выше 300 мм рт. ст. расход мощности на компрессор зна-



Фиг. 37. Мощность двигателя на генераторном газе при 1100 об/мин. и расход мощности компрессором при различных давлениях наддува.

торого можно было легко определять измерением силы тока и напряжения. В дополнение к типовым замерам предыдущих опытов при испытаниях с компрессором производилось определение давления p_2 и температуры t_2 газовой смеси перед компрессором (после смесителя); кроме того определялось давление наддува p_3 и температура после сжатия t_3 .

Общий вид испытательной установки изображен на фиг. 36.

чительно увеличился, в связи с чем полезная мощность (нетто) двигателя повышалась медленнее.

Средний состав генераторного газа во время описанных испытаний был следующий: $\text{CO}_2 = 7,9\%$; $\text{C}_n\text{H}_{2n} = 0,2\%$; $\text{CO} = 24,8\%$; $\text{H}_2 = 16,9\%$; $\text{CH}_4 = 1,0\%$; $\text{N}_2 = 49,2\%$. Низшая теплотворная способность газа этого состава — 1307 кал/м³.

Расход топлива, как видно из табл. 18 (замеры № 1, 2, 3 и 4), с возрастанием давления наддува быстро повышается.

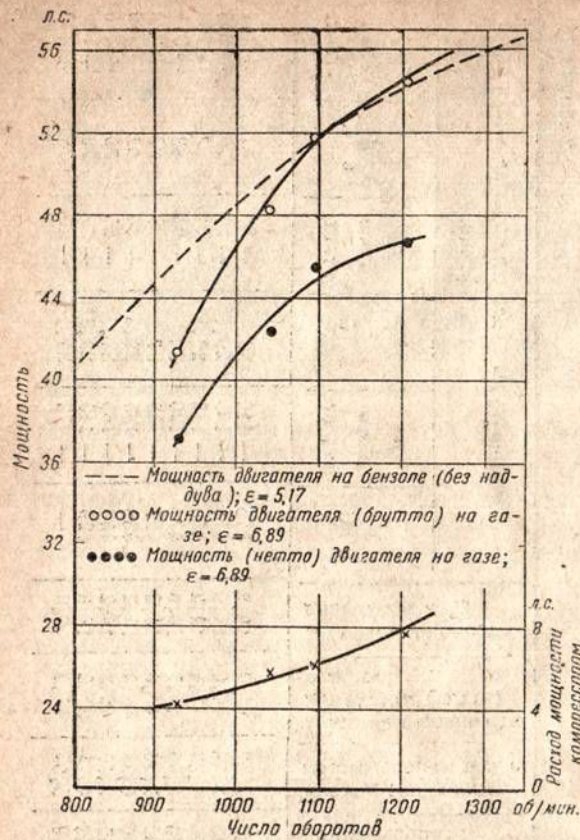
Во избежание перенапряжений в двигателе для дальнейших испытаний было принято такое соотношение оборотов двигателя и компрессора, которое соответствует давлению наддува в 260 мм рт. ст. при 1100 оборотах двигателя в минуту.

Результаты этих испытаний показаны также в табл. 18 (замеры № 5, 6, 7 и 8).

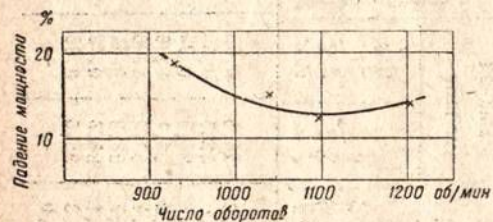
Кривые мощностей (брутто и нетто) двигателя на генераторном газе с наддувом при практически постоянном соотношении оборотов двигателя и компрессора сопоставлены на фиг. 38 с кривой мощности двигателя на бензоле. Большие, чем это представлено на фиг. 38, значения мощностей нетто двигателя на генераторном газе не могли быть получены без опасного перенапряжения (вследствие высоких мощно-

Таблица 18

№ замеров	Число оборотов двигателя в мин.	Подпаянная мощность двигателя (брутто) в л. с.	Расход топлива		Число оборотов компрессора в минуту	Соотношение оборотов двигателя и компрессора	Расход мощности компрессором в л. с.	Полезная мощность двигателя (нетто) в л. с.	% полезной мощности двигателя	Температуры и давления выше или ниже атмосферного					
			в кг/час	в кг/л. с. ч.						t_1 в °C	p_1 в мм вод. ст.	t_2 в °C	p_2 в мм рт. ст.	t_3 в °C	p_3 в мм рт. ст.
1	1090	45,2	28,4	0,63	890	1,225	3,47	41,7	19,2	415	110	28	21	57	154
2	1100	50,0	32,5	0,65	960	1,145	5,43	44,6	14,0	451	105	29,4	23	70	236
3	1094	51,7	38,3	0,74	990	1,106	6,33	45,4	12,2	455	136	29,5	24	67	260
4	1100	55,2	58,4	1,06	1040	1,060	8,48	46,7	10,0	470	120	30	35	83	315
5	1203	54,4	57,7	1,06	1090	1,102	7,76	46,6	14,2	497	185	37	33	87	270
6	1094	51,7	38,3	0,74	990	1,106	6,33	45,4	12,2	455	136	29,5	24	67	260
7	1038	48,1	34,6	0,72	950	1,095	5,79	42,3	15,2	458	165	31,5	26	79	250
8	926	41,3	35,6	0,86	835	1,110	4,14	37,2	18,6	429	73	29,8	18	70	208
9	1060	52,0	—	—	1020	1,040	5,55	46,4	8,3	—	—	31,5	20	75	320



Фиг. 38. Мощность двигателя на генераторном газе и расход мощности компрессором при постоянном соотношении оборотов двигателя и компрессора.



Фиг. 39. Падение мощности двигателя на генераторном газе с наддувом при постоянном соотношении оборотов двигателя и компрессора.

следует объяснить большим термическим к. п. д. двигателя при высоком сжатии, т. е. лучшим использованием рабочей смеси, введенной в цилиндры.

стей (брутто) деталей кривошипного механизма двигателя.

Фиг. 39 показывает характер падения мощности двигателя в пределах исследованного числа оборотов; здесь видно, что наименьшее оптимальное падение мощности (12,2%) имеет место при нормальном числе оборотов двигателя (1100 об/мин.).

При испытаниях с постоянным соотношением оборотов двигателя и компрессора анализы генераторного газа установили его следующий средний состав: $\text{CO}_2 = 8,8\%$; $\text{C}_2\text{H}_2 = 0,2\%$; $\text{CO} = 23,4\%$; $\text{H}_2 = 15,8\%$; $\text{CH}_4 = 1,0\%$; $\text{N}_2 = 50,8\%$. Низшая теплотворная способность газа составляла в среднем 1229 кал/м^3 .

Удельный расход топлива по данным табл. 18 (замеры № 5, 6, 7 и 8) имеет минимальное значение при 1000 — 1100 об/мин. и очень быстро возрастает при увеличении числа оборотов.

При нормальном числе оборотов и повышенной до 8,89 степени сжатия в двигателе произведен был один замер (табл. 20, замер № 9). Зафиксированные величины обозначены на фиг. 37 звездочками; они показывают, что для получения такой же мощности нетто двигателя на генераторном газе требуется значительно меньший расход мощности на привод компрессора, чем при $\epsilon = 6,89$. Это

На фиг. 40 представлено падение мощности двигателя на генераторном газе в процентах от мощности на бензоле при степенях сжатия 6,89 и 8,89 в зависимости от давления наддува. Характер протекания кривых указывает на большую в данном случае эффективность применения компрессора при более низкой степени сжатия.

Расчеты показали, что при работе двигателя с наддувом коэффициент подачи составлял в среднем около 1,07; следовательно, наполнение цилиндров двигателя благодаря компрессору увеличивалось примерно на 20%, так как коэффициент подачи при работе двигателя без наддува лежал в пределах 0,85—0,9. Этот результат расчетов довольно точно совпадает с фактическим повышением мощности двигателя, осуществленным компрессором.

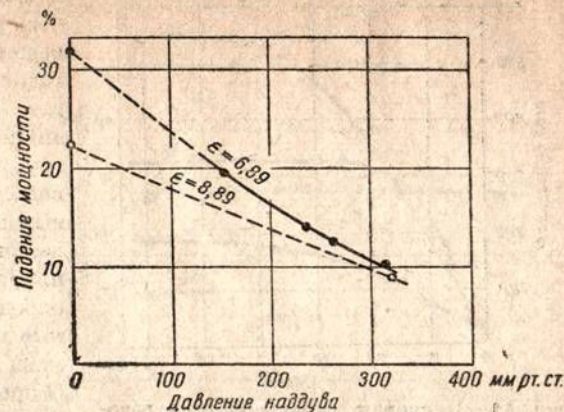
Пригодность компрессора для наддува в значительной мере зависит от качества его изготовления. Небольшой расход мощности компрессором (особенно при больших нагрузках) обеспечивается высокой точностью его изготовления, хорошей приработкой и смазкой во время работы. Так как при работе компрессора на генераторном газе возможно его частое засорение, необходимо устанавливать перед компрессором особый фильтр; при проведенных испытаниях применялся фильтр «Айрмац», который однако оказался непригодным для продолжительной работы.

Если при работе двигателя с наддувом правильно подобрано соотношение оборотов двигателя и компрессора, то можно определенно рассчитывать на большую компенсацию мощности в сравнении с той, которая достигается путем повышения степени сжатия; нужно вместе с тем полагать, что максимальные давления вспышки будут при этом находиться в более благоприятном отношении к среднему индикаторному давлению, чем при повышении степени сжатия. Кроме того применение наддува без повышения степени сжатия сохраняет возможность перевода двигателя в любое время на питание жидким топливом.

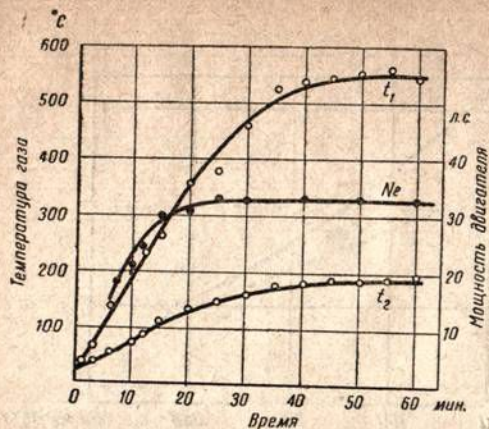
Пусковые качества

Для определения времени, необходимого для пуска (т. е. розжига и раздувки до установившегося режима) дровяного газогенератора, были поставлены специальные испытания, в процессе которых замерялись: температура газа в зольнике газогенератора (t_1), температура газа при выходе из газогенератора (t_2), разрежение в газогенераторе h и мощность двигателя.

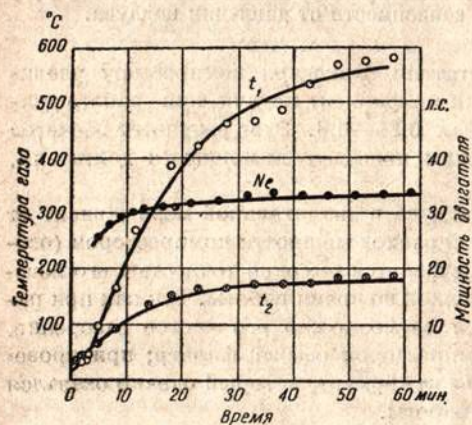
Пуск всегда производился одинаковым способом; для раздувки служил вентилятор с электрическим приводом; пламя горелки во всех случаях



Фиг. 40. Падение мощности двигателя на генераторном газе при степенях сжатия 6,89 и 8,89 в зависимости от давления наддува.



Фиг. 41. Пусковая характеристика газогенератора Имберт на буковых чурках (влажность — 17%, размер — 8 см × 20 см²).



Фиг. 42. Пусковая характеристика газогенератора Имберт на буковых чурках (влажность — 17%, размер — 8 см × 30 ÷ 50 см²).

далее: t_1 до 550° С и t_2 до 180° С. Температура рабочей смеси непосредственно за смесителем все время поддерживалась на одном уровне — около 25° С; температура охлаждающей воды достигла постоянной величины в 75° С через 30 мин. после розжига газогенератора.

Анализ генераторного газа, произведенный при установившемся режиме газификации, выявил следующий его состав:

Негорючие компоненты		Горючие компоненты	
CO ₂	12,9%	CO	22,5%
N ₂	43,7%	H ₂	17,8%
		CH ₄	3,1%

Низшая теплотворная способность газа составляла 1389 кал/м³, а теплотворная способность рабочей смеси (при $\alpha = 1,05$) — 600 кал/м³.

в течение минуты поддерживалось у входного воздушного отверстия газогенератора. Пригодность газа для питания двигателя определялась у специального патрубка выпускной трубы; пуск двигателя производился после того, как газ, выходящий из патрубка, загорался при поднесении к нему пламени. Мощность двигателя определялась через назначенные короткие промежутки времени при нормальном числе оборотов ($n = 1100$ об/мин.), которое поддерживалось постоянным.

При испытании, результаты которого представлены на фиг. 41, в газогенераторе Имберт типа 150/550 производилась газификация буковых чурок размера 8 см × 20 см² с влажностью в 17%. Пригодный для питания двигателя генераторный газ появился после 5 мин. работы вентилятора; произведенное немедленно после пуска определение мощности двигателя зафиксировало 25,5 л. с. Протекание кривой мощности на фиг. 41 показывает, что максимальная мощность достигается через 30 мин. после розжига газогенератора; тем не менее температуры газа продолжают повышаться и да-

При газификации буковых чурок размера 8 см × 30 ÷ 50 см² с влажностью в 17% получились результаты, показанные на фиг. 42. Изменение температур газа по времени здесь аналогично изменениям, представленным на фиг. 41. По протеканию кривой мощности видно, что при газификации более крупных чурок, хотя горячий газ и получается примерно через такой же промежуток времени, но мощность двигателя повышается медленнее, чем при газификации мелких чурок; этим подтверждается то положение, что при применении мелких чурок газогенератор оказывается быстрее готовым к работе, чем при газификации крупных чурок.

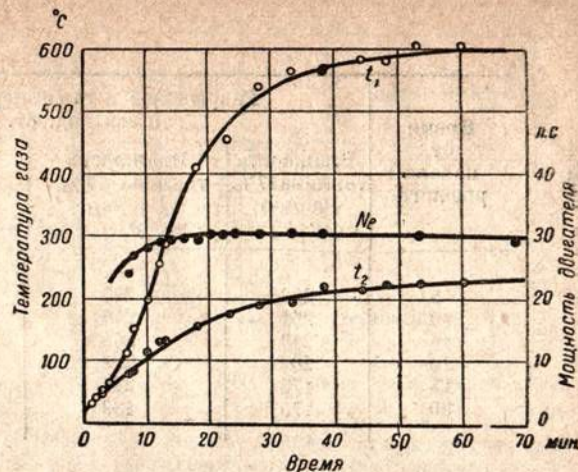
На фиг. 43 показаны результаты испытаний при газификации буковых чурок размера 8 см × 30 ÷ 50 см² с влажностью в 37%. Вследствие высокого содержания влаги здесь для получения горючего газа потребовалось несколько большее время (6 мин.). Из фиг. 43 видно, что мощность двигателя повышается по времени лишь немного и несмотря на то, что установившееся состояние достигается уже через 20 мин., максимальная мощность двигателя значительно меньше получаемой при газификации чурок воздушной сушки. Температуры газа в данном случае повышаются больше, именно: t_1 до 600° С и t_2 до 230° С; это является результатом высокого содержания в газе CO₂. Анализ генераторного газа, взятого при установившемся состоянии работы газогенератора, показал следующий состав газа:

Негорючие компоненты	Горючие компоненты
CO ₂ — 16,6%	CO — 14,5%
N ₂ — 47%	H ₂ — 18%
	CH ₄ — 3,9%

Как видно, содержание H₂ и CH₄ в газе не выходит из нормальных пределов; содержание CO очень мало, тогда как содержание CO₂ несоразмерно велико.

Низшая теплотворная способность газа составляла 1239 кал/м³, а теплотворная способность рабочей смеси (при $\alpha = 1,05$) — 564 кал/м³.

Величины разрежений в газогенераторе, отмеченные при пусковых испытаниях, сведены в табл. 19. Здесь можно заметить, что сопротивление газогенератора по мере его нагревания уменьшается и при установившемся режиме достигает минимального значения, абсолютная величина которого зависит от размера чурок.



Фиг. 43. Пусковая характеристика газогенератора Имберт на буковых чурках (влажность — 37%, размер — 8 см × 30 ÷ 50 см²).

Таблица 19

Время от начала розжига	Разрежение в газогенераторе в мм вод. ст.		
	Влажность топлива 17%.	Влажность топлива 17%.	Влажность топлива 31%.
	Размер 8 см × 20 см ²	Размер 8 см × 30 ÷ 50 см ²	Размер 8 см × 30 ÷ 50 см ²
5	248	245	281
10	251	245	253
15	213	245	237
20	206	238	220
25	175	215	196
30	175	183	188

Газификация дровяной щепы

Среднее содержание влаги в дровяной щепе различных пород, которая применена была для нижеописываемых испытаний, составляло 15,9—17,2%; размеры щепы были следующие: длина вдоль волокна — от 6 до 7 см, ширина — от 2 до 12 см; толщина — от 0,5 до 3 см (см. фиг. 8 и 9).

Чтобы установить пригодность для использования в газогенераторе дров в виде щепы, производились параллельные испытания на щепе и на чурках (размер 8 см × 20 ÷ 25 см²) одинаковых пород. В первых опытах применялись смеси из равных объемных частей твердых и мягких древесных пород. Результаты этих испытаний представлены в табл. 20.

Таблица 20

Вид дровяного топлива	Мощность двигателя в л. с.	Расход топлива	
		часовой в кг/час	удельный в кг/л. с. ч.
Чурки	34,0	28,3	0,83
Щепа	33,5	31,5	0,94

Из табл. 20 видно, что падение мощности двигателя при переходе на щепу оказалось незначительным, тогда как расход топлива несколько повысился вследствие быстрого распада небольших кусков щепы (из пихты).

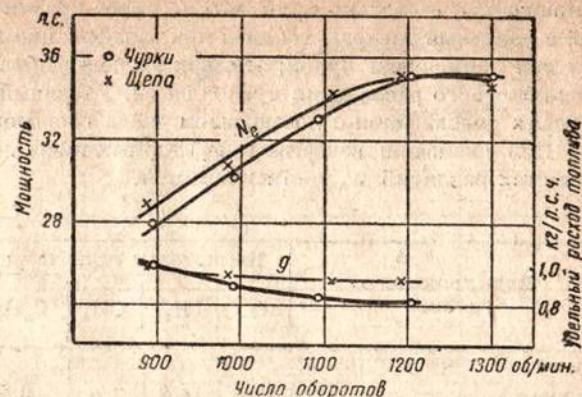
Качества генераторных газов, получаемых при газификации чурок и щепы, сопоставлены в табл. 21.

Таблица 21

Вид дровяного топлива	Компоненты генераторного газа в %						H _u в кал/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂	
Чурки	19,2	14,6	3,2	—	12,9	50,1	1235
Щепа	22,0	16,5	1,4	—	13,0	47,1	1214

Как видно, теплотворная способность генераторного газа в зависимости от вида дровяного топлива изменяется незначительно, но состав газа получается различным. Легко распадающиеся небольшие куски щепы образуют очень мелкий уголь, плотность расположения которого благоприятствует образованию CO и H₂.

Газификация щепы происходила равномерно, образования сводов и пустых пространств при опускании топлива почти не наблюдалось. Пополнение зоны восстановления древесным углем от газифицируемого топлива было достаточным, но количество образующейся угольной пыли при газификации щепы было большим, чем при применении чурок.



Фиг. 44. Мощность двигателя и расход топлива при газификации чурок и щепы.

Таблица 22

Число оборотов двигателя в минуту	Температура газа в зольнике газогенератора в °C		Разрежение в газогенераторе в мм вод. ст.	
	при чурках	при щепе	при чурках	при щепе
1300	—	555	—	144
1200	553	550	68	110
1100	545	535	64	95
1000	551	535	56	82
900	537	525	51	72

При почти одинаковых температурных условиях газификации чурок и щепы разрежения в газогенераторе оказались сильно повышенными при применении щепы (см. табл. 22), что является прямым следствием образования мелкозернистого древесного угля. Поэтому при практической работе на щепе во избежание засорения газогенератора требуется, очевидно, более частая его чистка, чем при работе на чурках.

В следующих опытах газифицировались буковые чурки (размер 8 см × 20 см²) и буковая же щепа (размер — 7,3 см × 6,4 см × 1,2 см).

К моменту опытов влажность чурок составляла 26%, а щепы — только 21,5%. Так как чурки и щепа были изготовлены с одинаковым содержанием влаги, обнаруженная к моменту опытов разница указывает на то, что щепа быстрее теряет влагу, чем чурки.

На фиг. 44 показаны мощности, развиваемые двигателем при работе газогенератора на чурках и на щепе, и удельные расходы топлива. Различие

в мощностях настолько мало, что не имеет практического значения. Часовой и удельный расходы топлива при газификации щепы несколько больше, чем при применении чурок; это, как выше указывалось, происходит вследствие быстрого распада кусков щепы. Удельный расход топлива в обоих случаях уменьшается с повышением числа оборотов двигателя.

При сравнении качества генераторных газов по данным табл. 23 существенных различий не устанавливается.

Таблица 23

Вид дровяного топлива	Компоненты генераторного газа в %						H_u в кал./м ³
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂	
Чурки	19,9	18,3	3,4	0,2	14,8	43,4	1395
Щепа	19,5	17,0	3,9	—	14,7	44,9	1365

Высокие теплотворные способности генераторного газа были получены благодаря равномерной газификации чистой буковой древесины. Выход генераторного газа в отношении исходного топлива оказался одинаковым для чурок и для щепы и составлял 2,2 м³/кг (с приведением к 0° С и 1 ат). При учете содержания влаги в топливе коэффициент полезного действия газогенератора при газификации чурок составляет 0,785%, а при газификации щепы — 0,725%.

В табл. 24 даны результаты замеров температур и разрежений в газогенераторе при работе на чурках и щепе из бука.

Таблица 24

Число оборотов двигателя в минуту	Температура газа при выходе из газогенератора в °С		Разрежение в газогенераторе в мм вод. ст.	
	при чурках	при щепе	при чурках	при щепе
1200	288	250	160	222
1100	283	253	145	189
1000	263	236	140	211
900	264	229	118	197

Здесь снова подтверждается влияние мелкозернистого древесного угля, образующегося при газификации щепы: разрежения в газогенераторе и в этой группе опытов оказались более высокими в случае работы на щепе.

Пусковые характеристики, представленные на фиг. 45, показывают, что в обоих случаях через 5 мин. появлялся горючий газ и двигатель можно было пустить в ход. Вид дровяного топлива не имел влияния на мощность двигателя, которая стабилизировалась через 40 мин. после розжига газогенератора. Кривая температур генераторного газа при газификации щепы находится ниже кривой, полученной при газификации чурок (см. также табл. 24).

Результаты проведенных испытаний позволяют утверждать, что для практического применения в газогенераторах дровяная щепа безусловно является пригодной. Неудобство, заключающееся в несколько более частой чистке газогенератора, несущественно в сравнении с экономией на стоимости изготовления топлива.

Несколько больший расход топлива на единицу мощности и несколько меньший коэффициент полезного действия газогенератора при газификации щепы компенсируются той особенностью процесса дробления дров на щепу, что при нем почти нет потерь, имеющих (в виде опилок) при изготовлении чурок.

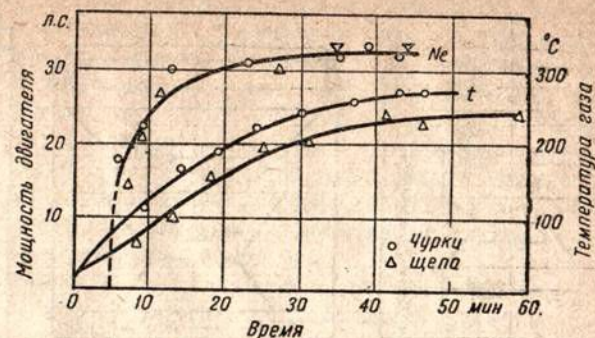
Соответствие газогенератора двигателю

Для испытаний, имевших целью определить соответствие газогенератора двигателю, избраны были три дровяных газогенератора Имберт различных размеров. На фиг. 46 схематически изображены нижние части этих газогенераторов, которые имеют обозначения 150/550; 190/600 и 200/700; в этих обозначениях первые числа указывают на минимальный диаметр топливника, а вторые — на диаметр кожуха газогенератора.

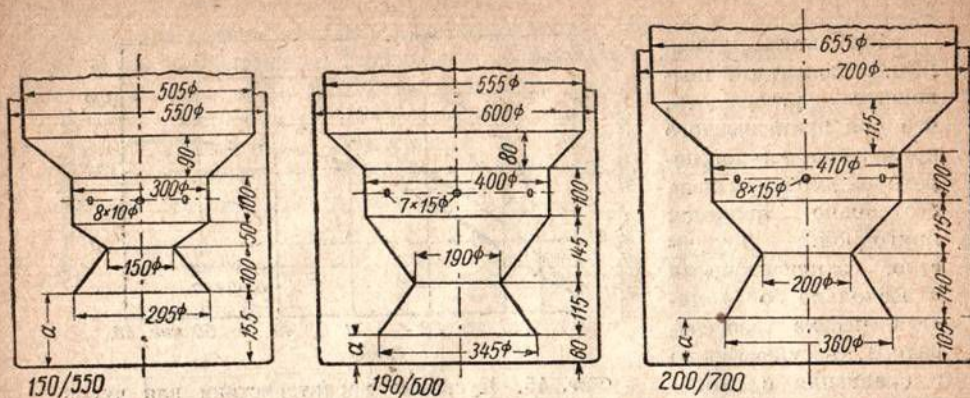
Испытания газогенераторов производились на двигателе Кемпер со степенью сжатия 5,17. Кроме того газогенератор типа 150/550 был испытан с двигателем Ганомат; это испытание, описанное выше, показало (см. фиг. 25), что с увеличением числа оборотов двигателя мощность все время росла. Отсюда можно сделать вывод, что газогенератор при отдаче того количества газа, которое потреблялось двигателем в пределах исследованного числа оборотов, не был перегружен. Кривые мощности, полученные с тем же газогенератором на двигателе Кемпер (фиг. 47), указывают, что при увеличении числа оборотов выше 1200 об/мин. мощность двигателя уже снижается. Из этого следует, что при работе с более мощным двигателем Кемпер получается перегрузка газогенератора, т. е. создаются невыгодные условия работы при числе оборотов в минуту более 1200.

Верхняя кривая мощности для газогенератора типа 150/550 на фиг. 47 (сплошная линия) получена при газификации буковых чурок с влажностью в 17%; нижняя кривая мощности (пунктир) снята при работе на буковых чурках с влажностью в 37%. Меньшая мощность, достигнутая во втором случае, для данного испытания значения не имеет (причина этого явления — повышенная влажность чурок); важно то, что характеристика и здесь ясно указывает на понижение мощности при числе оборотов выше 1200 об/мин.

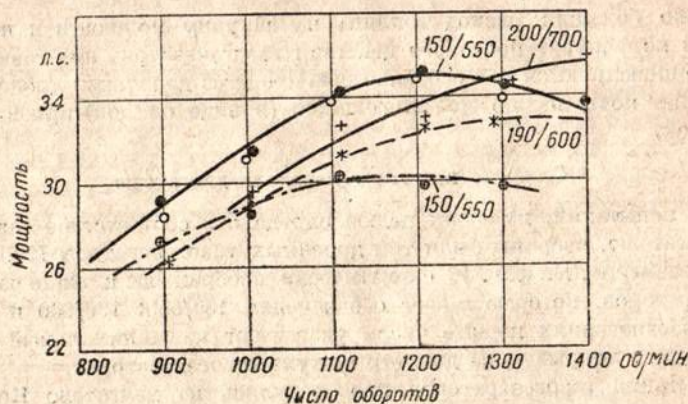
В результате испытания газогенератора типа 190/600, в процессе которых газифицировались сосновые чурки размера 8 см × 30 ÷ 50 см² с влажностью в 15%, получилась кривая мощности, изображенная на фиг. 47 черточ-



Фиг. 45. Пусковые характеристики для чурок и щепы.



Фиг. 46. Схема нижних частей газогенераторов Имберт различных типов.



Фиг. 47. Внешние характеристики двигателя Кемпер при работе с газогенераторами Имберт различных типов.

ками; она показывает, что максимальная мощность достигалась на участке 1300—1400 об/мин.

При применении смеси чурок из бука и сосны воздушной сушки (размер — 16 см × 20 см²) в газогенераторе типа 200/700 оказалось (см. кривую мощности на фиг. 47), что газогенератор в пределах исследованного числа оборотов полностью нагружен не был.

Максимальные мощности на двигателе Кемпер были получены с газогенератором типа 150/550 при 1200 об/мин., с газогенератором типа 190/600 — при 1300—1400 об/мин. и с газогенератором типа 200/700 — при числе оборотов выше 1400.

Отсюда следует, что для работы с двигателем таких же размеров, как и двигатель Кемпер, и имеющим нормальное число оборотов порядка 1100, необходимо применять газогенератор типа 150/550, если стремиться к наиболее выгодным условиям работы газогенератора.

Произведенные испытания дают общее указание о том, что газогенератор должен соответствовать двигателю. Следствием перегрузки газогенератора оказывается, что топливо при прохождении относительно большого ко-

личества воздуха почти без остатка сгорает (большое содержание CO₂ в газе и высокие температуры в газогенераторе) и древесный уголь, необходимый для зоны восстановления, образуется в недостаточном количестве; качество газа при этом ухудшается и мощность двигателя падает. Газогенератор с недостаточной нагрузкой будет работать плохо вследствие того, что необходимые для восстановительных процессов температуры не будут достигнуты; кроме того в топливнике может образоваться ядро сравнительно холодного топлива, через которое пары смолы, выделяемые в зоне сухой перегонки, будут проходить без разложения и попадать далее в двигатель, что может вызвать перебой в работе и даже остановку двигателя.

Высота зольника в газогенераторах, т. е. расстояние от низа топливника до дна газогенератора (высота *a* на фиг. 46), оказывает существенное влияние на работу газогенератора.

Таблица 25

Тип генератора Имберт	Высота зольника в мм	Разрежение в газогенераторе в мм вод. ст.				
		при 1300 об/мин.	при 1200 об/мин.	при 1100 об/мин.	при 1000 об/мин.	при 900 об/мин.
150/550	155	165	152	137	119	90
190/600	60	225	181	179	170	122
200/700	105	116	110	100	83	70

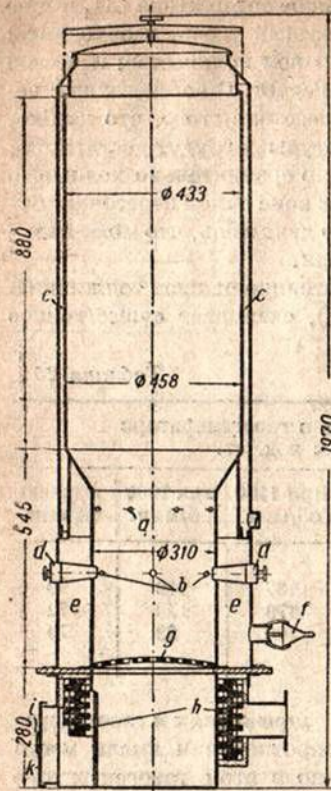
Как видно из табл. 25, содержащей данные о разрежениях в газогенераторах Имберт различных типов, наибольшие сопротивления имели место в газогенераторе типа 190/600; между тем именно в этом газогенераторе можно было бы ожидать малых сопротивлений благодаря большим поперечным сечениям топливника и, следовательно, более медленным потокам воздуха и газа. Объяснение такому положению дает сравнение высот зольников газогенераторов; явно недостаточная высота зольника в газогенераторе типа 190/600 является прямой причиной высоких разрежений.

Малая высота зольника газогенератора вызывает необходимость частых шуровок зольников и кроме того затрудняет чистку газогенератора. По опытным данным высота зольника не должна быть менее 100 мм.

Б. ДРОВЯНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ КРОМАГ

Конструкция Кромаг-Сагам типа С-2

На фиг. 48 схематически изображен дровяной газогенератор Кромаг типа С-2, построенный по лицензии фирмы Сагам. Генератор работает на дровяных чурках по принципу опрокинутого процесса газификации. Воздух, необходимый для газификации топлива, подается частично непосредственно в зону окисления через два ряда фурм *a* и *b* и частично через двойной кожух *e*, соединенный посредством обратного клапана с наружным воздухом. В воздушную камеру *e*, питающую фурмы, воздух входит через мембранный клапан *f*, свободное поперечное сечение которого устанавливается разрежением, имеющимся во всасывающем патрубке двигателя; таким устройством



Фиг. 48. Дровяной газогенератор Кромаг-Сагам типа С-2.

предусматривается подача воздуха в газогенератор соответственно расходу газа двигателем. Розжиг газогенератора производится через два сопла *d*. Генераторный газ выходит из топливника цилиндрической формы сквозь колосниковую решетку *g* и отсасывается через кольцевое пространство *h*, наполненное фарфором. Благодаря непрерывному сгоранию части генераторного газа, происходящему вследствие подвода воздуха через небольшое отверстие *i*, фарфор нагревается до состояния каления; под каталитическим влиянием раскаленного фарфора содержащиеся в газе пары смолы и воды дополнительно разлагаются.

Зола и угольная мелочь от топлива спадают через колосниковую решетку в зольниковое пространство и периодически удаляются через люк *к*.

Лабораторные испытания, проведенные с газогенератором Кромаг-Сагам С-2 показали, что двигатель Кемпер при степени сжатия 5,17 развивал значительно меньшую мощность, чем с газогенераторами других конструкций. Опыты по изменению диаметра воздушных фурм и изменению положения их, в расчете на улучшение процесса газификации, были неудачны. В табл. 26 указаны условия, при которых производились испытания — порода древесины, размер чурок, данные о фурмах.

В процессе испытаний применялись чурки воздушной сушки, содержащие от 15 до 20% влаги.

Таблица 26

№ замеров	Порода древесины	Размер чурок	Число, диаметр и положение фурм
1—3	Бук	8 см × 10 см ²	Верхний ряд—8 фурм по 12 мм диаметром; нижний ряд—закрыт Верхний ряд—8 фурм по 11 мм диаметром; нижний ряд—6 фурм по 8 мм диаметром + сопла для розжига
4	Бук	8 см × 10 см ²	
5—10	Бук	8 см × 15 ÷ 20 см ²	
11	Бук	8 см × 30 ÷ 50 см ²	
12	Пихта	8 см × 30 ÷ 50 см ²	

Мощность двигателя и ее падение по сравнению с работой двигателя на бензоле указаны в табл. 27. Состав генераторного газа и температуры его при сопоставлении с результатами предыдущих испытаний показывают, что в газогенераторе Кромаг-Сагам С-2 плохо осуществляется превращение образующихся в зоне окисления продуктов сгорания в горючие газы. Поэтому

Таблица 27

№ замеров	Число оборотов двигателя в минуту	Мощность двигателя в л. с.	Падение мощности двигателя в %	Удельный расход топлива в кг/л. с. ч.	Компоненты генераторного газа в %						H_u в ккал/м ³	H_g в ккал/м ³	t_1 в °С	t_2 в °С	h_1 в мм вод. ст.	h_2 в мм вод. ст.
					CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	N ₂						
1	1200	31,0	43,1	1,23	18,7	14,7	2,6	0,6	14,1	49,3	563	411	45	137	—	—
2	1100	28,8	44,6	1,01	17,3	16,3	2,6	0,3	15,0	48,5	575	382	44	155	—	—
3	1000	28,7	41,0	1,06	19,4	17,5	2,5	0,5	13,5	46,6	588	343	57	180	—	—
4	1100	28,6	45,0	—	15,3	16,0	3,5	0,2	13,5	51,5	556	359	42	95	141	141
5	1400	28,6	51,4	—	—	—	—	—	—	—	—	427	33	155	250	250
6	1300	27,8	52,2	1,29	17,8	15,7	2,2	0,2	14,4	49,7	563	393	35	142	209	209
7	1200	27,6	49,3	1,50	14,7	15,7	2,5	0,6	14,9	51,6	540	407	34	135	197	197
8	1100	26,7	48,7	1,25	15,8	14,3	2,0	0,1	13,7	54,1	535	416	34	106	158	158
9	1000	26,1	46,3	1,12	—	—	—	—	15,6	—	—	414	31	104	148	148
10	900	24,2	45,7	1,09	—	—	—	—	14,2	—	—	405	29	91	148	148
11	1100	27,0	48,1	—	11,6	19,0	—	0,9	15,8	52,7	510	396	44	123	157	157
12	1100	27,5	47,1	—	15,1	12,9	1,6	0,3	13,0	57,1	508	420	45	85	155	155

и удельный расход топлива получается здесь выше зафиксированных во время предыдущих испытаний величин.

Температуры газа при выходе из газогенератора (t_1) очень высоки; это создает большую тепловую нагрузку охлаждающей системе. Следствием плохого охлаждения являются высокие температуры газа у смесителя (t_2), что ведет к уменьшению коэффициента подачи и к понижению мощности двигателя.

Разрежения замерялись за газогенератором (h_1) и за очистительной батареей (h_2).

Несмотря на пропуск генераторного газа через раскаленный фарфор, газ содержал несоразмерно большое количество тяжелых углеводородов C_nH_{2n} . Между тем газогенераторы обратного процесса газификации, при правильной конструкции и соответствии мощности двигателя, работают без образования смолы и не имея разобранного выше каталитического устройства, — это показали все предыдущие испытания.

Регулирование подачи воздуха в газогенератор посредством клапана, работающего от разрежения во всасывающем патрубке двигателя, является лишним, так как поступающее количество воздуха и без того зависит от числа оборотов двигателя и от сопротивлений в системе всасывания.

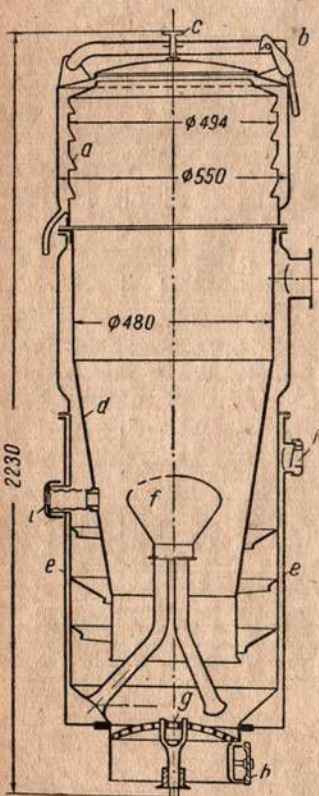
Ввод в газогенератор известной части воздуха сверху при известных условиях имеет смысл: это уменьшает возможность случайных вспышек в газогенераторе.

Конструкция Кромаг типа III № 100

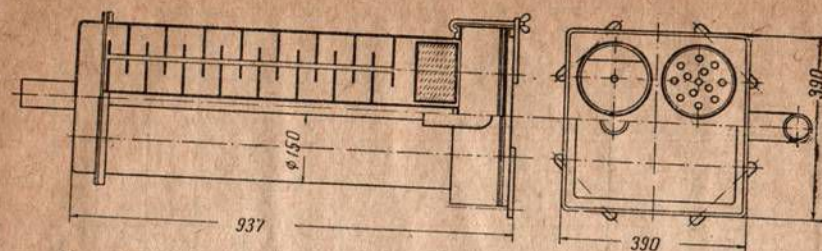
Газогенератор Кромаг, схематически представленный на фиг. 49, служит для газификации дровяных чурок воздушной сушки. Он пригоден для установки на автомобилях, так как материалы, не противостоящие тряске, в нем отсутствуют.

Верхняя часть газогенератора снабжена вставкой a для отбора паров влаги топлива и последующей их конденсации; конденсат собирается в приемнике, помещенном несколько ниже, и периодически оттуда выпускается.

Крышка загрузочного люка выполнена из штампованной листовой стали и соединена нажимным винтом c с массивной скобой из U-образного железа; закрывание крышки производится нажимом рукоятки, выполненной в виде коленчатого рычага b . Уплотнительное кольцо утоплено в пазу крышки во избежание повреждений его при загрузке топлива; в случае некоторой усадки уплотнительного материала герметичность запора может быть восстановлена посредством винта e . К бункеру газогенератора примыкает топливник d , изготавливаемый из специальной стали.



Фиг. 49. Дровяной газогенератор Кромаг типа III № 100.



Фиг. 50. Тонкий очиститель газогенераторной установки Кромаг.

Воздух, необходимый для газификации топлива, входит в кольцевое пространство e через три отверстия k с обратными клапанами. В пространстве e воздух подогревается извне встречным потоком выходящего генераторного газа и направляется через три трубы к центральному соплу f , изготовленному, как и топливник, из специальной стали; выпуклый верх сопла имеет 43 отверстия по 5 мм диаметром. Три воздушные трубы служат для крепления сопла, а также для дополнительного нагрева воздуха. Экраны, установленные в полости отсасывания генераторного газа, способствуют более равномерному потоку газа. Зола и угольная мелочь проваливаются через колодезниковую решетку, которую можно встряхивать снаружи; очистка зольника производится через люк h . Газогенератор разжигается через два отверстия i .

Выходящий из газогенератора газ попадает в очиститель для грубой очистки (c набивкой из стальных опилок), к которому примыкает трубчатый охладитель газа; при лабораторных испытаниях этот агрегат охлаждался водой. За охладителем расположены 4 очистителя для тонкой очистки (фиг. 50), с кольцами Рашига в камерах и отражательными дисками.

Для раздувки газогенератора служит электрический вентилятор, работающий от аккумуляторной батареи; коробка вентилятора сделана из штампованного листового железа.

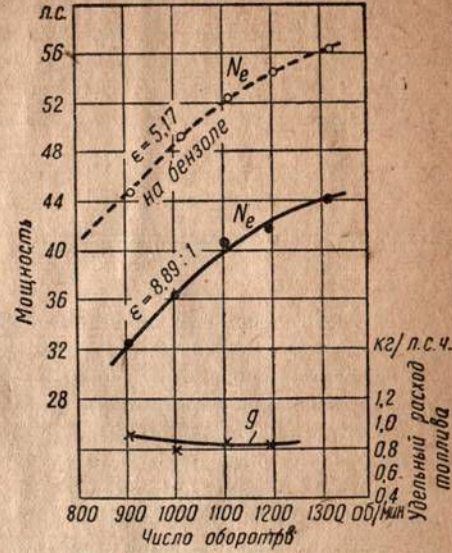
Испытания газогенератора Кромаг типа III № 100 производились на двигателе Кемпер со степенью сжатия 8,89; результаты испытаний, при которых газифицировалась смесь буковых и пихтовых чурок (размер $8\text{ см} \times 20 \div 25\text{ см}^2$, влажность — 11,8%), приведены в табл. 28.

Таблица 28

Число оборотов двигателя в минуту	Мощность двигателя в л. с.	Расход топлива		Падение мощности двигателя	
		часовой в кг/час	удельный в кг/л. с. ч.	в л. с.	в %
1312	43,9	—	—	12,1	21,6
1187	41,7	34,2	0,82	12,3	22,8
1105	40,4	34,0	0,84	11,6	22,3
997	36,2	27,8	0,77	12,4	25,5
904	32,3	28,7	0,89	12,3	27,6

Таблица 29

Компоненты генераторного газа в %	H_u в кал./м ³	H_g в кал./м ³	t_1 в °С	t_2 в °С	t_3 в °С	t_4 в °С	h в мм вод. ст.
1312	1304	—	397	38	595	75	427
1187	1218	16,0	392	35	591	77	112
1105	1232	17,0	377	32	584	75	80
997	1160	16,8	361	31	557	77	94
904	—	15,0	370	32	536	72	60



Фиг. 51. Мощность двигателя и удельный расход топлива при работе на генераторном газе (газогенератор Кромар).

Кривая мощности и изменение удельного расхода топлива представлены также на фиг. 51. Сравнение мощностей двигателя на генераторном газе и на бензоле (см. табл. 28) показывает, что падение мощности на газе в процентах от мощности на бензоле уменьшается с повышением числа оборотов; при нормальном числе оборотов двигателя (1100 об/мин.) падение мощности зафиксировано в размере 22,3%. Удельный расход топлива (в среднем около 0,85 кг/л. с. ч.) очень мало изменяется в зависимости от оборотов двигателя.

В табл. 29 указаны составы генераторного газа и продуктов сгорания, теплотворные способности, температуры и разрежения. Для температур здесь приняты следующие обозначения: t_1 — температура газа при выходе из газогенератора, t_2 — температура газа перед смесителем, t_3 — температура продуктов сгорания на выходе и t_4 — температура охлаждающей воды в радиаторе. Разрежение

замерялось в газогенераторе. Состав генераторного газа, как видно, обычен; относительно высокое содержание тяжелых углеводородов C_nH_{2n} можно приписать влиянию формы топливника. Анализы продуктов сгорания указывают на значительное количество избыточного кислорода O₂, что свидетельствует о большом коэффициенте избытка воздуха в рабочей смеси; образование бедной рабочей смеси влечет за собой, как известно, понижение ее теплотворной способности.

В табл. 30 приведены результаты других испытаний, произведенных при нормальном числе оборотов двигателя с дровяными чурками различных пород (размер чурок — 8 см × 20 см², влажность — от 11,5 до 11,9%); обозначения температур и разрежения здесь те же, что и в табл. 29.

Смесь чурок из одинаковых объемных частей бука и пихты обеспечивала вполне удовлетворительную работу газогенератора и двигателя. При газификации этой смеси были получены наилучшие значения как для абсолютной мощности двигателя, так и для падения мощности на генераторном газе в процентах от мощности на бензоле; следует также отметить незначительное разрежение в газогенераторе при работе на смешанных чурках против больших разрежений при применении чистой пихты. В последнем случае быстрое увеличение сопротивления потоку газа происходит вследствие легкого распада пихтового древесного угля.

На фиг. 52 показана пусковая характеристика газогенератора Кромар типа III № 100, из которой видно, что установившегося режима двигатель достигает примерно через 40 мин. с момента розжига газогенератора. Кривая мощности здесь несколько отклонилась в сторону вследствие перебоев в двигателе.

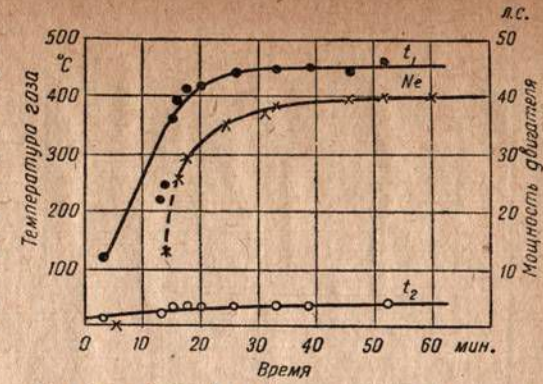
Во время испытания газогенератор встряхивался соответственно ездовым условиям. Для получения максимальных мощностей момент зажигания в двигателе требовалось установить на 33° до верхней мертвой точки.

Газогенератор, имея внизу тройную стенку, охлаждается очень медленно; поэтому даже после продолжительной остановки не требуется нового розжига. Положительным свойством газогенератора является также и большой объем бункера, вследствие чего частой загрузки топлива не требуется.

В. ДРОВАЯ ГАЗОГЕНЕРАТОР ГУМБОЛЬД-ДЕЙТЦ

Газогенератор Гумбольд-Дейтц, схематически представленный на фиг. 53, имеет много общего с конструкцией, описанной выше.

В верхней части газогенератора имеется вставка для отбора паров воды и смолы, образующихся в бункере; конденсат выпускается наружу через специальный кран. Воздух, необходимый для газификации, поступает в зону окисления через боковые фурмы и цилиндрическое сопло. Кольцевое про-



Фиг. 52. Пусковая характеристика газогенератора Кромар.

Таблица 30

Порода древесины	Число оборотов двигателя в минуту	Мощность двигателя в л. с.	Падение мощности двигателя в л. с.		Расход топлива		L	Компоненты генераторного газа в %				H_u в кал./м ³ кал./м ³	H_g в кал./м ³ кал./м ³	t_1 в °С в °С в °С в °С	t_2 в °С в °С в °С в °С	t_3 в °С в °С в °С в °С	t_4 в °С в °С в °С в °С	h_1 в мм вод. ст.	h_2 в мм вод. ст.
			в л. с.	%	часовой в кг/час	удельный в кг/л. с. ч.		CO	H ₂	C _n H _{2n}	CO ₂								
Бук и пихта	1105	60,4	11,5	22,2	34,0	0,84	1,19	21,0	18,5	0,2	9,7	49,7	541	377	32	584	75	80	
Бук	1099	40,4	11,8	22,75	38,7	0,97	1,19	24,2	17,8	0,2	9,8	46,7	563	411	33	570	76	100	
Пихта	1100	36,6	15,3	29,5	25,8	0,71	1,19	20,9	16,5	0,1	9,8	51,24	536	450	43	555	74	145	

Таблица 31

Число оборотов двигателя в минуту	Компоненты генераторного газа в %				α	H_u в кал./м ³ кал./м ³	H_g в кал./м ³ кал./м ³	t_1 в °С в °С в °С в °С	t_2 в °С в °С в °С в °С	t_3 в °С в °С в °С в °С	t_4 в °С в °С в °С в °С	h_1 в мм вод. ст.	h_2 в мм вод. ст.
	CO	H ₂	C _n H _{2n}	CO ₂									
1300	18,5	13,0	2,2	12,0	1,04	1145	549	420	21	582	72	185	380
1200	17,5	14,0	2,4	13,1	1,08	1099	547	379	19	584	74	160	344
1100	19,7	14,6	2,8	13,4	1,10	1216	556	396	20	562	74	141	306
1000	17,0	16,4	2,2	14,9	1,10	1155	540	382	19	542	74	135	279
900	18,0	13,9	3,4	12,6	1,06	1197	553	378	18	525	74	105	198

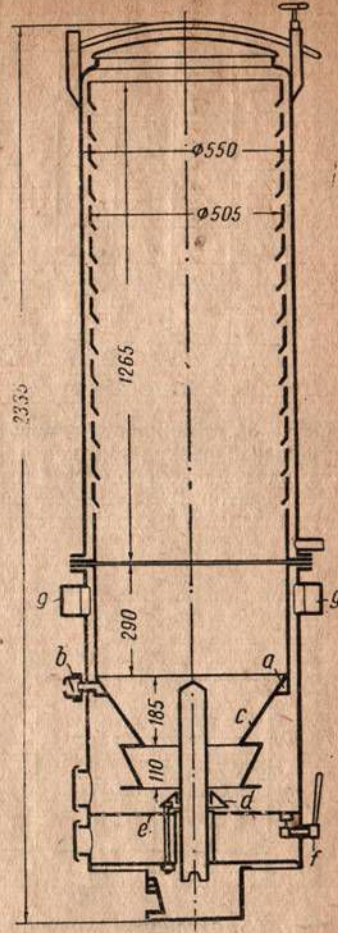
срэнство *a*, питающее боковые фурмы (на чертеже не показаны), образуется стенками конического топливника и бункера в месте приварки; воздух поступает в пространство *a* через отверстие *b*, снабженное обратным клапаном. Топливник *c*, выполненный из жароупорной хромоникелевой стали, имеет своеобразную форму, благодаря которой увеличивается объем зоны восстановления. Положение (по высоте) конического экрана *d* может устанавливаться снаружи; таким способом достигается сужение поперечного сечения, что создает возможность приспосабливать высоту зоны восстановления к нагрузке газогенератора. Колосниковая решетка *e* приводится в движение снаружи специальной рукояткой; большое значение имеет плотность сальника *f*, так как попадание воздуха в зольник может привести к частичному сгоранию газа. Чтобы обеспечить равномерный по периферии отсос газа устроены два газоотводных патрубка *g*, расположенных один против другого.

Очистительная батарея состоит из четырех очистителей, снабженных отражательными дисками (длина очистителей — 1,8 м, диаметр — 18 см). При лабораторных испытаниях очистители охлаждались водой.

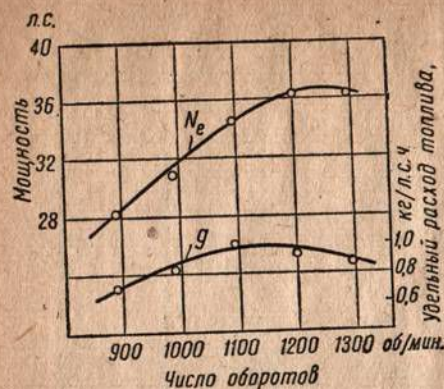
Испытания на двигателе Кемпер производились со степенью сжатия 6,89; в качестве топлива применялась смесь чурок из равных объемных частей бука и пихты (размер чурок — 8 см × 20 ÷ 25 см², среднее содержание влаги — 14%). Результаты замеров мощности двигателя при различных числах оборотов и удельного расхода топлива представлены на фиг. 54. При нормальном числе оборотов (1100 об/мин.) падение мощности двигателя на генераторном газе против мощности, развиваемой на бензоле, составляет 33,5%. Удельный расход топлива при нормальном числе оборотов достигает 1,0 кг/л. с. ч.

Анализы генераторного газа и продуктов сгорания, теплотворной способности, температуры и разрежения указаны в табл. 31. В этой таблице t_1 обозначает температуру газа при выходе из газогенератора, t_2 — температуру газа перед смесителем, t_3 — температуру продуктов сгорания на выхлопе и t_4 — температуру охлаждающей воды в радиаторе; h_1 здесь обозначает разрежение в газогенераторе, а h_2 — разрежение перед смесителем. Газ, как видно из табл. 31, выходит из газогенератора с температурой около 400° С; поэтому при установке на автомобиле нижняя часть газогенератора должна быть закрыта теплоизоляционным материалом.

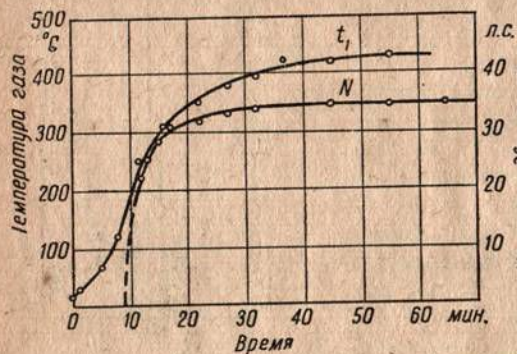
Разрежение h_1 в сравнении с разрежениями в газогенераторах других конструкций следует признать довольно большим; причиной этого с уве-



Фиг. 53. Дровяной газогенератор Гумбольд-Дейтц.



Фиг. 54. Мощность двигателя и удельный расход топлива при работе на генераторном газе (газогенератор Гумбольд-Дейтц).



Фиг. 55. Пусковая характеристика газогенератора Гумбольд-Дейтц.

гарантирует значительную экономию в производственных расходах.

Нежелательные вещества, выделяющиеся из дровяного топлива в зонах сухой перегонки и подсушки (смола, древесный уксус, избыточный водяной пар), частично отводятся из бункера (у большинства газогенераторов) и в виде конденсата удаляются наружу; остаток этих продуктов просасывается через активную зону газогенератора, где часть его сгорает, а часть преобразуется в компоненты газа, не оказывающие вредного влияния на двигатель.

Логика подсказывает, что газификации выгодно было бы подвергать такие топлива, которые свободны от нежелательных продуктов сухой перегонки и поэтому обеспечивают наибольшую надежность работы двигателя. Ценным для применения в газогенераторах топливом является древесный уголь, который может быть выжжен из любой древесины в специальных печах, а также получается в виде побочного продукта при производстве уксусной кислоты и других веществ; древесный уголь содержит обычно самое незначительное количество влаги, практически свободен от смолы и имеется в небольших количествах.

ренностью можно считать небольшое пространство для выхода газа из топливника (расстояние между нижним краем топливника и колосниковой решеткой составляет всего 55 мм).

Пусковая характеристика газогенератора Гумбольд-Дейтц, представленная на фиг. 55, показывает, что приблизительно через 9 мин. после розжига получался горючий газ и двигатель можно было пустить в ход. Устойчивый режим был получен приблизительно через 30 мин.

Во время проведения испытаний газогенератор встряхивался соответственно тряске при движении автомобиля. Момент зажигания в двигателе был установлен приблизительно на 33° до верхней мертвой точки.

Г. ДРЕВЕСНОУГОЛЬНЫЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР АБОГЕН

Произведенные испытания дровяных автомобильных газогенераторов показали, что при газификации воздушносухих дровяных чурок соответствующего размера и при тщательном обслуживании газогенератора, работа двигателя на генераторном газе протекает вполне надежно; дешевое топливо — дровяные чурки —

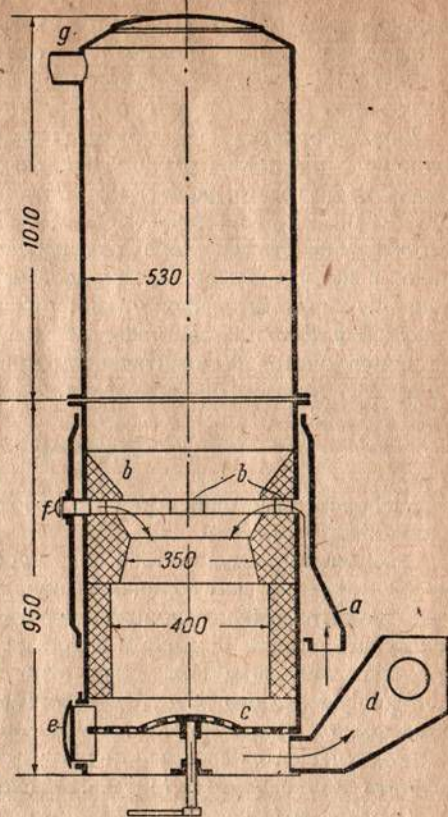
Конструкция газогенератора и условия работы с ним

Газогенератор Абоген (фиг. 56) работает по принципу опрокинутого горения. Воздух для газификации поступает через патрубок *a* и, нагреваясь, проходит через четыре отверстия *b* в зону окисления. Нижняя часть газогенератора (топливник) выложена огнеупорным, специального состава кирпичом, форма которого видна из чертежа. Образующийся генераторный газ проходит через вращающуюся куполообразную колосниковую решетку *c* и отводится из газогенератора через газосборник *d*, в котором благодаря уменьшению скорости потока газа осуществляется грубая, предварительная очистка газа. Зола удаляется через люк зольника *e*.

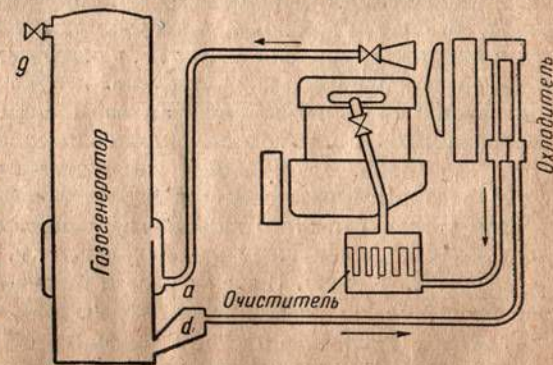
Схематическое изображение всей газогенераторной установки представлено на фиг. 57. К патрубку *a*, служащему для подачи воздуха в газогенератор, подведена труба от вентилятора двигателя; в коническое расширение (воронку) этой трубы воздух нагнетается вентилятором, причем поток воздуха может регулироваться дросселем.

Это устройство служит также и для раздувки газогенератора; пуск двигателя производится на жидком топливе и действием вентилятора воздух нагнетается в зону окисления газогенератора. Древесный уголь разжигается через отверстие *f* (фиг. 56) посредством факела, пропитанного маслом. Образующиеся вначале газы полного сгорания выходят наружу через патрубок *c* затвором *g*, который имеет-

ся в верхней части газогенератора. Избыточное давление, господствующее в газогенераторе во время раздувки, должно также использоваться для



Фиг. 56. Древесноугольный газогенератор Абоген.



Фиг. 57. [Схема древесноугольной газогенераторной установки Абоген.

отвода водяного пара (через патрубок *g*), выделяющегося при газификации влажного древесного угля; этим устраняется нежелательное понижение температуры в зоне восстановления. Выходя из газогенератора через сборник *d*, горячий газ подвергается охлаждению в специальном охладителе, помещенном перед радиатором двигателя.

Тонкая очистка генераторного газа осуществляется в очистителе, выполненном в виде ящика с расположенными в нем спиральными пружинами, обтянутыми тканью; размеры очистителя следующие: длина — 480 мм, высота — 345 мм и ширина — 325 мм. Пружины в элементах очистителя способствуют стряхиванию оседающей на ткани пыли. Генераторный газ не должен уносить с собой из газогенератора водяной пар во избежание увлажнения фильтрующей ткани; при этом положении отвод пара через патрубок *g* также имеет известное значение. После очистки генераторный газ направляется к смесителю, где происходит смешение газа с воздухом, и оттуда — в цилиндры двигателя.

Пусковые испытания

Лабораторные испытания производились на двигателе Кемпер со степенью сжатия 6,89.

Розжиг и раздувка газогенератора осуществлялись указанным выше способом, причем для воронки воздушной трубы было предварительно найдено наиболее выгодное положение относительно вентилятора. Двигатель был пущен в ход на бензоле и работал вхолостую при 1100 об/мин. Под нагнетающим действием четырехлопастного вентилятора двигателя избыточное давление у входного патрубка газогенератора достигнуто было в величине 10 мм вод. ст. Через 35 мин. с момента розжига газогенератора двигатель был переключен на всасывание газа; 10 мин. спустя двигатель мог устойчиво работать на генераторном газе. Расход бензола на пуск составил 3,4 л.

Этот период времени пуска, который слишком велик для условий практической работы, определяется принятым способом пуска. Так как в начале раздувки газогенератора газы полного сгорания выходят наружу через патрубок в верхней части газогенератора, то активная зона распространяется вверх, между тем при нормальной работе под всасывающим действием двигателя газы отсасываются книзу, т. е. в обратном направлении. Поэтому при переключении двигателя на всасывание газа для восстановительных реакций используется лишь незначительная часть раскаленного древесного угля, а большая часть его, находящаяся выше отверстий входа воздуха, остается неиспользованной. Изложенными невыгодными условиями образования генераторного газа и объясняется продолжительность пуска.

Для устранения этого недостатка газогенератор при следующем испытании раздувался в нижнем направлении, т. е. в направлении отсоса газа при работе двигателя. С этой целью в газопроводе, идущем к двигателю, было устроено ответвление, через которое газы из газогенератора во время его раздувки отводились наружу; затвор патрубка *g* (фиг. 56 и 57) был при этом закрыт. В этом случае избыточное давление у входного патрубка газогенератора составляло тоже 10 мм вод. ст., а у газосборника (при выходе газа) — 8 мм вод. ст.; через 35 мин. с момента розжига температура газа при выходе из газогенератора повысилась до 200° С, и двигатель можно было переключить на питание генераторным газом.

При раздувке газогенератора в направлении отсоса газа двигателем нормальная мощность достигалась значительно быстрее, чем при первом способе раздувки. Этот факт подтверждает нерациональность раздувки газогенератора в верхнем направлении.

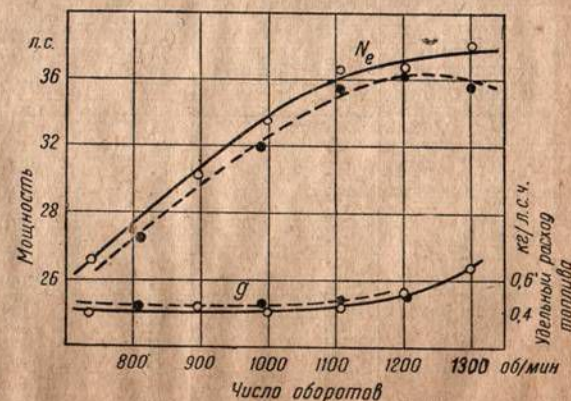
Так как длительность пуска при раздувке газогенератора в верхнем направлении отчасти могла быть объяснена недостаточно интенсивной работой стандартного четырехлопастного вентилятора двигателя Кемпер, пусковые испытания были повторены с шестиллопастным вентилятором. В этом случае избыточное давление у входного воздушного патрубка газогенератора составляло 15—17 мм вод. ст. Несмотря на это, двигатель бесперебойно заработал на газе только через 47 мин. с момента розжига. Положение зон окисления и восстановления в этом опыте к концу перевода двигателя на питание газом характеризовалось следующим: каление распространялось вверх на 30—40 см и книзу на 10—15 см от фурменного пояса.

Когда горение топлива в газогенераторе при неработающем двигателе поддерживалось путем подачи воздуха через неплотно закрытый люк зольника с одновременным открытием затвора верхнего патрубка *g*, то время, потребное для пуска двигателя после 15-часовой стоянки, не превышало 7 мин., а расход бензола при этом — 1,5 л. Расход древесного угля при поддержании горения в газогенераторе составил 2,5 кг/час.

Для пуска газогенератора из холодного состояния при раздувке с помощью насоса, включенного во всасывающую систему, потребовалось только 10 мин.; действие всасывания примененного здесь насоса соответствовало действию обыкновенного раздувочного вентилятора с ручным или электрическим приводом. Показатели времени пуска при таком способе раздувки не отличаются от нормальных показателей пуска для дровяных газогенераторов различных конструкций.

Мощность двигателя и расход топлива

На фиг. 58 показаны мощности двигателя, достигнутые при различных числах оборотов, и удельные расходы топлива. Кривая, выполненная сплошной линией, представляет мощность двигателя при применении стандартного вентилятора Кемпер; она лежит на 1 л. с. выше кривой мощности, полученной с шестиллопастным вентилятором (пунктирная линия). Как видно, увеличение избыточного давления у входного воздушного патрубка газогенератора влечет за собой снижение мощности двигателя примерно на 3%.



Фиг. 58. Мощность двигателя и удельный расход топлива при работе на генераторном газе (газогенератор Абоген).

Тип вентилятора	Число оборотов в минуту	Компоненты генераторного газа в %						Компоненты продуктов сгорания в %		α	H_u в кал/м ³	H_d в кал/м ³
		CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂	CO ₂	O ₂			
Четырехлопастный	4300	31,2	6,3	2,9	2,5	—	57,1	19,3	0,3	1,014	1362	617
	1200	32,8	4,9	2,8	2,3	—	67,2	18,3	0,2	1,01	1366	622
	1100	31,7	5,6	2,6	2,4	—	58,7	19,5	0,6	1,03	1333	614
	1000	33,4	5,5	2,7	1,7	—	56,7	19,3	0,6	1,03	1392	627
	900	31,3	5,3	2,4	2,6	—	58,4	19,0	0,6	1,03	1296	614
735	31,4	5,8	2,2	2,5	—	58,1	17,3	1,5	1,076	1296	614	
Шестилопастный	1200	30,2	4,2	3,6	1,9	—	60,1	—	—	—	1338	—
	1100	34,8	5,0	2,0	2,6	—	55,6	—	—	—	1371	—
	800	33,1	5,9	2,1	2,3	—	56,6	—	—	—	1341	—

Удельный расход древесного угля при нормальном числе оборотов составляет от 0,45 до 0,5 кг/л. с. ч. при часовом расходе в пределах 16,5—17 кг/час.

В опыте, в котором для повышения мощности двигателя применялась присадка бензола, при полностью открытых дроссельных заслонках для газа и бензола, была достигнута мощность двигателя в 44 л. с. при 1100 об/мин.; это повышение мощности на 8 л. с. потребовало расхода 5,5 кг бензола в час, что соответствует дополнительному удельному расходу в 690 г/л. с. ч. Таким образом, доведение мощности двигателя до значения, зафиксированного при работе двигателя на бензоле, оказалось невозможным даже и при работе на газобензольной смеси, несмотря на несоизмерно большой расход бензола.

Качество генераторного газа. Температуры и разрежения

Зафиксированные анализы величины, характеризующие качество генераторного газа и рабочей смеси, сведены в табл. 32.

Как было установлено в данном случае, состав генераторного газа, его тепловорная способность и качество рабочей смеси практически не изменяются в зависимости от числа оборотов двигателя и часового расхода топлива. Это положение, характерное для древесноугольных газогенераторов, благоприятно отражается на работе двигателя.

Замеры температур генераторного газа производились в следующих точках: в зольнике газогенератора (t_1), при выходе из газогенератора (t_2), при входе в охладитель (t_3), при выходе из охладителя (t_4) и перед смесителем (t_5); кроме того измерялись температуры продуктов сгорания на выхлопе (t_6) и охлаждающей воды в радиаторе (t_7). Разрежения фиксировались: в газогенераторе (h_1) и перед смесителем (h_2). Результаты замеров температур и разрежений представлены в табл. 33.

Таблица 33

Число оборотов двигателя в минуту	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	h_1	h_2
	в °C	в °C	в °C	в °C	в °C	в °C	в °C	в мм вод. ст.	в мм вод. ст.
1300	689	457	317	93	41	622	80	65	297
1200	772	463	312	87	41	580	81	58	241
1100	562	445	289	83	41	597	82	54	208
1000	565	445	263	75	41	591	86	39	136
900	549	443	260	70	39	566	82	38	139
750	695	435	222	60	38	510	82	31	142

Необходимость самого интенсивного охлаждения генераторного газа, выходящего из газогенератора с температурой около 450° C, в целях увеличения коэффициента подачи двигателя совершенно очевидна. По данным табл. 33 и 34 можно проследить за степенью охлаждения генераторного газа в различных элементах газогенераторной установки; в табл. 34 указаны падения температур газа в следующих элементах газогенераторной установки: в газопроводе от газогенератора к охладителю (Δt_1), в охладителе (Δt_2) и в системе: газопровод от охладителя к очистителю — очиститель — газопровод от очистителя к смесителю (Δt_3).

Как видно, падение температур генераторного газа в газопроводе от газогенератора к охладителю (Δt_1) увеличивается по мере уменьшения оборотов двигателя, т. е. с уменьшением скорости потока газа. Отсюда следует, что большего охлаждения генераторного газа можно было бы достигнуть в случае увеличения внутреннего диаметра газопровода от газогенератора к охладителю.

Температура наружного воздуха при испытаниях составляла 25° C.

Общие замечания

Пусковые испытания показали, что применение для раздувки газогенератора Абоген вентилятора с ручным или электрическим приводом, включен-

Таблица 34

Число оборотов двигателя в минуту	Δt_1	Δt_2	Δt_3
	в °C	в °C	в °C
1300	140	224	52
1200	151	225	46
1100	156	206	42
1000	182	188	34
900	183	190	31
735	213	162	22



Фиг. 59. Отложение шлака на топливнике.

ного во всасывающую систему, было бы вполне целесообразно. Активная зона в этом случае будет распространяться в нужном направлении, благодаря чему процесс пуска значительно ускорится. Для этой же цели было бы желательно иметь более равномерное распределение поступающего в газогенератор воздуха по периферии топливника (например, через шесть фурм). Испытание газогенератора Абоген на двигателе с рабочим объемом цилиндров более 6 л показало, что для лучшей газификации при пуске полезно было бы уменьшить поперечное сечение зоны горения; кроме того следует повысить скорости воздуха в фурмах, так как этим устранится возможность образования относительно холодного ядра топлива в средней части газогенератора. Уменьшение зоны восстановления при этом не должно иметь места, так как от объема этой зоны зависит «гибкость» процесса газогенератора, имеющая большое практическое значение.

Очиститель в течение всего времени испытаний работал вполне удовлетворительно, обеспечивая хорошую очистку генераторного газа. При внимательном уходе и своевременной чистке засорение фильтрующей ткани в очистителе не имело места; однако это благополучие наблюдалось лишь в том случае, если фильтрующая ткань не увлажнялась генераторным газом.

Огнеупорная обкладка топливника была осмотрена после 50 час. работы газогенератора. При осмотре были обнаружены сталактитовые отложения (фиг. 59) у обоих колец кладки, выше и ниже воздушных отверстий; это — отложения шлака на материале кладки. Первоначальную форму топливника легко было восстановить осторожным отбиванием наростов; в дальнейших испытаниях существенных изменений в форме топливника замечено не было.

Испытания с присадкой водяного пара

Избыточное количество тепла, получаемое при нормальном процессе образования воздушного газа из древесного угля, может в случае перегрузки газогенератора послужить причиной поврежденной обкладки топливника, колосниковой решетки и других внутренних деталей; опасность этих повреждений можно устранить введением в газогенератор известного количества воды. Количество влаги, входящее в газогенератор с топливом и с воздухом, недостаточно для предупреждения вредных влияний избыточного количества тепла, образующегося при газификации; с другой стороны, большое содержание влаги в топливе затрудняет розжиг газогенератора и увеличивает время его раздувки. Присадка водяного пара при полной нагрузке газогенератора является, наоборот, полезной, так как это способствует образованию

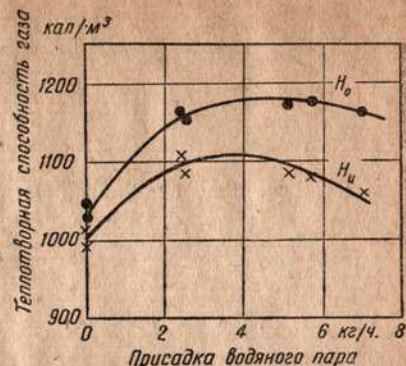
водорода H_2 и, следовательно, улучшает воспламеняемость генераторного газа.

В лабораторных испытаниях образование водяного пара для присадки вначале производилось в сосуде, нагреваемом светильным газом; различная степень нагрева сосуда вызывала образование и различных количеств пара. Количество испарившейся воды определялось взвешиванием всей испарительной установки в начале и в конце каждого опыта. Для того, чтобы иметь возможность управлять образованием пара и препятствовать сильному понижению температуры в зоне окисления газогенератора при быстром переходе от большой нагрузки к холостому ходу, парообразование при практической работе должно осуществляться в испарителе, устроенном в газопроводе и нагреваемом физическим теплом генераторного газа.

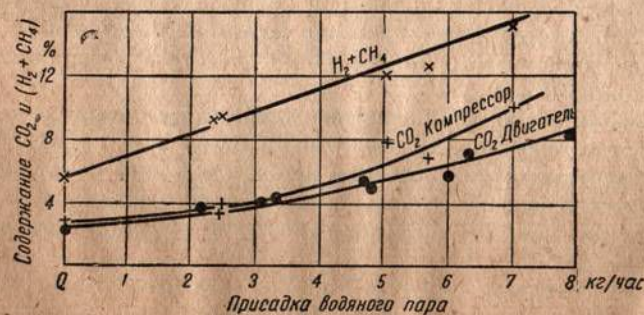
Нагрузка газогенератора во время испытаний создавалась работой поршневого компрессора, из которого часть газа направлялась в калориметр Юнкера; состав газа определялся анализом. Количество газа, отсасываемое компрессором, примерно соответствовало объему, потребляемому двигателем Кемпер при полной нагрузке и нормальном числе оборотов (1100 об/мин.).

Результаты испытаний представлены на фиг. 60 и 61. Поступающий в газогенератор воздух в среднем содержал $6,4 \text{ г/м}^3$ водяного пара; количество влаги в древесном угле составляло $4,6\%$. Оптимальная величина присадки водяного пара, в целях получения максимального значения теплотворной способности газа, равнялась $3,8 \text{ кг/час}$ (фиг. 60).

Влияние величины присадки водяного пара на входящие в состав генераторного газа компоненты ($H_2 + CH_4$) и CO_2 показано на фиг. 61. Как



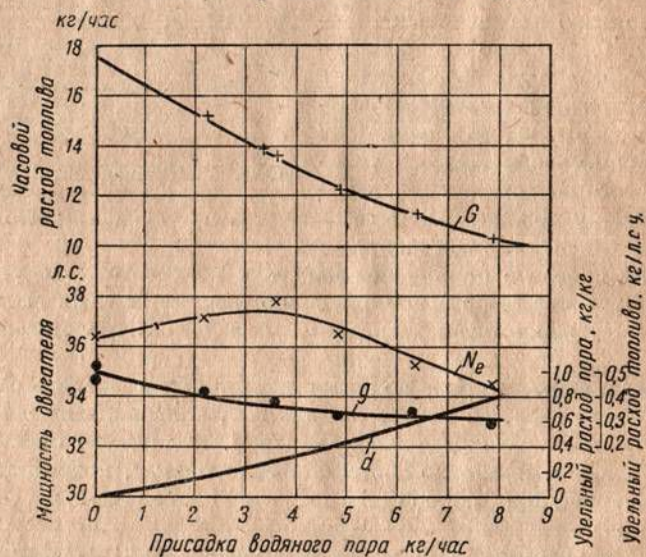
Фиг. 60. Зависимость теплотворной способности генераторного газа от присадки водяного пара.



Фиг. 61. Зависимость состава генераторного газа от присадки водяного пара.



Фиг. 62. Зависимость температуры генераторного газа от присадки водяного пара.



Фиг. 63. Зависимость мощности двигателя и расхода топлива от присадки водяного пара.

видно, содержание в газе ($H_2 + CH_4$) с увеличением присадки водяного пара возрастает почти по закону прямой линии, а содержание CO_2 в газе лишь немного увеличивается при присадке пара до 3,0 кг/час. Существенное повышение содержания CO_2 , отражающееся на теплотворной способности генераторного газа, происходит только при большой присадке пара (см. фиг. 60 и 61). По характеру подъема кривых содержания CO_2 можно сделать вывод, что нагрузка газогенератора при работе с двигателем была больше, чем при работе с компрессором.

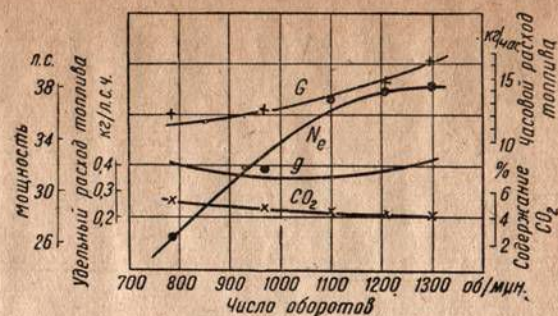
Из фиг. 62 видно, что понижение температуры генераторного газа при выходе из газогенератора, в зависимости от величины присадки водяного пара, незначительно; этим подтверждается, что физическое тепло генераторного газа можно использовать на испарение такого количества воды, при котором присадка пара обеспечивает наилучший эффект газификации древесного угля.

Результаты следующих испытаний на двигателе Кемпер со степенью сжатия в 6,89 показаны на фиг. 63. Наибольшее значение мощности двигателя здесь получено было почти в полном соответствии с изменением величины теплотворной способности при присадке водяного пара в 3,6 кг/час

(около 0,3 кг пара на 1 кг угля). По сравнению с работой без присадки пара мощность двигателя повысилась на 2,8%; повышение мощности сопровождалось понижением часового расхода топлива на 25%.

Характер работы двигателя с наиболее эффективной присадкой пара (в среднем 3,5 кг/час) представлен на фиг. 64. Наиболее низкие значения удельного расхода древесного угля получаются между 950 и 1100 об/мин. С повышением числа оборотов содержание CO_2 в генераторном газе уменьшается.

На основании результатов проведенных испытаний можно утверждать, что присадка водяного пара предотвращает преждевременное разрушение огнеупорной обкладки топливника газогенератора, вызывает уменьшение шлака, способствует увеличению времени работы двигателя на одной загрузке бункера благодаря экономии в расходе топлива и, наконец, улучшает качество генераторного газа.



Фиг. 64. Мощность двигателя, расход топлива и содержание CO_2 в генераторном газе при работе с присадкой водяного пара.

ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

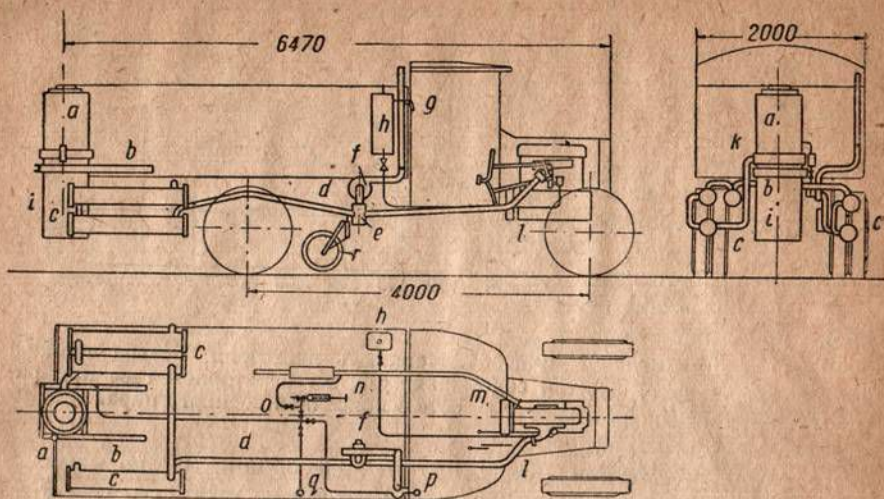
1. Испытания на автомобиле Фомаг

Для дорожных испытаний был использован грузовой автомобиль Фомаг весом в 5100 кг и грузоподъемностью в 3000 кг. Автомобиль имел двигатель мощностью в 55 л. с. со следующей характеристикой:

число цилиндров	4
цикл работы	четырехтактный
диаметр цилиндра	115 мм
ход поршня	160 мм
степень сжатия	4,3
нормальное число оборотов в минуту	1000—1100

В табл. 35 указаны передаточные числа трансмиссии автомобиля Фомаг и скорости его движения, соответствующие нормальным оборотам двигателя (диаметр колес автомобиля с эластичными грузошинами 1045 мм).

Расположение на автомобиле агрегатов дровяной газогенераторной установки и измерительных приборов схематически изображено на фиг. 65. Газогенератор *a* подвешен на вспомогательной раме *b* из U-образного железа, прикрепленной к заднему концу платформы (см. также фиг. 66). Такой способ монтажа был принят с целью облегчения работ по смене газогенераторов различных конструкций и размеров, которая часто производится в полевых испытаниях; кроме того принятый способ подвески газогенератора



Фиг. 65. Расположение газогенераторной установки и измерительных приборов на автомобиле Фомаг.

Таблица 35

Передача	Передачное число		Скорость движения автомобиля в км/час при нормальных оборотах двигателя	
	в коробке передач	общее	при 1000 об/мин.	при 1100 об/мин.
Первая . .	4,53	29,5	6,7	7,4
Вторая . .	2,48	16,1	12,3	13,5
Третья . .	1,66	10,8	18,3	20,2
Четвертая	1,0	6,5	30,3	33,4

размещенных группами параллельно раме автомобиля. Конденсат, который осаждается в идущем к двигателю газопроводе *d*, собирается в приемнике *e*, снабженном краном; этот приемник вместе с тем служит местом включения во всасывающую систему электрического вентилятора *f*, мотор которого питается от аккумуляторной батареи автомобиля. Расположение трубы, удаляющей наружу газы при розжиге и раздувке газогенератора, видно на фиг. 65; имеющаяся в этой трубе заслонка *g* управляется из кабины водителя.

Вследствие конструктивных особенностей двигателя Фомаг, при приспособлении его к работе на генераторном газе оказалось необходимым установить новую литую деталь — всасывающий патрубков *a* (фиг. 67); это дало возможность после удаления прежнего патрубка сохранить в приспособленном к работе на газе двигателе карбюратор для жидкого топлива *b*.

Для смешения генераторного газа с воздухом и регулировки (качественной и количественной) служит смеситель *c* с кольцевой воздушной обоймой

требовал сравнительно небольших переделок в автомобиле. В реальных условиях эксплуатации газогенератор монтируется обычно непосредственно сзади или рядом с кабиной водителя; в пользу такого расположения газогенератора говорит удобство его обслуживания и сокращение длины газопроводов.

Газ отсасывается двигателем через 5 цилиндрических очистителей *s*,

и дросселем. Дроссель газозвушной смеси имеет ножной и ручной приводы; первый состоит из системы тяг и рычагов, а второй осуществлен тросом Боудена. Кольцевая воздушная обойма управляется через трос Боудена. Ножная педаль дросселя газозвушной смеси помещена рядом с ножной педалью бензино-воздушной смеси; обе ручные манетки расположены на рулевой колонке.

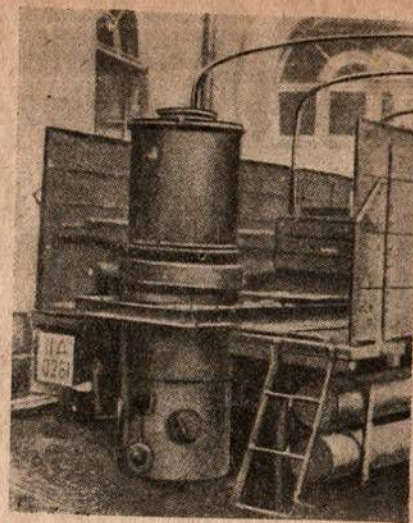
Повышение степени сжатия в двигателе, после ряда пробных поездок на бензине и на генераторном газе, было осуществлено постановкой новых, более высоких поршней, обеспечивающих увеличение степени сжатия. Наивыгоднейший момент зажигания смеси определен в 38° до верхней мертвой точки.

Для определения расхода жидкого топлива, на автомобиле установлен особый измерительный сосуд *h* (фиг. 65), указывающий уровень топлива.

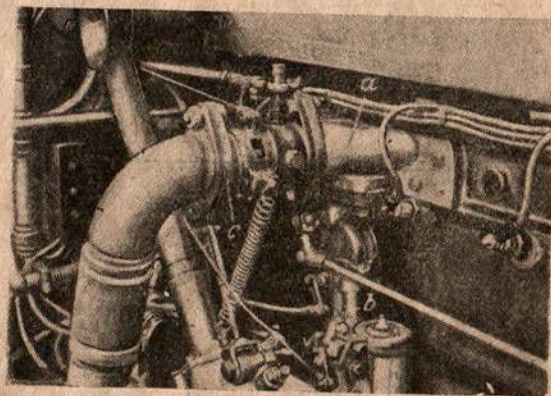
При изучении работы газогенератора во время движения автомобиля измерялась температура генераторного газа в следующих точках: в точке *i* (фиг. 65) в зольнике газогенератора (t_1), в точке *k* при выходе из газогенератора (t_2) и в точке *l* перед смесителем (t_3); в точке *m* замерялась температура продуктов сгорания на выхлопе (t_4).

Отбор проб газов для анализа во время движения автомобиля производился посредством ручного насоса *n* с предварительной соответственной установкой кранов *o*. Газы отсасываются насосом и нагнетаются в специальные сосуды (фиг. 68) с гидравлическими затворами через трехходовые краны; из этих сосудов газы после пробега и извлекаются для технического анализа. Два вакуумметра — *p* и *q* (фиг. 65) указывают водителю и контролеру разрежения в газогенераторе.

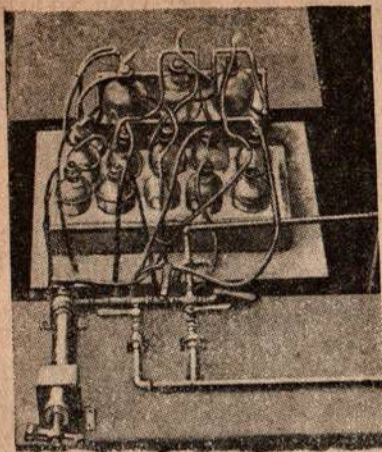
Ускорения автомобиля определялись при помощи специального прибора системы Брун, приводящегося в действие вращением прикрепленного к раме автомобиля колеса *r*; колесо это прижимается к поверхности дорожки



Фиг. 66. Крепление газогенератора на автомобиле Фомаг.



Фиг. 67. Газопитательное оборудование двигателя Фомаг.



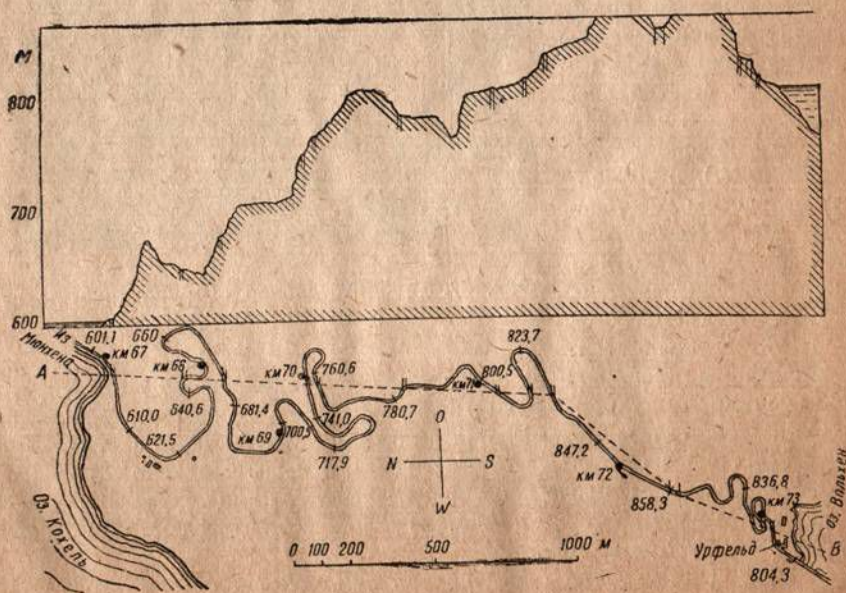
Фиг. 68. Сосуды для проб газов.

пружиной, чем практически обеспечивается его вращение без буксования. Если измерения не производятся, «пятое» колесо поднимается вверх.

Для выявления тяговых качеств автомобиля во время испытательных пробегов записывались все переключения передач и расстояния, пройденные на каждой передаче в отдельности; одновременно определялись средние скорости движения и расход топлива. Наряду с этими наблюдениями учитывались факторы, характеризующие готовность газогенераторного автомобиля к действию, безопасность движения, обслуживание газогенераторной установки и другие свойства.

Испытательные дорожные участки в окрестностях Мюнхена выбирались с таким расчетом, чтобы все качества, присущие газогенераторному автомобилю, во время пробегов могли быть проверены при самых разнообразных условиях движения.

Один из участков пролегает от Мюнхена — Вольфратсхаузена — Кохель через Кессельберг к Урфельду близ озера Вольхен и обратно (около 150 км); на этом участке приходится преодолевать высоту в 345 м. Дорога по Кессельбергу (фиг. 69) протяженностью в 5 км имеет разность высот в 257 м; эта дорога, изобилующая поворотами, особенно пригодна для определения ха-



Фиг. 69. Картографический эскиз дороги по Кессельбергу.

рактера работы газогенератора в условиях продолжительной предельной нагрузки.

Дорога от Мюнхена на Пфaffenгофен—Ингольштадт и обратно (около 160 км) пролегает по холмистой местности и благодаря большому количеству коротких, но крутых подъемов, может служить для выявления характера работы газогенератора и расхода топлива при переменной нагрузке

А. ИСПЫТАНИЯ С ГАЗОГЕНЕРАТОРАМИ ИМБЕРТ И ГОДГ

Тяговые качества

Число переключений на низшие передачи и пути, пройденные на каждой передаче по одинаковым опытным участкам, дает возможность сравнить тяговые характеристики автомобиля при работе его двигателя на различных видах топлива (бензине и генераторном газе).

В табл. 36 приведены результаты определения тяговых качеств автомобиля Фомаг в пробегах Мюнхен — Урфельд и обратно. Для наглядного сравнения путей, пройденных автомобилем на различных передачах, они указаны также в процентах общей длины пробега; кроме того дан суммарный путь, пройденный автомобилем на I, II и III передачах, и выведена средняя скорость движения.

Первый пробный пробег автомобиля (пробег № 1) на бензине показал, что для преодоления подъемов в обоих направлениях пробега переключений на I передачу не требовалось.

На всем протяжении пробега потребовалось, как видно из табл. 36, только 32 переключения на низшие передачи (в 22 случаях на III и в 10 случаях на II). Средняя скорость движения автомобиля определилась в 24,7 км/час; при этом необходимо заметить, что число оборотов двигателя ограничивалось так, что на ровном перегоне участка нельзя было развить скорость более 32 км/час.

По окончании пробегов с работой двигателя на бензине, на автомобиль был смонтирован дровяной газогенератор Имберт типа 150/550 при сохранении нормальной (4,3) степени сжатия в двигателе. Опытные пробеги показали, что даже при низкой степени сжатия в двигателе, но с ранним моментом зажигания, установленным соответственно характеру горения газозвоздушной смеси, вполне возможна удовлетворительная работа газогенераторного автомобиля.

Из данных табл. 36 (пробег № 2) видно, что при средней скорости движения в 20 км/час, 88,3% общего расстояния можно было пройти на прямой передаче, однако в результате падения мощности двигателя в этом пробеге часто приходилось производить переключения на низшие передачи (всего 64 раза). На I передачу, на которой пройдено было 4,1% общего пути, пришлось переключать 14 раз; на III передаче пройдено было небольшое расстояние (2,8%), из чего следует, что тяговое усилие на этой передаче недостаточно для преодоления даже относительно небольших подъемов.

После того как путем замены поршней на более высокие степень сжатия в двигателе была повышена до 9, опытные пробеги (№ 3 и 4) показали, что тяговые качества автомобиля существенно не изменяются при переводе двигателя на питание генераторным газом. Приблизительно 90% общей длины пробегов в этих случаях было пройдено на прямой передаче; путь, пройден-

Таблица 36

№ пробега	Вид топлива и степень сжатия в двигателе	Тип газогенератора	Направление пробега	Длина пробега км	Пройденные пути (в км и в % от общей длины пробега) на разных передачах								Суммарный путь, пройденный на I, II, III, IV передачах в км		Средняя скорость движения в км/час	
					IV передача		III передача		II передача		I передача		км	%	км	%
					км	%	км	%	км	%	км	%				
1	Бензин, $\epsilon = 4,3$	—	Туда Обратно Общее	70,9 70,9 141,8	63,6 67,6 131,2	89,7 95,4 92,6	5,4 2,7 8,1	7,6 3,8 5,7	4,9 0,6 2,5	2,7 0,8 1,7	6 4 10	— — —	— — —	— — —	7,3 3,3 10,6	26,0 23,4 24,7
2	Генераторный газ, $\epsilon = 4,3$	Имберт	Туда Обратно Общее	70,9 70,9 141,8	59,7 65,5 125,2	84,2 92,4 88,3	2,8 1,2 4,0	3,9 1,7 2,8	3,6 3,1 6,7	5,1 4,4 4,8	12 14 26	4,8 1,1 5,9	6,8 1,5 4,1	7 7 14	11,2 5,4 16,6	18,75 21,4 20,0
3	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	Имберт	Туда Обратно Общее	70,9 70,9 141,8	62,6 66,5 129,1	88,3 93,7 91,0	2,4 1,9 4,3	3,4 2,7 3,1	5,2 4,8 7,0	7,3 2,6 4,9	15 6 21	0,7 0,7 1,4	1,0 1,0 1,0	1 5 6	8,3 4,4 12,7	22,0 24,8 23,4
4	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	Имберт	Туда Обратно Общее	70,9 70,9 141,8	61,9 64,6 126,5	87,3 91,1 89,2	3,3 1,6 4,9	4,6 2,3 3,5	5,5 3,7 9,2	7,8 5,2 6,5	12 8 20	0,2 1,0 1,2	0,3 1,4 0,8	2 5 7	9,0 6,3 15,3	24,1 23,5 23,8
5	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	ГОДГ	Туда Обратно Общее	70,9 70,9 141,8	60,3 62,5 122,8	85,1 88,2 86,6	3,7 4,2 7,9	5,2 5,9 5,6	6,6 3,2 9,8	9,3 4,5 6,9	17 11 28	0,3 1,0 1,3	0,4 1,4 0,9	4 9 13	10,6 8,4 19,0	21,6 22,2 21,9

В направлении «туда» имелись большие подъемы, чем в направлении «обратно»; этим и объясняется более частое пользование III и II передачами на более длинных расстояниях.

№ пробега	Вид топлива и степень сжатия в двигателе	Тип газогенератора	Пройденные пути (в км и в % от общей длины пробега) на разных передачах								Средняя скорость движения в км/час		
			IV		III		II		I				
			км	%	км	%	км	%	км	%			
1	Бензин, $\epsilon = 4,3$	—	—	—	3,5	70	1,5	30	—	—	—	—	14,3
2	Генераторный газ, $\epsilon = 4,3$	Имберт	—	—	0,1	2	0,7	14	4,2	84	—	—	6,5
3	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	Имберт	—	—	1,4	28	2,9	58	0,7	14	—	—	11,1
4	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	Имберт	—	—	0,6	12	4,4	88	—	—	—	—	14,7
5	Генераторный газ, $\epsilon = 9$	ГОДГ	—	—	0,7	14	4,3	86	—	—	—	—	12,8

Сравнение показателей последних двух пробегов (№ 4 и 5) с показателями пробега № 1 отражает падение мощности двигателя при переводе его на генераторный газ. Работая на бензине, двигатель при небольшом уменьшении числа оборотов сохраняет достаточный запас мощности для поддержания движения автомобиля на III передаче, между тем как при работе на генераторном газе мощности двигателя для этого не хватает даже при полном открытии дросселя. Когда переключением на низшую передачу восстанавливается нормальное число оборотов, то мощность двигателя оказывается достаточной (даже с полукрытым дросселем) для получения такой же, как и на высшей передаче, скорости движения. Пробег № 4, в котором была достиг-

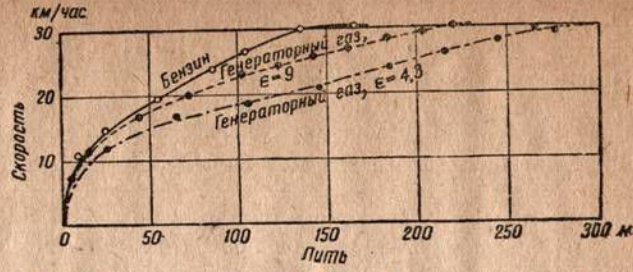
нутый на I передаче, уменьшился с 4,1 (пробег № 2) до 0,9%, соответственно чему увеличились расстояния, пройденные на III и II передачах.

Средняя скорость движения автомобиля в пробегах № 3 и 4 составила 23,6 км/час; благодаря тому, что подача газовой смеси не управлялась автоматическим регулятором, водитель имел возможность преодолевать короткие подъемы с разгона, временно повышая числа оборотов двигателя.

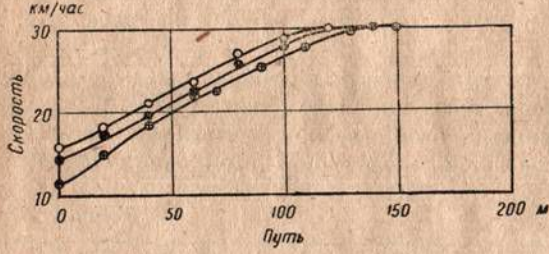
Несколько менее благоприятные результаты получены были при пробеге автомобиля Фомаг с газогенератором ГОДГ (пробег № 5). Более длинное расстояние, пройденное на III, II и I передачах, и меньшее значение средней скорости движения — 21,9 км/час, здесь могут быть объяснены фактом обслуживания автомобиля другим водителем, который точно поддерживал нормальное число оборотов двигателя на каждой передаче, т. е. не брал подъемы с разгона.

Значительное снижение тяговых качеств автомобиля при переводе двигателя на питание генераторным газом проявилось на входящем в маршрут Мюнхен — Урфельд пятикилометровом горном участке Кессельберг (см. фиг. 69); результаты специальных замеров на этом участке сведены в табл. 37.

Таблица 37



Фиг. 70. Разгон автомобиля с места при работе двигателя на бензине и на генераторном газе.



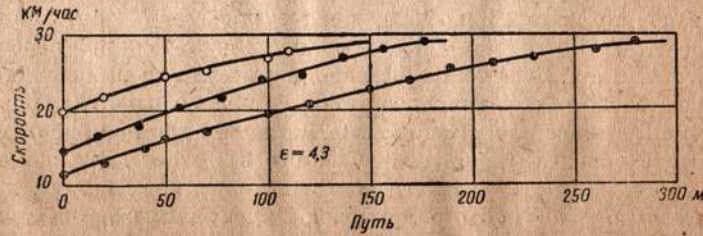
Фиг. 71. Разгон автомобиля на прямой передаче при работе двигателя на бензине.

нута средняя скорость движения в 14,7 км/час, доказывает, что посредством некоторого повышения числа оборотов двигателя на II передаче легко можно выдержать среднюю скорость, получаемую при работе двигателя на бензине. По результатам пробегов № 3 и 4 видно, что многое зависит

от квалификации и навыков водителя. В пробеге № 3, для которого средняя скорость движения определена в 11,1 км/час, водитель постоянно пытался преодолеть подъем на III передаче; вследствие значительного понижения числа оборотов двигателя при движении автомобиля на III передаче и необходимости в связи с этим пользования I передачей можно было выдержать только небольшую (сравнительно) среднюю скорость. Для достижения более высоких средних скоростей движения на горном участке целесообразно поддерживать, путем своевременного переключения передач, нормальное число оборотов двигателя; это правило и выполнялось водителем в пробеге № 4.

Следующий этап дорожных испытаний газогенераторного автомобиля Фомаг составили пробег по маршруту Мюнхен—Паффенгофен и обратно; результаты этих пробегов указаны в табл. 38, не требующей особых пояснений.

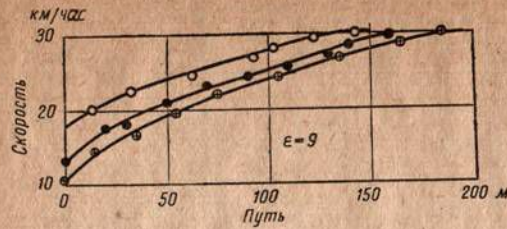
На фиг. 70 представлены кривые разгона с места автомобиля Фомаг, зафиксированные прибором системы Брун с «пятым» колесом, для случаев



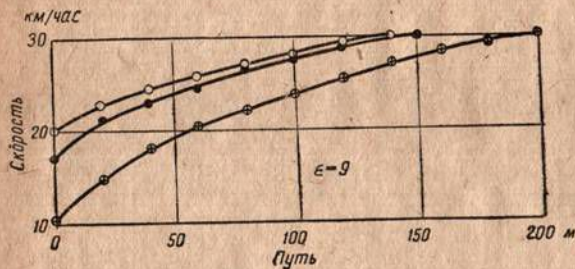
Фиг. 72. Разгон автомобиля на прямой передаче при работе двигателя ($\epsilon = 4,3$) на генераторном газе (газогенератор Имберг).

Таблица 38

№ пробега	Степень сжатия в двигателе	Тип газогенератора	Направление пробега	Длина пробега км	Пройденные пути (в км и % от общей длины пробега) на разных передачах												Средняя скорость движения в км/час	
					IV		III		II		I		Число переключений		Суммарный путь, пройденный на III, II и I передачах в км			
					км	%	км	%	км	%	км	%	км	%	Число переключений	Число переключений	км	км
1	4,3	Имберг	Туда Обратно Общее	46	42,5	92,4	1,05	2,3	1,2	2,6	9	1,25	2,7	9	3,5	22,4	46	22,4
				46	41,05	89,2	1,8	3,9	1,7	3,7	12	1,45	3,2	11	4,95	21,8	46	21,8
				92	83,55	90,8	2,85	3,1	2,9	3,2	21	2,7	2,9	20	8,45	22,1	92	22,1
2	9	Имберг	Туда Обратно Общее	46	42,9	93,4	1,2	2,6	1,25	2,7	8	0,65	1,3	6	24,3	24,3	46	24,3
				46	42,4	92,3	1,8	3,9	1,05	2,3	9	0,75	1,5	6	24,5	24,5	46	24,5
				92	85,3	92,8	3,0	3,3	2,3	2,5	17	1,4	1,4	12	6,7	24,4	92	24,4
3	9	Имберг	Туда Обратно Общее	46	43,15	93,8	1,3	2,8	1,0	2,2	11	0,55	1,2	7	26,9	26,9	46	26,9
				46	41,75	90,7	1,65	3,6	1,45	3,2	10	1,15	2,5	7	25,6	25,6	46	25,6
				92	84,9	92,2	2,95	3,2	2,45	2,7	21	1,7	1,9	14	7,1	26,2	92	26,2
4	9	ГОДГ	Туда Обратно Общее	46	43,15	93,8	0,9	2,0	1,4	3,0	11	0,5	1,2	5	26,4	26,4	46	26,4
				46	42,1	91,4	1,8	3,9	1,4	3,0	7	0,7	1,7	6	26,0	26,0	46	26,0
				92	85,25	92,6	2,7	3,0	2,8	3,0	18	1,25	1,4	11	6,75	26,2	92	26,2



Фиг. 73. Разгон автомобиля на прямой передаче при работе двигателя ($\epsilon = 9$) на генераторном газе (газогенератор Имберт).



Фиг. 74. Разгон автомобиля на прямой передаче при работе двигателя ($\epsilon = 9$) на генераторном газе (газогенератор ГОДГ).

в двигателе до 9 способность автомобиля к ускорению повышается и уже через 220 м пути автомобиль достигает требуемой скорости движения.

На фиг. 71, 72, 73 и 74 показано нарастание скорости движения автомобиля с полным грузом на прямой (IV) передаче от начальных скоростей в пределах 10—20 км/час. Аналогично результатам испытаний на разгон автомобиля с места, расстояния для достижения заданной скорости расположились и здесь в полном соответствии с развиваемыми двигателем мощностями. Характер протекания кривых, полученных при повышенной степени сжатия в двигателе с газогенераторами обеих систем, почти идентичен (см. фиг. 73 и 74).

Расход топлива

Данные о колебаниях расхода топлива (бензина и дров) автомобилем Фомаг при пробегах в различных дорожных условиях приведены в табл. 39.

При дорожных испытаниях топливом для газогенераторов служила смесь бука и пихты воздушной сушки (размер чурок — 8 см × 30 см²). Точно так же, как и при лабораторных испытаниях, в пробегах было зафиксировано значительное уменьшение расхода топлива при повышении степени сжатия в двигателе вследствие увеличения термического коэффициента полезного действия.

Сравнивая по экономичности в расходе топлива опытные газогенераторы, следует отметить, что расход топлива в газогенераторе Имберт сильно колеблется соответственно дорожным условиям; в газогенераторе ГОДГ столь заметной разницы в расходе топлива не наблюдалось.

работы двигателя на бензине и на генераторном газе с различными степенями сжатия. Предельная скорость в 30 км/час была достигнута на бензине после того, как автомобиль прошел расстояние в 140 м. Кривая разгона автомобиля при питании двигателя генераторным газом с нормальной степенью сжатия показывает значительно меньшие ускорения, что объясняется сильным падением мощности двигателя; в этом случае необходимо расстояние не менее 300 м, чтобы развить заданную скорость в 30 км/час. При повышении степени сжатия

Вид топлива и степень сжатия в двигателе	Тип газогенератора	Пределы изменения средних расходов бензина и дров в кг/100 км
Бензин, $\epsilon = 4,3$	—	34,2—37,6
Генераторный газ, $\epsilon = 4,3$	Имберт	87,5—103,0
Генераторный газ, $\epsilon = 9$	Имберт	72,0—93,0
Генераторный газ, $\epsilon = 9$	ГОДГ	86,0—92,0

Качество генераторного газа. Температуры и разрежения

Результаты отдельных анализов газов и замеров температур и разрежений при дорожных испытаниях автомобиля Фомаг с газогенераторами Имберт и ГОДГ представлены в табл. 40.

Величины теплотворных способностей не дают существенных отклонений от данных, зафиксированных при лабораторных испытаниях. Влияние конструкции газогенератора на состав газа, отмеченное в лаборатории, подтвердилось и при дорожных испытаниях: газогенератор Имберт дает газ с высоким содержанием водорода H_2 , а в газогенераторе ГОДГ образуется относительно большое количество метана CH_4 . Характерным для анализов генераторного газа во время пробегов является низкое содержание углекислоты CO_2 ; во время лабораторных испытаний содержание CO_2 в газе изменялось в пределах от 10 до 13%¹, тогда как при дорожных испытаниях содержание CO_2 в генераторном газе не превышало 8,5%. Это положение можно объяснить меньшей средней нагрузкой газогенератора во время пробегов, что отражается также и на температурах газа при выходе из газогенератора; во время пробегов у газогенераторов обоих типов зафиксированы температуры приблизительно на 100° С, более низкие, нежели полученные в лаборатории.

Анализ продуктов сгорания на выхлопе указывают на неблагоприятные условия сгорания: несмотря на высокий коэффициент избытка воздуха ($\alpha = 1,2$), в выхлопных газах часто отмечалось высокое содержание CO. Как оказалось, поддерживать при дорожных испытаниях постоянство качества рабочей смеси газа с воздухом с такой же точностью, как в лабораторных испытаниях, почти невозможно.

Наблюдавшееся по росту температур установившееся состояние газогенераторов в пробегах достигалось через продолжительное время — приблизительно через 30—45 мин. после старта, причем существенных влияний нагрузки здесь не замечалось. Во время длительной езды по горному участку температуры в газогенераторах повышались только на несколько градусов; при езде под гору температуры в газогенераторах можно было под-

¹ См. табл. 13 и 14.

Таблица 40

№ замера	Степень сжатия в двигателе	Тип газогенератора	Компоненты генераторного газа в %						м/гм в "H	Компоненты продуктов сгорания в %			H ^g в кал./м ³	Температуры				Примечание	
			CO	H ²	CH ⁴	C ² H ²	CO ²	O ²		N ²	CO ²	O ²		CO	CO в t ₁	CO в t ₂	CO в t ₃		CO в t ₄
1		Имберт	26,1	17,8	2,4	—	5,0	—	48,7	1460	8,8	2,8	4,0	597	—	—	—	—	В гору
2	4,3		17,1	19,0	3,0	0,3	7,2	—	53,4	1306	8,0	4,0	0,8	530	—	20	490	—	В гору
3			20,6	17,2	3,1	—	5,4	—	53,7	1336	8,4	3,8	—	543	—	—	—	—	Равнина
4			22,6	16,6	1,5	—	7,3	—	52,0	1243	9,3	1,4	2,0	580	—	30	490	—	—
5		Имберт	19,1	15,7	3,1	0,4	6,6	—	55,1	1333	7,8	3,8	0,2	548	—	—	—	—	—
6	9		17,9	21,1	2,9	—	8,3	—	49,8	1341	9,8	1,2	1,4	588	—	25	510	—	—
7			19,2	20,2	2,9	—	7,9	—	49,8	1353	10,1	2,7	0,6	565	—	—	—	—	—
8		ГОДГ	18,1	16,2	3,3	0,2	6,3	—	55,9	1261	7,9	3,5	—	526	—	—	—	—	—
9	9		14,3	12,3	3,7	0,1	8,5	—	61,1	1088	10,6	2,2	4,5	515	—	35	500	—	Равнина
10			20,0	9,4	4,7	—	5,5	—	60,4	1251	9,7	2,9	2,1	540	—	—	—	—	В гору

держивать на постоянном уровне путем надлежащего открытия воздушной обоймы смесителя.

Температуры генераторного газа перед смесителем колебались в нормальных пределах в зависимости от температуры окружающего воздуха; соответственным расположением батареи очистителей удовлетворительное охлаждение генераторного газа обеспечивалось во всех случаях.

Разрежение в газогенераторах, замерявшееся во время пробегов, все время резко изменялось, так как оно зависело от положения воздушной обоймы и дросселя смеси; в табл. 40 указаны разрежения, являющиеся средними при числе оборотов двигателя, соответствующем средней скорости движения автомобиля.

Общие замечания

Испытательные пробеги доказали, что газогенераторный автомобиль при правильном обслуживании газогенератора и других дополнительных агрегатов вполне безопасен в движении и надежен в работе. Топливо в газогенераторе ежедневно перед розжигом следует осадить через загрузочный люк и прошуровать сверху древесный уголь, отнюдь его не утрамбовывая. Шуровку топлива не следует производить непосредственно после остановки автомобиля, так как горение в газогенераторе продолжается и во время стоянок и, следовательно, возможно образование сводов и пустых пространств. Затем необходимо через нижние люки прошуровать спекшийся древесный уголь, одновременно стряхивая золу. Досыпку древесного угля в пространство вокруг топливника достаточно производить при полной чистке газогенератора, необходимой после пробега в 800—1000 км. Древесный уголь из твердых пород древесины здесь безусловно является более пригодным, чем уголь из мягких пород, так как последний измельчается настолько, что уносится из газогенератора потоками газа. Очистители следует опорожнять примерно через 150 км пробега; кран для спуска конденсата из бачка, находящегося перед смесителем, целесообразно всегда оставлять открытым; тогда при остановках двигателя образующийся конденсат будет вытекать автоматически.

Розжиг и раздувка газогенератора (из холодного состояния до получения горючего газа) посредством электрического вентилятора требуют от 4 до 5 мин. После коротких (до 7 мин.) остановок двигатель немедленно может быть пущен в ход на газе, однако до нагрузки его следует проработать небольшое время на холостом ходу. После продолжительных остановок (до 1½ часов) достаточно 2 мин. работы вентилятора, чтобы получить горючий газ. После стоянок в течение более 2 час. газогенератор необходимо снова разжигать факелом.

Дозрузки топлива в газогенератор следует производить заблаговременно, не допуская того, чтобы свежее топливо сейчас же после догрузки поступало в зону окисления; в противном случае возможно засмоление двигателя, так как образование угля будет недостаточное.

Вследствие непостоянства состава генераторного газа, постоянного соотношения между газом и воздухом в рабочей смеси не существует; поэтому целесообразно при пуске двигателя на генераторном газе открыть дроссель наполовину или на три четверти и после включения стартера немедленно открывать воздушную обойму до момента воспламенения газозвушной смеси, после чего двигатель и начинает работать. Затем дроссель устанавливают

в положение малых оборотов холостого хода, после чего легко находят область наивыгоднейших соотношений газа и воздуха; во время езды, само собой разумеется, качественную регулировку следует время от времени проверять.

В процессе пусков можно было заметить, что при низкой степени сжатия в двигателе (4,3) пуск осуществлялся быстрее, чем при повышенной степени сжатия (9); это происходило потому, что стандартный стартер не был заменен стартером большей мощности, и, следовательно, при повышенной степени сжатия коленчатому валу в единицу времени сообщалось меньшее число оборотов, чем в первом случае. В связи с этим и запальная искра во время пуска двигателя была недостаточно интенсивной; оказалось, между прочим, необходимым уменьшить зазоры между электродами свечей.

Работоспособность газогенераторного автомобиля в значительной степени зависит от квалификации и навыков водителя. Плавная езда на горном участке требует своевременных переключений передач. При переключении на низшие передачи следует учитывать, что на генераторном газе двигатель обладает меньшей приемистостью, чем на бензине, даже при холостом ходе, и что поэтому для необходимого увеличения числа оборотов двигателя требуется относительно много времени. Вообще рекомендуется переключение на низшие передачи производить настолько заблаговременно, чтобы автомобиль к моменту переключения передач не слишком много сбавлял свою устойчивую скорость движения. К этому следует добавить, что при переключении передач, вследствие резкого увеличения числа оборотов двигателя, газогенератор на короткое время перегружается, и для питания двигателя при его нагрузке поступает малокалорийный газ; в результате на коротких и крутых подъемах часто приходится сейчас же переключать и на следующую низшую передачу.

Чтобы после продолжительной езды под гору обеспечить готовность газогенератора к нагрузке, необходимо поддерживать его устойчивое состояние. В процессе испытаний это осуществлялось тем, что при приближении к концу спуска закрытый до этого дроссель смеси (при полностью закрытой воздушной обойме) немного приоткрывался; двигатель, всасывая при этом некоторое количество чистого газа, поддерживал соответствующую температуру в газогенераторе. При последующей нагрузке газогенератора открытие воздушной обоймы вело к образованию вполне пригодной для работы газозвушной смеси.

Для устранения дымления, происходящего вследствие избыточного давления внутри газогенератора (например, при остановке двигателя), необходимо, чтобы все люки и швы газогенератора и соединения трубопроводов были совершенно герметичны; особенно необходимо следить за тем, чтобы обратные клапаны плотно закрывали воздушные отверстия газогенератора.

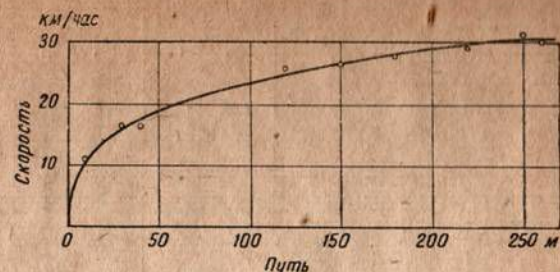
Б. ИСПЫТАНИЯ С ГАЗОГЕНЕРАТОРОМ КРОМАГ

Газогенератор Кромаг типа III № 100, смонтированный на автомобиле Фомаг, в продолжение испытательных пробегов на протяжении 325 км работал при тщательном обслуживании бесперебойно. Ежедневная шуровка и очистка от золы древесного угля в зоне восстановления осуществлялись сильным встряхиванием колосниковой решетки. Необходимо отметить, что при этом не затрачивается время на отвертывание и заворачивание крышек люков; всякие неудобства, связанные с грязной работой, здесь исключаются.

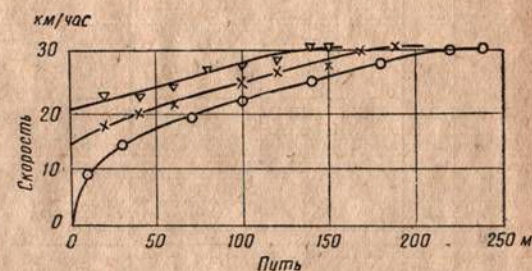
Способность к разгону автомобиля Фомаг с газогенератором Кромаг характеризуется кривой на фиг. 75; как видно, заданная скорость движения (30 км/час) достигалась после прохождения пути в 230 м.

Пробег по маршруту Мюнхен — Урфельд совершен был со средней скоростью в 25,6 км/час; на горном участке Кессельберга была достигнута и выдержана средняя скорость в 12,8 км/час с преобладающим движением на II передаче.

Расход дров (смесь чулок из бука и пихты размера 8 см × 25 см² с влажностью в 12%) составил в пробеговых испытаниях 100 кг/100 км.



Фиг. 75. Разгон автомобиля с места при работе двигателя на генераторном газе (газогенератор Кромаг).



Фиг. 76. Разгон автомобиля с места и на прямой передаче при работе двигателя на генераторном газе (газогенератор Гумбольд-Дейтц).

В. ИСПЫТАНИЯ С ГАЗОГЕНЕРАТОРОМ ГУМБОЛЬД-ДЕЙТЦ

Газогенератор Гумбольд-Дейтц, смонтированный также на автомобиле Фомаг, испытывался в пробегах на участках с различными дорожными условиями; всего автомобилем было пройдено около 750 км.

Розжиг и раздувка газогенератора из холодного состояния до момента получения горючего газа при помощи электрического вентилятора занимали 10—15 мин.; факел при этом должен был гореть полным пламенем.

Кривые разгона автомобиля Фомаг с газогенератором Гумбольд-Дейтц с места и на прямой передаче представлены на фиг. 76. При разгоне с места автомобиль достиг скорости в 30 км/час, пройдя 230 м; при разгоне на прямой передаче от начальных скоростей движения в 15 и 21 км/час автомобиль развил скорость в 30 км/час соответственно через 170 и 130 м пройденного пути.

Результаты пробеговых испытаний сведены в табл. 41.

Здесь видно, что при работе автомобиля Фомаг с газогенератором Гумбольд-Дейтц требовалось очень частое переключение на I передачу. Средние скорости движения значительно понижались вследствие больших расстояний, пройденных на III, II и I передачах. Горный участок (Кессельберг) до половины пройден был на I передаче и поэтому средняя скорость здесь составила только 10 км/час. На обоих испытательных участках у некоторых коротких и больших подъемов потребовалась присадка бензола к газозвушной смеси.

Испытательный участок	Направление пробега	Длина пробега в км	Пройденные пути (в км и в % от общей длины пробега) на разных передачах												Средняя скорость движения в км/час	Расход топлива в кг/100 км
			IV			III			II			I				
			км	%	км/ч	км	%	км/ч	км	%	км/ч	км	%	км/ч		
Мюнхен—Урфельд и обратно	Туда	70,9	83,8	2,8	4,0	4,5	6,3	17	4,2	5,9	15	11,5	20,4	109		
	Обратно	70,9	91,2	2,2	3,1	1,2	1,7	8	2,8	4,0	8	6,2	20,4			
	Общее	141,8	87,6	5,0	3,5	5,7	4,0	25	7,0	4,9	23	17,7	20,4			
Мюнхен—Ингольштадт и обратно	Туда	78,7	92,6	1,4	1,8	1,6	2,0	11	2,8	3,6	14	5,8	21,8	105		
	Обратно	78,7	91,1	2,5	3,2	2,5	3,2	17	2,0	2,5	16	7,0	20,7			
	Общее	157,4	91,9	3,9	2,5	4,1	2,6	28	4,8	3,0	30	12,8	21,0			

В табл. 42 приведены составы газов и теплотворные способности, зафиксированные во время пробегов с газогенератором, который был в хорошем состоянии.

2. Испытания на автомобиле МАН

Описываемые ниже дорожные испытания производились на грузовом автомобиле МАН, более быстроходном, чем автомобиль Фомаг; этот автомобиль, рассчитанный на 2,5 т полезного груза, снабжен был усиленными рессорами для повышения грузоподъемности до 3,5 т; мощность двигателя—55/65 л. с. Передние колеса автомобиля имели пневматические шины, а задние — полумассивные. Вес автомобиля (без груза) составлял около 3400 кг.

Испытательные пробеги производились на участке Мюнхен—Урфельд.

Первый пробег послужил для определения тяговых и экономических качеств автомобиля при работе двигателя на бензине. Расход бензина в этом пробеге составил 33 л/100 км. С двигателем, который был оборудован регулятором оборотов, автомобиль на ровной дороге развивал

Таблица 42

Испытательный участок	Компоненты генераторного газа в %							H ₂ в кал/м ³	Компоненты продуктов сгорания в %		H ₂ в кал/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	C _n H _{2n}	CO ₂	O ₂	N ₂		CO ₂	O ₂	
Мюнхен—Урфельд	20,5	14,1	3,6	—	10,7	—	50,4	1296	13,5	1,2	582
Мюнхен—Ингольштадт	17,4	12,3	4,0	0,2	12,9	—	53,2	1218	12,5	1,5	554

среднюю скорость до 40 км/час; средняя скорость за весь пробег выразилась в 31 км/час. За исключением одного быстро устраненного дефекта свечи двигатель работал бесперебойно.

Перед вторым испытательным пробегом автомобиль был оборудован газогенератором Имберт типа 150/550 (это увеличило вес автомобиля на 500 кг) и в двигателе для повышения степени сжатия до 9 были поставлены новые, более высокие поршни. Регулятор был установлен на большее число оборотов. В испытательных пробегах для газификации служили буковые чурки с 20% влажности и кроме того небольшой остаток смеси чурок из пихты, сосны и березы (размер чурок — 6 см × 15 ÷ 20 см²).

Во втором испытательном пробеге расход топлива автомобилем оказался сравнительно большим — 118 кг/100 км; это можно объяснить повышенной влажностью буковых чурок и частично техникой управления автомобилем. Водитель регулировал качество рабочей смеси изменением подачи воздуха, но не дросселировал газовую струю; этим и было вызвано увеличение расхода топлива. Средняя скорость движения благодаря регулятору, установленному на высокое число оборотов, достигала на ровной дороге 42,4 км/час; средняя скорость за весь пробег составила 29,4 км/час, что несколько ниже значения, достигнутого при работе двигателя на бензине. После перерывов в работе продолжительностью более 8 мин. газогенератор приходилось короткое время раздувать ручным вентилятором; после стоянок в течение 2 час. и больше горючий газ получался через 6 мин.

За исключением нескольких вспышек во всасывающем газопроводе двигатель работал без перебоев.

При третьем испытательном пробеге регулятор с двигателя был снят. Для газификации служила смесь чурок из 60% березы, 20% пихты и 20% сосны с содержанием влаги в 14—16%. Дрова были измельчены до размера спичечной коробки; березовые чурки являлись заводскими отходами. В пробеге расход топлива оказался весьма небольшим — 64,5 кг/100 км. Средняя скорость по ровной дороге достигала 42,6 км/час; за весь пробег средняя скорость выразилась в 29,3 км/час. После стоянки продолжительностью более 1 часа горючий газ был получен через 2 мин. работы вентилятора. Двигатель все время работал без перебоев.

Наиболее важные данные, полученные при описанных пробеговых испытаниях, содержатся в табл. 43.

Таблица 13

Объекты сравнения	№ пробега		
	1	2	3
Вид и сорт основного топлива . . .	Бензин	Чурки из бука	Смесь чурок из 60% березы, 20% пихты и 20% сосны
Общий вес автомобиля кг	6800	7 300	7 300
Полезный груз автомобиля кг	3400	3 200	3 200
Длина пробега км	156	156	149
Расход топлива:			
а) общий л; кг	51,5	184,5	96
в) на 100 км л; кг	33	118	64,5
Средняя скорость движения:			
а) за весь пробег км/час	31	29,4	29,3
в) на ровной дороге км/час	40	42,4	42,6
Число переключений передач:			
а) с IV на III	18	23	16
в) с III на II	2	6	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатами проведенных лабораторных и дорожных испытаний доказано, что автомобильные двигатели могут безопасно, надежно и экономично работать на генераторном газе, из дров и древесного угля в том случае, если водитель с полным знанием дела учитывает все особенности работы на генераторном газе, и если уход за газогенераторной установкой выполняется с надлежащей аккуратностью.

На основании испытаний можно сделать нижеследующие выводы.

Для газификации в автомобильных газогенераторах пригодны дрова воздушной сушки в виде чурок (размер — 8 см × 20—25 см²); хорошие результаты дает смесь чурок из равных объемных частей твердых и мягких пород древесины. Пригодны для газификации также дрова, измельченные механическим способом, так называемая щепка; непригодным топливом следует считать опилки, хворост и т. п., так как необходимым условием протекания восстановительных реакций является постоянное (дополнительное) образование кускового древесного угля.

Для газификации в древесноугольных газогенераторах предпочтение перед другими сортами следует отдать буковому углю в небольших кусках.

При выборе топлива наряду с вопросом об экономичности следует принимать во внимание также и особенности предполагаемой работы. Для автомобилей с частыми перерывами в работе следует применять топливо, не содержащее смол, имея в виду свойственную им большую способность к химическому взаимодействию. Автомобили, работающие продолжительное время без остановок, или двигатели с постоянной нагрузкой, могут работать надежно и безопасно и на дровяном топливе. Для устранения возможности перебоев в работе двигателя вследствие загрязнения при применении смолистых топлив (например, дрова), следует ориентироваться только на опорожненный процесс газификации.

Размеры газогенератора должны соответствовать двигателю с таким расчетом, чтобы при любых нагрузках газогенератора получался свободный от содержания смолы газ. При этом следует учесть, что при выборе размеров газогенератора следует руководствоваться не эффективной мощностью двигателя, а его средней эксплуатационной нагрузкой.

Расход топлива при установившемся режиме работы и при газификации дровяных чурок воздушной сушки составляет от 0,8 до 1 кг/л. с. ч., а при древесном угле — от 0,4 до 0,5 кг/л. с. ч. В практической работе можно руководствоваться следующим соотношением: 2,5 кг дров или 1,2—1,5 кг древесного угля соответствуют 1 л бензина.

Вся автомобильная газогенераторная установка в целом, состоящая из газогенератора, охладителя, очистителя и других частей, должна обладать небольшим весом, отличаться прочностью и, в интересах аккуратного и чистого ухода, хорошей доступностью; эти условия к настоящему времени соблюдаются во многих конструкциях. Полный вес газогенераторной установки для грузового автомобиля с двигателем в 60 л. с. составляет у современных типов 300—400 кг. На обслуживание газогенератора и очистительной батареи требуется от 10 до 15% времени их работы; розжиг и раздувка газогенератора занимают от 8 до 10 мин.

Падение мощности двигателя, которое неизбежно при замене бензина генераторным газом, возможно сократить путем повышения степени сжатия в двигателе и установки наивыгоднейшего момента зажигания. Предел для повышения степени сжатия устанавливается детонационными свойствами топлива, а также недопустимостью чрезмерного повышения напряжений в кривошипном механизме двигателя. По имеющимся данным наивыгоднейшая степень сжатия лежит в пределах от 8 до 9.

При постройке новых двигателей и их оборудования следует заранее учитывать все требования, характерные для работы на генераторном газе; сюда относятся, например, увеличение рабочего объема цилиндров и повышение степени сжатия. Двигатели, у которых всасывание происходит через небольшие проходные сечения, и двигатели с неудовлетворительной продувкой нельзя считать пригодными для работы на генераторном газе.

Необходимо принять во внимание, что на единицу снимаемой с двигателя мощности потребные объемы или веса различных топлив связаны такими соотношениями:

Бензин	Дрова	Древесный уголь	Газойль
1	10	7	0,75 (по объему)
1	4	2	0,9 (по весу)

Отсюда следует, что для работы на генераторном газе могут быть рекомендованы только те автомобили, для которых вес газогенераторной установки и место для запаса топлива не играют существенной роли, так как из приведенного сопоставления видно, что для одинаковой дальности хода автомобиля при работе двигателя на бензине и на генераторном газе из дров в объемном отношении во втором случае требуется запас топлива в десять раз, а в весовом — в четыре раза больше.

Путем дальнейшей разработки и усовершенствования конструкций газогенераторных установок для применения их на автомобилях откроются еще более широкие возможности в сравнении с теми, которые имеются в настоящее время.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	2
ВСТУПЛЕНИЕ	
1. О газификации твердых топлив	3
2. О сортах твердых топлив	5

Лабораторные испытания

1. Описание испытательной установки	10
2. Испытания на двигателе Ганомар	13
А. Дровяной газогенератор Гумбольд-Дейтц малой производительности	13
Конструкция газогенератора и условия работы с ним	13
Мощность двигателя и расход топлива	15
Качество генераторного газа. Температуры и разрежения	18
Общие замечания.	19
Б. Дровяной газогенератор ГОДГ	19
Конструкция газогенератора и условия работы с ним	19
Мощность двигателя и расход топлива	20
Качество генераторного газа. Температуры и разрежения	22
В. Дровяной газогенератор Имберт типа 150/550	24
Конструкция газогенератора и условия работы с ним	24
Мощность двигателя и расход топлива	25
Качество генераторного газа. Температуры и разрежения	27
3. Испытания на двигателе Кемпер	28
А. Исследования отдельных факторов	28
Компенсация мощности путем повышения степени сжатия	28
Компенсация мощности путем наддува	34
Пусковые качества	39
Газификация дровяной щепы	42
Соответствие газогенератора двигателю	45
Б. Дровяные газогенераторы Кромаг	47
Конструкция Кромаг-Сагам типа С-2	47
Конструкция Кромаг типа III № 100	50
В. Дровяной газогенератор Гумбольд-Дейтц	53
Г. Древесноугольный газогенератор Абоген	55
Конструкция газогенератора и условия работы с ним	57
Пусковые испытания	58
Мощность двигателя и расход топлива	59
Качество генераторного газа. Температуры и разрежения	60
Общие замечания	61
Испытания с присадкой водяного пара	62

Дорожные испытания

1. Испытания на автомобиле Фомаг	65
А. Испытания с газогенераторами Имберт и ГОДГ	69
Тяговые качества	69
Расход топлива	74
Качество генераторного газа. Температуры и разрежения	75
Общие замечания	77
Б. Испытания с газогенератором Кромаг	78
В. Испытания с газогенератором Гумбольд-Дейтц	79
2. Испытания на автомобиле МАН	80
Заключение	82