

R 380
100

В. М. ВОЛОДИН

**ИСПЫТАНИЯ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ
И
ТРАКТОРОВ**



ГОСТРАНСТЕХИЗДАТ

1938

Инж. В. М. ВОЛОДИН

R 380
100

ИСПЫТАНИЯ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

19  38

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ЛЕНИНГРАД

Книга знакомит читателя с особенностями работы автотракторных двигателей на генераторном газе и с вытекающими отсюда условиями испытаний газогенераторных автомобилей и тракторов. Книга содержит советские и иностранные экспериментальные материалы и рассчитана на средний инженерно-технический персонал, работающий с легкими транспортными газогенераторами.



38-5541

ПРЕДИСЛОВИЕ

Применение твердого топлива для автомобилей и тракторов в народном хозяйстве СССР имеет большие перспективы.

От производимых в настоящее время небольшими сериями газогенераторных машин мы должны перейти к массовому внедрению газогенераторных установок, экономящих стране ценное жидкое топливо. Однако, говорить о массовом производстве газогенераторных установок можно будет лишь тогда, когда эти установки достигнут большего, чем ныне, технического совершенства.

В различных организациях и на некоторых заводах СССР ведется упорная работа над улучшением существующих систем и созданием новых конструкций. Чтобы оценить отдельный агрегат или газогенераторную систему в целом и иметь сравнимые результаты, необходимо принять единообразную методику испытания газогенераторных установок, которой пока не существует.

Книга может быть полезной инженеру-экспериментатору, инженеру-конструктору и студентам старших курсов соответственных вузов.

Данные, приводимые в книге, являются частью материала, собранного и разработанного автором при выполнении им кандидатской диссертации в ЛИИ и НАТИ.

В. Володин

КНИГА ИМЕЕТ:

Печать листов	Выпуск	В перепл. един. соедин. №№ вып.	Таблиц	Карт	Иллюстр.	Служеб. №№	№№ списка и порядковый	1930 г.
6						307	591	123

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Работа автотракторных двигателей на генераторном газе	
Падение мощности двигателей	5
Повышение степени сжатия в двигателях	13
Влияние сорта топлива на качество генераторного газа и мощность двигателей	21
Износ двигателей	28
Глава II. Испытания автотракторных двигателей на генераторном газе	
Характеристика испытаний	31
Подготовка к испытаниям	35
Определение мощности и приемистости двигателей	37
Определение экономичности двигателей. Напряженность горения в газогенераторе	43
Замер расхода газов. Скорости воздуха в фурмах газогенератора	45
Анализ газов	47
Определение коэффициента избытка воздуха	50
Определение засоренности газа	51
Определение теплотворной способности газа	52
Пример специального испытания автомобильного двигателя на генераторном газе	56
Глава III. Испытания газогенераторных автомобилей	
Характеристика испытаний	60
Подготовка к испытаниям	61
Определение динамических (тяговых) качеств автомобилей	62
Определение экономических качеств автомобилей. Запас хода автомобиля	68
Определение пусковых качеств автомобилей	69
Определение надежности автомобилей. Процессы ухода и обслуживания	71
Пример испытания газогенераторного автомобиля	72
Глава IV. Испытания газогенераторных тракторов	
Тяговое испытание трактора	77
Пример испытания газогенераторного трактора	80
Приложения	84

ГЛАВА I

РАБОТА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

Падение мощности двигателей

Бензиновые автотракторные двигатели при переводе их на питание генераторным газом теряют значительную часть своей нормальной мощности, т. е. мощности, развиваемой на бензине. Для того чтобы уяснить причины этой потери и попутно определить примерные соотношения „газовой“ и „бензиновой“ мощностей двигателей, необходимо рассмотреть все факторы, в той или иной мере влияющие на мощность.

Уравнение, выражающее мощность двигателя, можно представить в общем виде так:

$$N_e = k \cdot V_h \cdot n \cdot H_g \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \text{ л. с.}, \quad (1)$$

где:

- N_e — эффективная мощность в л. с.;
- k — коэффициент, объединяющий постоянные величины;
- V_h — рабочий объем цилиндров в л.;
- n — число оборотов в минуту;
- H_g — теплотворная способность рабочей смеси в кал/м³;
- η_v — коэффициент наполнения двигателя;
- η_i — индикаторный к. п. д. двигателя и
- η_m — механический к. п. д. двигателя.

Если к работе на генераторном газе приспособляются существующие бензиновые автотракторные двигатели без изменения величин V_h и n , то вероятное падение мощности двигателя при переводе на газ устанавливается анализом величин H_g , η_v , η_i и η_m .

Теплотворная способность H_2 рабочей смеси, состоящей из генераторного газа и воздуха, определяется по формуле:

$$H_2 = \frac{H_u}{1 + \alpha \cdot L_0} \text{ кал/м}^3, \quad (2)$$

где:

- H_u — низшая теплотворная способность генераторного газа в кал/м³;
- α — коэффициент избытка воздуха и
- L_0 — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ газа в м³.

Величина H_2 зависит, как видно, от теплотворной способности газа и коэффициента избытка воздуха.

В противоположность бензину, имеющему для определенного сорта практически постоянную теплотворную способность, калорийность генераторного газа меняется по ряду причин; работая с каким-либо газогенератором, можно

получать газ различной калорийности в зависимости от влажности топлива, размера его кусков, длительности пребывания топлива в газогенераторе, режима отбора газа и ряда иных факторов. Для оценки возможных значений теплотворной способности генераторного газа, в табл. 1—4 сведены данные различных испытаний газогенераторных установок.

Табл. 1 составлена в результате испытаний газогенератора НАТИ-11 с двигателем ГАЗ 1; газогенератор НАТИ-11 спроектирован был для работы на дровяных чурках, на которых и проводились испытания.

Таблица 1

№ анализ	Обороты двигателя в мин.	Состав газа в % по объему							Теплотворная способность 1 м ³ газа
		CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	O ₂	N ₂	
1	600	16,72	13,78	2,65	0,72	15,90	0,33	50,50	1198
2	1000	18,52	11,13	1,98	0,51	14,15	0,15	53,56	1097
3	1300	16,65	14,31	1,91	0,53	14,34	0,46	51,80	1118
4	1800	20,27	11,27	2,12	0,28	9,95	0,80	55,31	1129
5	2000	23,25	12,64	2,38	0,05	9,71	0,26	51,71	1247

Табл. 2 и 3 дают выборки из результатов испытаний нескольких дровяных газогенераторов, проведенных под руководством проф. Кюне в Институте сельскохозяйственной механики Высшей технической школы в Мюнхене.

Таблица 2

№ анализ	Тип газогенератора	Обороты двигателя в мин.	Состав газа в % по объему							Теплотворная способность 1 м ³ газа
			CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	O ₂	N ₂	
1	ДХГ № 42	1300	17,2	9,7	5,4	—	10,4	2,5	54,8	1237
2	То же	1200	14,6	9,7	5,9	—	9,9	2,9	57,0	1201
3	"	1100	12,9	12,4	4,5	—	12,3	2,0	55,6	1133
4	"	1000	16,7	12,0	4,1	—	12,9	2,7	51,6	1160
5	"	900	12,3	9,8	5,8	—	12,8	1,6	57,4	1163
6	Имберт	1200	15,1	13,3	3,8	—	11,9	1,3	54,6	1128
7	"	1200	16,4	14,2	3,2	0,2	12,0	0,8	53,2	1168
8	"	1000	21,7	13,7	2,4	—	9,5	0,8	51,9	1219
9	"	900	17,7	16,3	3,1	0,2	11,5	0,2	51,0	1227
10	Дейтц	1100	15,7	9,9	3,3	0,2	11,9	0,5	58,5	1045

Газогенераторы ДХГ № 42, Имберт и Дейтц работали на буковых чурках с влажностью около 20%; все опыты производились при одном и том же двигателе, с отбором пробы газа для анализа из всасывающей трубы перед смесителем.

¹ Журнал „Авотракторное дело“ № 10, 1936 г., статья М. С. Коренева.

Таблица 3

№ анализ	Тип газогенератора	Сорт топлива	Обороты двигателя в мин.	Состав газа в % по объему						Теплотворная способность 1 м ³ газа
				CO	H ₂	CH ₄	C _n H _m	CO ₂	N ₂	
1	Кромаг-Сагам-100	Смесь буковых и еловых дров с влажностью 12%	1187	20,6	21,6	1,2	0,24	10,3	46,7	1304
2			1105	21,0	18,5	0,85	0,21	9,65	48,8	1218
3			997	19,4	19,0	1,2	0,36	11,1	48,9	1232
4			904	18,4	13,9	0,95	0,23	12,2	49,3	1160
5				1200	18,7	14,7	2,6	0,6	14,1	49,3
6	Кромаг-	Буковые дрова	1100	17,3	16,3	2,6	0,8	15,0	48,5	1210
7			1000	19,4	17,5	2,5	0,5	13,5	46,6	1320
8			1100	15,3	16,0	3,5	0,2	13,5	51,5	1204
9			1300	17,8	15,7	2,2	0,2	14,4	49,7	1163
10	Сагам-	с влажностью	1200	14,7	15,7	2,5	0,7	14,9	51,6	1137
11			1100	15,8	14,3	2,0	0,1	13,7	54,1	1030
12	С-2	15—20%	1100	11,6	19,0	—	0,9	15,8	52,7	968
13			1100	15,1	12,9	1,6	0,3	13,0	57,1	967
14										

В табл. 4, содержащей данные экспериментов, проведенных в Ростовском институте инженеров ж.-д. транспорта ¹, указана теплотворная способность генераторного газа из антрацита; газогенератор работал с двигателем ЗИС-5.

Если предположить, что в процессе каждого из испытаний, результаты которых приведены в табл. 1—4, газогенераторы работали на оптимальных (по качеству газа при данном его отборе) режимах и, следовательно, ожидать газ с более высокой калорийностью нет оснований, — можно принять наивысшее значение теплотворной способности газа лежащим в пределах 1200—1300 кал/м³; среднюю калорийность генераторного газа для расчетов надлежит, очевидно, брать в значениях от 1100 до 1200 кал/м³.

Таблица 4

№ анализ	Сорт топлива	Обороты двигателя в мин.	Теплотворная способность 1 м ³ газа
1	Антрацит-семечко	995	1240
2		980	910
3		1035	1085
4		1065	1115
5		1450	1145
6		1975	965
7	Антрацит-зубок	1380	995
8		1400	1115
9		1370	1175

¹ Журнал „Мотор“ № 10, 1936 г., статья Н. А. Фуфрянского.

Коэффициент избытка воздуха α имеет большое влияние на мощность, развиваемую двигателем.

Для двигателей, работающих на бензине, максимальная мощность достигается при $\alpha = 0,85-0,9$, т. е. при обогащенной рабочей смеси. Влияние α на мощность двигателя имеет, конечно, место и в случае питания двигателя генераторным газом: при регулировке качества газозвушной смеси можно сильно понизить мощность двигателя небольшим изменением подачи воздуха в смеситель. По отдельным наблюдениям (надежные экспериментальные данные по этому вопросу отсутствуют) коэффициент избытка воздуха при работе двигателя на генераторном газе, с регулировкой на максимальную мощность, весьма близок к единице.

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ генераторного газа определяется формулой:

$$L_0 = \frac{0,5(CO + H_2) + 2CH_4 + 3C_nH_m - O_2}{0,21} \text{ м}^3, \quad (3)$$

где химические символы означают процентное (по объему) содержание соответствующих компонентов в генераторном газе. Для сгорания 1 м³ генераторного газа состава:

$$CO - 20,27\%; \quad H_2 - 11,27\%; \quad CH_4 - 2,12\%; \quad C_nH_m - 0,28\%; \\ CO_2 - 9,95\%; \quad O_2 - 0,80\%; \quad N_2 - 55,31\%.$$

теплотворная способность которого равна 1129 кал/м³*, теоретически необходимое количество воздуха будет:

$$L_0 = \frac{0,5(20,27 + 11,27) + 2 \cdot 2,12 + 3 \cdot 0,28 - 0,8}{0,21} = 0,95 \text{ м}^3.$$

Теплотворная способность H_2 рабочей смеси генераторного газа указанного состава с воздухом при $\alpha = 1$ составит согласно формуле (2):

$$H_1 = \frac{1129}{1 + 1 \cdot 0,95} = 579 \text{ кал/м}^3.$$

Калорийность бензиновоздушной рабочей смеси значительно выше. Если теплотворную способность бензина h_u принять в 10500 кал/кг, а теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг его — в 12,8 м³, то при $\alpha = 1$, теплотворная способность H_6 рабочей смеси бензина с воздухом будет:

$$H_6 = \frac{10 \cdot 500}{1 \cdot 12,8} = 820 \text{ кал/м}^3 **.$$

Сопоставляя H_2 с H_6 и оценивая вероятную потерю мощности бензиновым двигателем при переводе его на генераторный газ за счет только раз-

* Состав газа взят по анализу № 4 табл. 1.

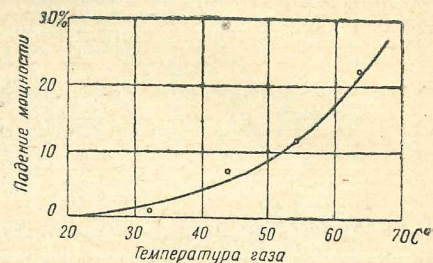
** Теплотворная способность рабочих смесей для жидких топлив подсчитывается по формуле: $H_g = \frac{h_u}{\alpha \cdot L_0}$.

ницы в теплотворных способностях рабочих смесей и при прочих равных условиях, получим:

$$\frac{H_6 - H_2}{H_6} = \frac{820 - 579}{820} = 0,29 \text{ или } 29\%.$$

Величина коэффициента наполнения η_v , влияющая на мощность двигателя, в свою очередь изменяется при переходе на питание двигателя генераторным газом. Уменьшение η_v зависит от нескольких факторов, основные из которых: а) повышение температуры подводимой к двигателю рабочей смеси и б) понижение начального давления всасывания вследствие увеличения сопротивлений во всасывающей системе (газогенератор, охладитель, очистители, смеситель, трубопроводы).

Транспортная газогенераторная установка автотракторного типа — установка с габаритами, обычно вписанными в габариты автомобиля или трактора, к тому же ограниченная небольшим весом, — не может иметь охладителей с поверхностью, обеспечивающей совершенное охлаждение газа, поступающего из газогенератора в двигатель; водяные холодильники, интенсивно охлаждающие газ, на автомобилях и тракторах применения не получили. Поэтому к двигателю подводится генераторный газ с температурой всегда более высокой чем температура окружающего воздуха. Падение мощности двигателя вследствие повышения температуры газа иллюстрируется фиг. 1; по оси ординат графика дано падение эффективной мощности в процентах, а по оси абсцисс отложены температуры генераторного газа.



Фиг. 1. Падение мощности двигателя в зависимости от температуры газа.

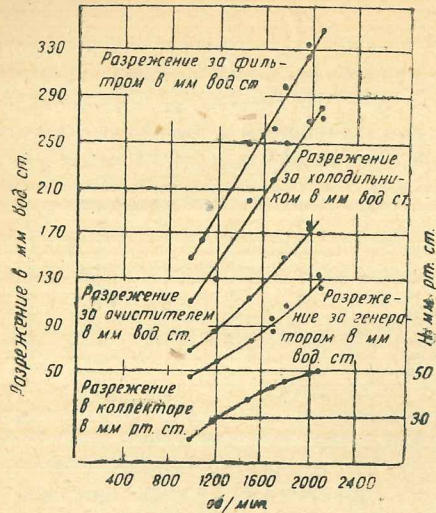
С повышением числа оборотов двигателя и увеличением отбора растет температура газа, выходящего из газогенератора. Так как факторы, от которых зависит охлаждение газа, возрастают медленнее, чем происходит увеличение температуры генераторного газа, то относительное падение мощности двигателя увеличивается с повышением оборотов. Явление это вызывается и тем обстоятельством, что с повышением числа оборотов двигателя увеличиваются сопротивления во всасывающей системе.

Табл. 5, составленная на основе опытов Кюне, показывает изменение температур и сопротивлений в зависимости от числа оборотов двигателя; все замеры производились при полном открытии дроссельной заслонки смесителя. В табл. 5 приняты следующие обозначения:

№ анализов	n	t_1	t_2	h
1	1300	600	42,5	229
2	1200	600	39,5	193
3	1100	575	39,0	175
4	1000	575	36,0	160
5	900	460	39,5	125
6	800	427	40,0	100
7	700	410	39,0	100

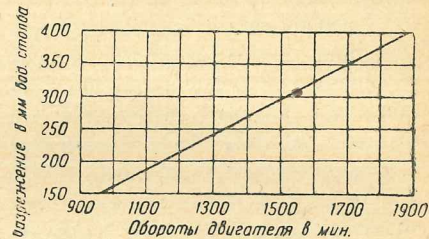
n — число оборотов двигателя в мин.;
 t_1 — температура газа на выходе из газогенератора в °C;
 t_2 — температура газа перед двигателем в °C;
 h — сопротивление газогенераторной установки в мм вод. ст.

Изменение сопротивлений (разрежений) по оборотам двигателя для агрегатов газогенераторной установки НАТИ-11 показано на фиг. 2. При испытании газогенератора, работающего на антраците, получены результаты, изображенные на фиг. 3.



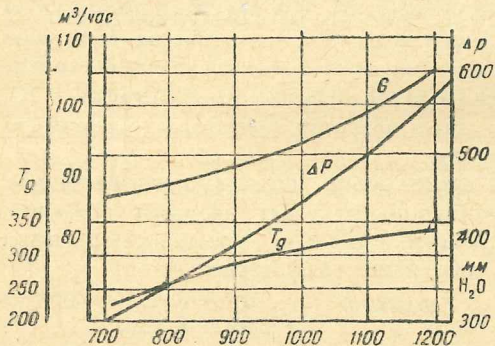
Фиг. 2. Изменение разрежений по оборотам в газогенераторной установке НАТИ-11 при полном открытии дросселя (НАТИ).

Финкбайнер приводит зависимость между числом оборотов двигателя, количеством отбираемого газа, температурой газа за газогенератором и сопротивлением установки в миллиметрах вод. ст. Из фиг. 4 видно, что при отборе газа равном



Фиг. 3. Изменение разрежений по оборотам в газогенераторной установке, работающей на антраците (РИИТ).

87 м³/час, температура газа была около 220° С и сопротивление—около 300 мм вод. ст.; с увеличением отбора газа до 105 м³/час температура возросла до 335° С, а сопротивление достигло 580 мм вод. ст.



Фиг. 4. Изменения по оборотам: отбора газа G , температуры газа T_g и сопротивления установки Δp (Финкбайнер).

p_2 — начальное давление всасывания при работе на газе в кг/см²;

p_6 — начальное давление всасывания при работе на бензине в кг/см²;

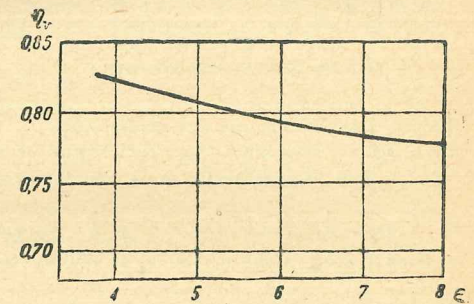
T_2 — начальная температура газозвдушной рабочей смеси в град. абс. шк.;
 T_6 — начальная температура бензиновоздушной рабочей смеси в град. абс. шк.

Если температуру начала всасывания при работе на бензине принять равной 15° С ($T_6 = 288^\circ$) и сопротивление равным 0,1 кг/см² ($p_6 = 0,9$ кг/см²), а для случая работы на генераторном газе предусмотреть температуру в 50° С ($T_2 = 323^\circ$) и сопротивление в 0,15 кг/см² ($p_2 = 0,85$ кг/см²), то по формуле (4) определится:

$$N_{e2} = N_{e6} \frac{p_2}{p_6} \sqrt{\frac{T_6}{T_2}} = N_{e6} \frac{0,85}{0,9} \sqrt{\frac{288}{323}} = 0,89 N_{e6}$$

Таким образом падение мощности двигателя при переходе с бензина на генераторный газ вследствие одного уменьшения η_v равно примерно 11%.

Увеличение степени сжатия двигателя для восстановления мощности может оказаться новой причиной понижения коэффициента наполнения. По опытам Рикардо, увеличение степени сжатия вызывает уменьшение η_v ; падение η_v здесь объясняют тем, что с увеличением ϵ теплоотдача в стенки камеры сжатия ухудшается в связи с уменьшением ее поверхности. Фиг. 5, показывающая зависимость между η_v и ϵ , иллюстрирует опыты Рикардо.



Фиг. 5. Зависимость между коэффициентом наполнения и степенью сжатия (Рикардо).

Индикаторный к. п. д. η_i двигателя можно считать независимым от влияния на него физикохимических свойств топлива.

Как известно,

$$\eta_i = \eta_t \cdot \eta_g \quad (5)$$

и

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \quad (6)$$

где:

- η_t — термический к. п. д. двигателя;
- η_g — относительный к. п. д. двигателя;
- ϵ — степень сжатия в двигателе;
- k — показатель адиабаты.

Пренебрегая небольшими отклонениями в величинах η_g и k , допустимо не делать различия между значениями индикаторного к. п. д. для случаев работы двигателя на бензине и на генераторном газе при одинаковых степенях сжатия.

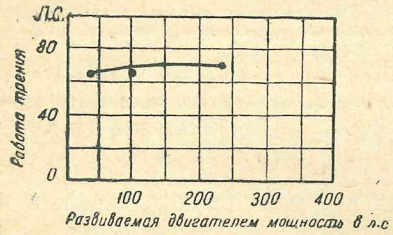
Последний фактор, требующий рассмотрения, — величина механического к. п. д. η_m двигателя.

Судя по результатам испытаний тихоходных двигателей Кертинг и Зульцер (фиг. 6 и 7), а также на основании иных исследований¹, следует сделать

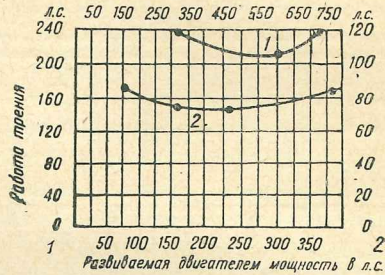
¹ Журнал VDI, № 13, т. LXXII, 1928 г., статья Stodol.

вывод, что работа трения в двигателе сохраняет свою величину почти постоянной с изменением нагрузки при $n = \text{const}$.

Поскольку падение мощности бензинового двигателя при переводе его на питание генераторным газом равносильно снижению нагрузки двигателя (качественной регулировкой), — мощности, затрачиваемые на трение в двигателе, можно считать одинаковыми как для работы на бензине, так и для работы на газе (при одних и тех же оборотах двигателя).



Фиг. 6. Работа трения двигателя Кертинг при постоянном числе оборотов ($n = 165$ об/мин.).



Фиг. 7. Работа трения двигателей Зульцер при постоянном числе оборотов ($n = 190$ об/мин.).

Связь механического к. п. д. двигателя с эффективной мощностью N_e , индикаторной мощностью N_i и мощностью трения N_r видна из формулы:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_e}{N_e + N_r} \quad (7)$$

С помощью формулы (7) можно, имея отправные данные, определить вероятную величину η_m для двигателя, переведенного с бензина на генераторный газ.

Из фиг. 11 (см. далее) усматривается, что двигатель ГАЗ при $n = 1600$ об/мин. развил эффективные мощности: 33,9 л. с. на бензине и 20 л. с. на генераторном газе; величина η_m для двигателя ГАЗ здесь при работе на бензине весьма близка к 0,80. Пользуясь этими экспериментальными данными, нетрудно определить η_m при работе на генераторном газе следующим образом:

$$\eta_{m2} = \frac{N_{e2}}{N_{i2}} = \frac{N_{e2}}{N_{e2} + N_r} = \frac{N_{e2}}{N_{e2} + \left(\frac{N_{e6}}{\eta_{m6}} - N_{e6} \right)} = \frac{20}{20 + \frac{33,9}{0,8} - 33,9} = 0,70,$$

где:

η_{m2} — механический к. п. д. при работе на газе;

η_{m6} — механический к. п. д. при работе на бензине;

N_{e2} — эффективная мощность при работе на газе в л. с.;

N_{e6} — эффективная мощность при работе на бензине в л. с.;

N_{i2} — индикаторная мощность при работе на газе в л. с.; и

N_r — мощность трения при работе на газе и на бензине в л. с.

Какую же мощность должен развить на генераторном газе нормальный бензиновый двигатель? Для ответа на этот вопрос, определяющий отношение

„газовой“ и „бензиновой“ мощностей, необходимо соединить в одном расчете все рассмотренные в настоящем разделе факторы; расчет производится так:

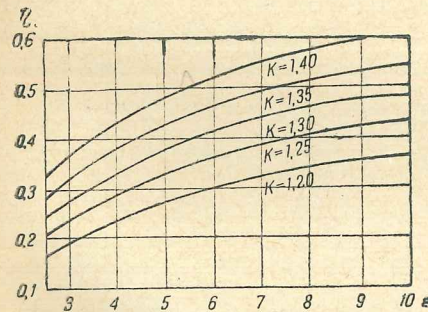
$$\frac{N_{e2}}{N_{e6}} = \frac{H_2}{H_6} \cdot \frac{\eta_{v2}}{\eta_{v6}} \cdot \frac{\eta_{m2}}{\eta_{m6}} = 0,71 \cdot 0,89 \cdot 0,875 = 0,55,$$

т. е. на генераторном газе двигатель должен развить 55% от „бензиновой“ мощности.

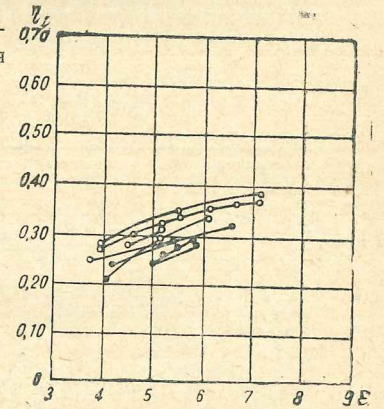
Выявленное здесь теоретическим путем отношение мощностей хорошо согласуется с практическими данными. В отдельных случаях наблюдается однако еще более значительное падение мощности двигателя на генераторном газе объясняется это, как правило, непостоянством состава газа, явно недостаточной степенью охлаждения его и слишком большими сопротивлениями во всасывающей системе. С другой стороны, если отрицательное влияние указанных факторов предельно уменьшено рациональной конструкцией газогенераторной установки, „газовая“ мощность двигателя может достигнуть 60% от „бензиновой“ и даже больше.

Повышение степени сжатия в двигателях

Так как падение мощности двигателя на 45% существенно ухудшает динамические (тяговые) качества автомобиля или трактора, мощность двигателя на генераторном газе стремятся в возможной мере повысить; одним из наиболее рациональных и эффективных способов повышения



Фиг. 8. Изменение термического к. п. д. в зависимости от степени сжатия для различных показателей адиабаты.



Фиг. 9. Изменение индикаторного к. п. д. в зависимости от степени сжатия для разных двигателей.

мощности двигателя является увеличение термического к. п. д. η_t за счет увеличения степени сжатия ϵ .

На фиг. 8 и в табл. 6 показано изменение η_t в зависимости от ϵ для различных показателей адиабаты k (см. табл. 6 на стр. 14).

Увеличение мощности двигателей с поднятием степени сжатия происходит значительно медленнее, чем повышение термического к. п. д. На фиг. 9 даны изменения действительных индикаторных к. п. д. η_i для разных двигателей в зависимости от ϵ ; здесь видно, что при одной и той же степени сжатия для разных двигателей величина η_i и закон изменения его с увеличением ϵ не одина-

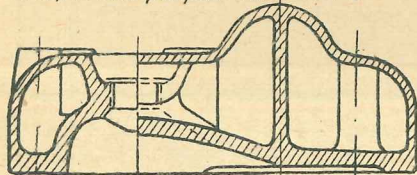
Таблица 6

$k \backslash \epsilon$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,20	0,129	0,197	0,242	0,275	0,301	0,322	0,340	0,356	0,469
1,25	0,159	0,252	0,293	0,331	0,361	0,385	0,405	0,423	0,488
1,30	0,188	0,281	0,340	0,383	0,416	0,442	0,464	0,483	0,499
1,35	0,216	0,319	0,384	0,431	0,466	0,494	0,517	0,537	0,553
1,40	0,248	0,363	0,434	0,483	0,520	0,550	0,574	0,594	0,610

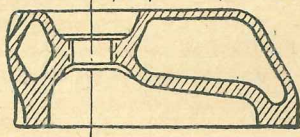
ковы. Ниже приводятся экспериментальные данные, показывающие изменение мощности двигателей на генераторном газе в зависимости от величины ϵ .

В моторной лаборатории Научного автотракторного института (НАТИ) было проведено испытание двигателя ГАЗ с газогенераторной установкой конструкции И. С. Мезина.¹ Двигатель вначале прошел испытания на бензине, а затем были сняты внешние характеристики двигателя при работе на генераторном газе со степенями сжатия 4,2 и 6,4; конфигурация камеры сжатия для $\epsilon = 6,4$ представлена на фиг. 10. Из фиг. 11 видно, что максимальная мощность двига-

Поперечный разрез через свечу

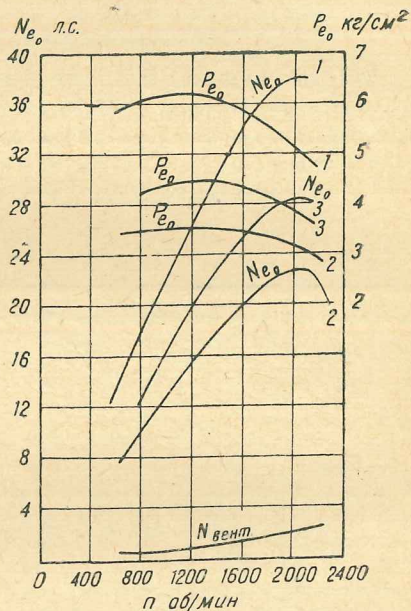


Продольный разрез через свечу



Фиг. 10. Камера сжатия двигателя ГАЗ для степени сжатия 6,4.

теля при работе на газе со степенью сжатия 4,2 оказалась равной 23 л. с. при 2000 об/мин., а при увеличении ϵ до 6,4 она достигла 28,5 л. с. при тех же оборотах. Так как соответственная мощность двигателя на бензине равна 38,2 л. с., то падение мощности составляет: 40% при $\epsilon = 4,2$ и 25% при $\epsilon = 6,4$.



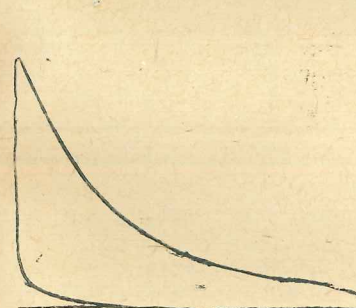
Фиг. 11. Внешние характеристики двигателя ГАЗ при работе на бензине и генераторном газе с различными степенями сжатия: 1 — на бензине с $\epsilon = 4,2$; 2 — на газе с $\epsilon = 4,2$; 3 — на газе с $\epsilon = 6,4$; $N_{\text{вент}}$ — потери мощности на вентилятор (НАТИ).

¹ Журнал „Автотракторное дело“ № 10, 1936 г., статья М. С. Коренева.

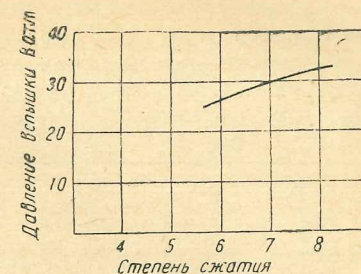
Применяемые степени сжатия двигателя при работе на генераторном газе ограничиваются не явлением детонации, как при работе на бензине, а возрастающими давлениями вспышки p_z и увеличением жесткости работы, т. е. величиной приращения давления по углу

поворота кривошипа $\frac{dp}{d\alpha}$. Если p_z и $\frac{dp}{d\alpha}$ при работе на газе будут значительно превосходить соответственные величины при работе двигателя на бензине, то кривошипно-шатунный механизм двигателя, особенно подшипники будут выходить из строя преждевременно; это явление имеет место в практике эксплуатации газогенераторных автомобилей и тракторов: двигатели, рассчитанные на прочность для условий работы на бензине с низкими степенями сжатия, не выдерживают увеличенных нагрузок.

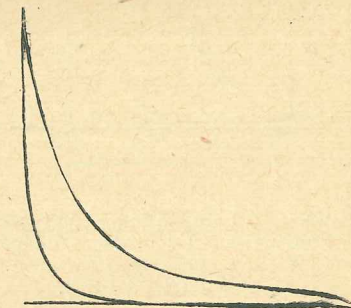
Если нет оснований ожидать опасных повышений величины $\frac{dp}{d\alpha}$ вследствие относительной медленности горения газозвушной смеси, то возрастающие p_z при больших степенях сжатия нельзя не учитывать.



Фиг. 13. Индикаторная диаграмма, снятая с двигателя ГАЗ при степени сжатия 4,23 и работе на бензине (ЛИИ-ДВГ).



Фиг. 12. Изменение давления вспышки в зависимости от степени сжатия (Финкбайнер).



Фиг. 14. Индикаторная диаграмма, снятая с двигателя ГАЗ при степени сжатия 7,6 и работе на генераторном газе (ЛИИ-ДВГ).

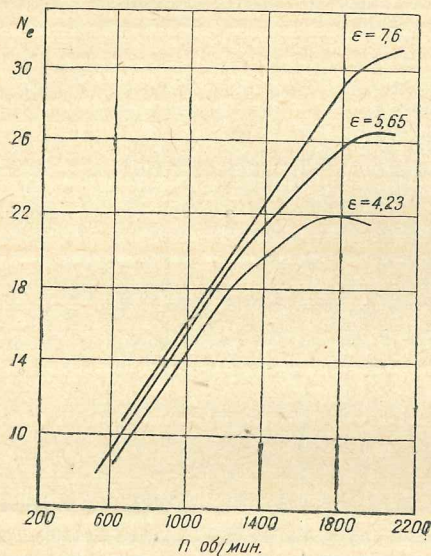
Финкбайнер¹ указывает, что p_z , равное 24 кг/см² при $\epsilon = 5,6$, возрастает до 32 кг/см² при увеличении ϵ до 8,2; кривая, устанавливающая зависимость между p_z и ϵ , по опытам Финкбайнера, показана на фиг. 12.

Опыты, поставленные автором в Ленинградском индустриальном институте (в лаборатории проф. В. Ю. Гиттиса), также показали увеличение p_z . Работа велась на двигателе ГАЗ с древесноугольным газогенератором конструкции автора. При работе на бензине с нормальной степенью сжатия ($\epsilon = 4,23$) давление вспышки p_z оказалось равным 29 кг/см²; с переходом на газозвушную смесь и увеличением ϵ до 7,6, p_z возросло до 32 кг/см². На фиг. 13 и 14 даны

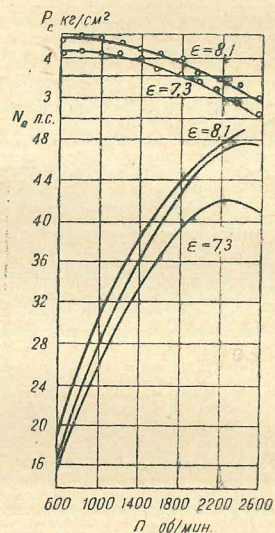
¹ Журнал ATZ № 15—16, 1935 г.

индикаторные диаграммы, снятые с двигателя ГАЗ оптическим индикатором Шульца при $n = 800$ об/мин.; несколько необычный вид линий сжатия на приведенных диаграммах объясняется неодинаковым масштабом пружин индикатора при различных величинах давлений. Фиг. 15 характеризует работу двигателя ГАЗ на генераторном газе с разными степенями сжатия.

На автомобильном заводе им. тов. Сталина производились специальные испытания по определению оптимальной степени сжатия для двигателя ЗИС-5 работающего на газе от дровяного газогенератора конструкции А. И. Скерд



Фиг. 15. Внешние характеристики двигателя ГАЗ на генераторном газе при разных степенях сжатия (ЛИИ-ДВГ).



Фиг. 16. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5 на генераторном газе при разных степенях сжатия.

жиева и А. И. Пельтцера; испытаны были три головки с камерами для степеней сжатия 7; 7,3 и 8. Результаты испытания этих головок иллюстрированы внешними характеристиками, данными на рис. 16; оптимальной оказалась головка для $\epsilon = 7$ (средняя кривая на графике), на которой завод им. тов. Сталина и остановил свой выбор.

Представляют интерес результаты экспериментов Кюне (Мюнхен) с дровяными газогенераторами ДХГ № 42 и Имберт, работавшими на буковых чурках; здесь снимались внешние характеристики двигателей при степенях сжатия 5,17; 6,89 и 8,89. Из фиг. 17 видно, что мощность двигателя при $n = 1100$ об/мин. с повышением степени сжатия от 5,17 до 6,89 увеличилась с 32 до 36,5 л. с.; при дальнейшем повышении степени сжатия до 8,89—мощность достигла 41 л. с. Падение мощности двигателя на генераторном газе в сравнении с мощностью развитой этим же двигателем на бензоле, указано в табл. 7.

На основании исследовательских работ НАТИ и ЗИС и с учетом опыта эксплуатации газогенераторных автомобилей для двигателей ГАЗ и ЗИС, переводимых на питание генераторным газом, приняты степени сжатия в преде-

лах 6—7; такой выбор продиктован был соображениями о пределе механической прочности двигателей, необходимостью обеспечить возможно более легкий пуск двигателей, желанием использовать стандартную аппаратуру электрозажигания и рядом других факторов, имеющих второстепенное значение.

Однако, даже и при умеренном повышении степеней сжатия в двигателях, возникают обстоятельства, требующие внимательного и весьма осторожного обслуживания этих двигателей. Первое, на что необходимо обратить внимание, — условия работы двигателей с повышенными степенями сжатия на бензине.

Подавляющее большинство автомобилей и тракторов, оборудованных газогенераторными установками, снабжается пусковыми карбюраторами для быстрого пуска двигателя с последующим переводом его на газ, а также для сохранения возможности передвижения машин на небольшие расстояния при холодном газогенераторе.

Работа двигателей на бензине при наличии высокой степени сжатия часто приводит к явлению детонации, характеризующемуся следующими признаками:

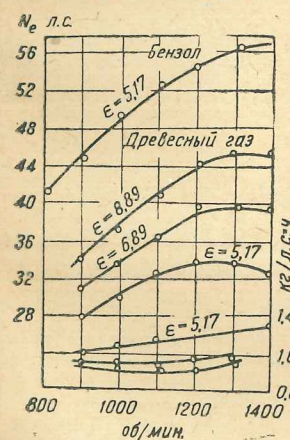
- 1) резким металлическим стуком в цилиндрах двигателя;
- 2) падением мощности и экономичности двигателя;
- 3) перегревом двигателя;
- 4) черным дымом, нерегулярно появляющимся из выхлопной трубы;
- 5) разрушением поршней, выкрашиванием баббита подшипников и пр.

Возникновение детонации в двигателе и интенсивность ее протекания зависят от многих факторов, часть которых здесь необходимо разобрать в виду их прикладного значения.

Экспериментатор подчас имеет возможность монтировать на испытываемый двигатель головки с камерами сжатия разной конфигурации и выполненные из различных материалов. Влияние конструктивных форм камер на появление детонации (по опытам Рикардо) можно проследить на фиг. 18; лучшие результаты дают формы камер сжатия I и II при среднем расположении свечи, за ними следует форма IV и, наконец, менее совершенны конструкции III, V и VI с боковыми карманами прямоугольного сечения.

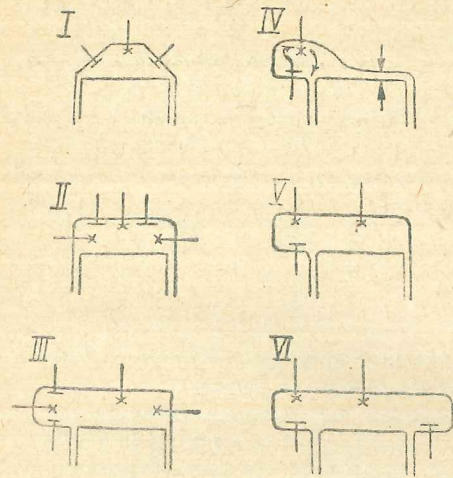
Таблица 7

Тип газогенератора	Падение мощности при степенях сжатия (в %)		
	5,17	6,89	8,89
ДХГ № 42	38,2	29,5	21,3
Имберт	34,8	30,8	21,1

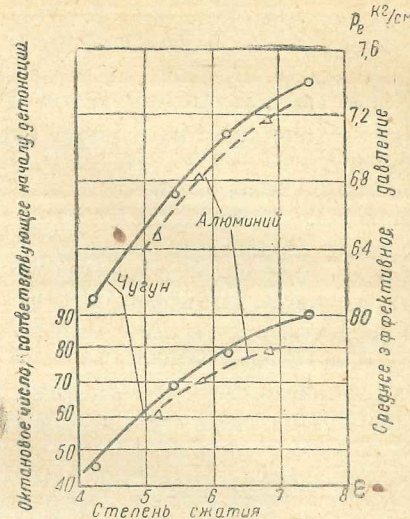


Фиг. 17. Внешние характеристики двигателя и кривые расхода топлива двигателя на генераторном газе при различных степенях сжатия (Кюне).

Опасность появления детонации увеличивается с повышением нагрева камеры сжатия, а температура стенок камеры меняется, как известно, в зависи-

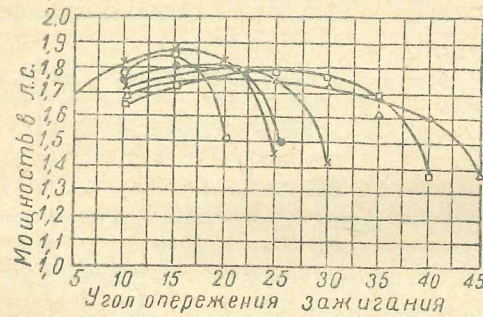


Фиг. 18. Характерные формы камер сжатия (Рикардо).

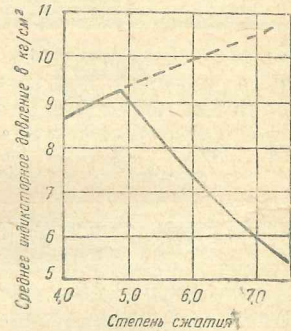


Фиг. 19. Влияние материала головки цилиндров на детонацию.

мости от материала головки. В качестве примера на фиг. 19* представлена связь степени сжатия для алюминиевой и чугунной головок с изменением сред-



Фиг. 20. Влияние опережения зажигания на мощность двигателя (Джеклин).



Фиг. 21. Изменение среднего индикаторного давления с повышением степени сжатия при условии отсутствия детонации (Рикардо).

него эффективного давления и октанового числа топлива, соответствующего началу детонационных стуков; из кривых явствует, что при любых степенях сжатия применение алюминиевой головки дает лучшие результаты.

* Журнал „Automotive Industries“, № 6, т. 71, 1934.

Момент зажигания рабочей смеси также влияет на возникновение детонации. На фиг. 20 показано изменение мощности опытного двигателя при изменении угла опережения зажигания для различных топлив по опытам Джеклина; по мере увеличения угла опережения зажигания мощность вначале растет, а затем начинает падать. Резкое падение мощности при ранних моментах зажигания связано, очевидно, с появлением детонации.

Влияние дросселирования двигателя на интенсивность детонации исследовано Рикардо; на фиг. 21 даны результаты его опытов. Сплошная линия до перегиба показывает увеличение среднего индикаторного давления в зависимости от степени сжатия двигателя на полном дросселе и при отсутствии детонации. При условиях опыта детонация началась при степени сжатия $\epsilon = 4,85$; начиная с этой точки (точка перегиба), двигатель дросселировался и детонация исчезала, но среднее индикаторное давление резко падало за счет уменьшения наполнения.

В практике эксплуатации газогенераторных машин и при испытаниях их двигателей в лабораторных условиях зафиксированы многочисленные случаи поломки поршней, разрушения шатунных подшипников и даже появления трещин в головках цилиндров; все это, как правило, результат детонации.

Успешная борьба с детонацией требует прежде всего твердого знания рассмотренных выше факторов, препятствующих возникновению этого явления. Работая с газогенераторными машинами и их двигателями, экспериментаторам необходимо в случаях применения бензина (при пуске, при перемещениях автомобиля в гараже) устанавливать позднее зажигание и предельно уменьшать наполнение двигателя посредством дросселирования; желательно иметь цилиндрические головки из сплава алюминия с наиболее выгодной конфигурацией камеры сжатия и с правильным расположением свечей.

При применении бензина в двигателях с повышенной степенью сжатия целесообразно пользоваться антидетонаторами, т. е. веществами, примесь которых к бензину понижает склонность последнего к детонации.

Антидетонаторы можно разделить на две группы: 1) вещества, стойкие в отношении детонации и являющиеся в то же время топливами для автотракторных двигателей, и 2) сильнодействующие вещества, не используемые как топлива и примешиваемые к бензину в весьма малых количествах.

Из веществ первой группы имеют применение спирт, толуол и бензол. На фиг. 22 дана зависимость допустимой степени сжатия в двигателе от примеси к бензину спирта (1), толуола (2) и бензола (3); по оси ординат отложены величины степени сжатия и повышение ее в процентах, а по оси абсцисс — объемные доли примешанных к бензину антидетонаторов в процентах.

Из второй группы антидетонаторов наиболее известны: 1) тетраэтиловый свинец — $Pb(C_2H_5)_4$, 2) карбонил железа — $Fe(CO)_5$ и 3) карбонил никеля $Ni(CO)_4$.

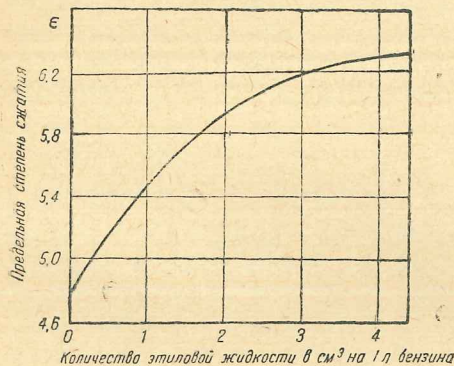
Большим распространением пользуется тетраэтиловый свинец. Если принять антидетонационный эффект тетраэтилового свинца за 100, то действие карбо-



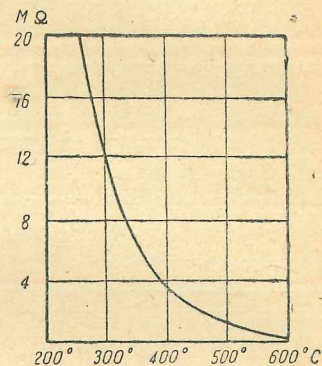
Фиг. 22. Допустимые степени сжатия в зависимости от примеси к бензину спирта (1) и бензола (3) (Каллендар).

нила железа равно 60, а карбонила никеля — 55. Так как один тетраэтиловый свинец дает налет окиси свинца на стенках камеры сжатия, то он часто применяется в смеси с бромистым этиленом; подобная смесь носит название этиловой жидкости. Фиг. 23 характеризует влияние примеси этиловой жидкости к бензину на стойкость последнего в отношении детонации.

Повышение степени сжатия связано также с ухудшением условий работы аппаратуры электрозажигания, в частности — свечей.

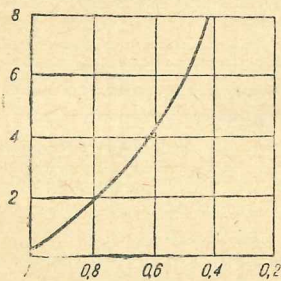


Фиг. 23. Влияние примеси этиловой жидкости на антидетонационные качества бензина.



Фиг. 24. Уменьшение омического сопротивления фарфора с повышением температуры.

В практике работы с двигателями на генераторном газе при повышенных степенях сжатия часто наблюдалось, что с переходом двигателя к большим нагрузкам имеют место выхлопы горящего газа в смеситель; двигатель при этом теряет мощность и иногда глохнет. Замечено также, что свечи, применяемые для двигателей тракторов СТЗ-60, выходят из строя всего лишь через 30—40 час. работы. Выхлопы горящего газа в смеситель объясняются почти исключительно термической перегрузкой свечей, а плохая работа с разрушением свечей на двигателях СТЗ-60 — термической их перегрузкой и высокими механическими напряжениями в моменты вспышек в цилиндрах.



Фиг. 25. Влияние давления на величину расстояния между электродами. По оси ординат — давление в кг/см², по оси абсцисс — зазор в мм.

Необходимо поэтому предъявлять повышенные требования к качеству свечей зажигания для двигателей с высокими степенями сжатия. Свечи во избежание их перекаливания следует избирать из серии так называемых „холодных“; особенно надежными должны быть изоляторы свечей. Фарфор — обычно применяемый материал для изоляторов свечей — желательно было бы заменить другим, более качественным материалом.

На фиг. 24 представлено падение диэлектрических свойств фарфора с повышением температуры, а в табл. 8 сопоставлены данные о механической прочности фарфора и других изоляционных материалов.

Наименование материала	Механическая прочность		Температура размягчения в °C
	на излом в кг/см²	на сжатие в кг/см²	
Фарфор	500—700	3000	1250
Силлиманит (кианит)	1200	6000	1350
Стеотит	950	4500	1200
Зинтер-корунд	1250	8000	1600

Перебой в работе двигателя с высокой степенью сжатия имеют место и вследствие проскакивания искры зажигания не между электродами, а по телу изолятора от центрального электрода к корпусу свечи. Первопричина этого явления — высокие давления сжатия в цилиндре; фиг. 25 показывает зависимость между давлением в среде, которую пробивает искра, и величиной искрового промежутка.

Так как чрезмерное уменьшение зазора между электродами свечей может повлечь за собою падение мощности двигателя, для двигателей с повышенными степенями сжатия целесообразно применять кроме специальных свечей и специальные, усиленные системы электрозажигания. По этому пути пошел автомобильный завод им. тов. Сталина, снабжающий свои газогенераторные автомобили двенадцативольтовой системой электрооборудования и магнето вместо более слабого батарейного зажигания.

Влияние сорта топлива на качество генераторного газа и мощность двигателей

При замере мощности, развиваемой двигателем на генераторном газе, при оценке устойчивости режима, приемистости и других факторов, характеризующих работу двигателя, может возникнуть вопрос о влиянии на замеряемые величины влажности топлива и размера его кусков.

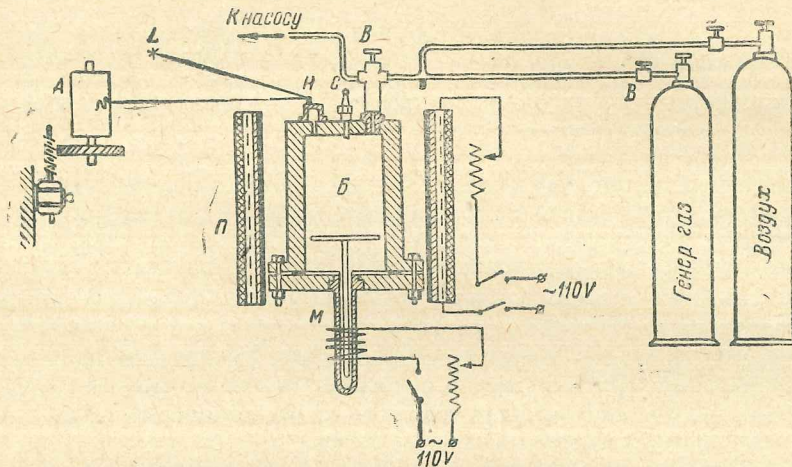
В первом приближении можно принять, что мощность, развиваемая двигателем, прямо пропорциональна теплотворной способности рабочей смеси. Однако состав генераторного газа, даже при одинаковых теплотворных способностях газа, влияет на протекание реакций в цилиндре двигателя, а следовательно, и на внешнее выражение этих реакций, хотя бы — на эффективную мощность.

С целью установить зависимость между составом генераторного газа и процессами, происходящими при сгорании, было произведено исследование газов во взрывной бомбе¹. На фиг. 26 дана схема испытательной установки со взрывной бомбой. Для измерения температур взрывной бомбы служила термopара, спай которой помещался в корпусе бомбы. Степень откачки газа из бомбы контролировалась ртутным манометром, а начальное давление (до запала) измерялось металлическим манометром. Для получения шкалы времени на фотопленке фиксировалась одновременно с регистрацией кривой давлений газа и линия колебаний камертона. Частота камертона — 147 периодов в секунду;

¹ Журнал „Мотор“, № 4, 1936 г., статья В. М. Володина.

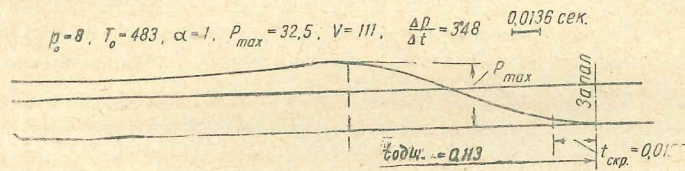
колебания возбуждались электромагнитом. Запал смеси производился через свечу с помощью индукционной катушки. В последовательном соединении со свечей имелся искровой промежуток, что давало возможность регистрировать момент запала на диаграмме давлений.

Смесь газов приготавливалась в особом баллоне, откуда перепускалась в бомбу до необходимого давления. В бомбе смесь перемешивалась электромагнитной



Фиг. 26. Установка для испытания генераторных газов во взрывной бомбе (ЛИИ).

мешалкой *M* и затем взрывалась. В момент взрыва работала фотоустановка; на фотопленке, находившейся на вращающемся барабане *A*, фиксировались кривая давления газа, кривая для отсчета времени, кривая колебаний камертона и момент подачи запальной искры.



Фиг. 27. Диаграмма, полученная с установки для испытания генераторных газов во взрывной бомбе.

В генераторном газе состава: CO_2 — 5%; CO — 27%; H_2 — 10%; CH_4 — 1%; O_2 — 0% и N_2 — остальное (по объему), изменялось содержание метана, водорода, окиси углерода и углекислоты. Кроме того внутри каждой группы опытов менялся коэффициент избытка воздуха и задавались различные давления, предшествующие подаче запальной искры. На фиг. 27 показан образец диаграммы, полученной на описанной установке; на диаграмме приняты следующие обозначения:

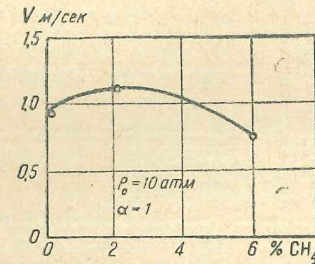
- P_0 — начальное давление смеси газов в бомбе в кг/см^2 ;
- T_0 — начальная температура смеси газов в бомбе в град. абс. шк.;
- P_{max} — максимальное давление взрыва смеси в кг/см^2 ;
- v — скорость горения смеси в см/сек ;

$\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — приращение давления по времени (определяется тангенсом угла между кривой давления и линией начального давления);

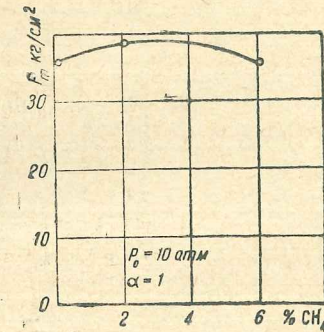
α — коэффициент избытка воздуха;

$t_{\text{скр}}$ — время от момента запала смеси до начала нарастания давления в сек.;

$t_{\text{общ}}$ — время от момента запала смеси до момента максимального давления в сек.

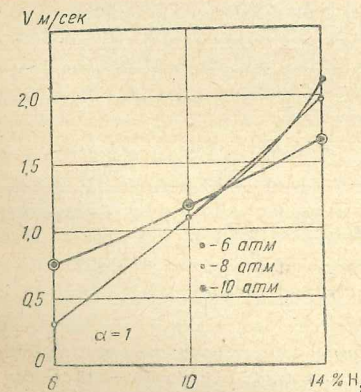


Фиг. 28. Влияние присадки CH_4 в генераторный газ на скорость горения при $\alpha = 1$ и начальном давлении в 10 кг/см^2 .

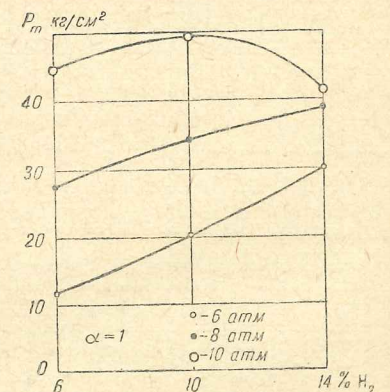


Фиг. 29. Влияние присадки CH_4 в генераторный газ на максимальное давление вспышки при $\alpha = 1$ и начальном давлении в 10 кг/см^2 .

Скорость горения определяли, исходя из условно принятого положения что к моменту максимального давления взрыва пламя доходило до дна бомбы



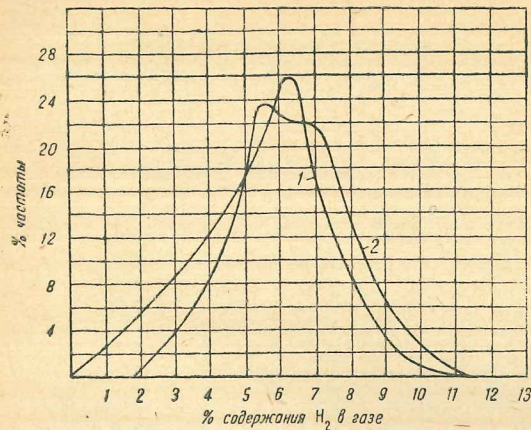
Фиг. 30. Влияние присадки H_2 в генераторный газ на скорость горения при $\alpha = 1$ и начальных давлениях 6, 8 и 10 кг/см^2 .



Фиг. 31. Влияние присадки H_2 в генераторный газ на максимальное давление вспышки при $\alpha = 1$ и начальных давлениях в 6, 8 и 10 кг/см^2 .

зная расстояние от точки запала до дна бомбы и время от момента запала до момента наибольшего давления, легко было подсчитать скорость.

На фиг. 28—31 видно влияние присадки CH_4 и H_2 на скорости горения и давления взрыва; отсюда следует предположить, что изменение состава газа, влияя на скорость горения и на давления, может существенным образом сказаться на работе двигателя.



Фиг. 32. Влияние влажности древесного угля на выход водорода. Опрокинутый процесс. 1 — влажность до 5%, 2 — влажность от 5 до 10% (ВНИДИ).

прибором Норзе. Несовершенство прибора Норзе и искажения в анализ лабораторными, в известной мере окупались количеством опытов — их было более 250.

Опыты проводились так: в газогенератор загружалось топливо (дрова, уголь) определенного размера и с определенной влажностью, отсасывающим вентилятором создавался постоянный режим, затем для какой-либо группы опытов замечалась частота повторения близких цифр содержания в газе водорода и метана; далее подсчитывалось общее число опытов и регистрировался закон частоты появления водорода или метана.

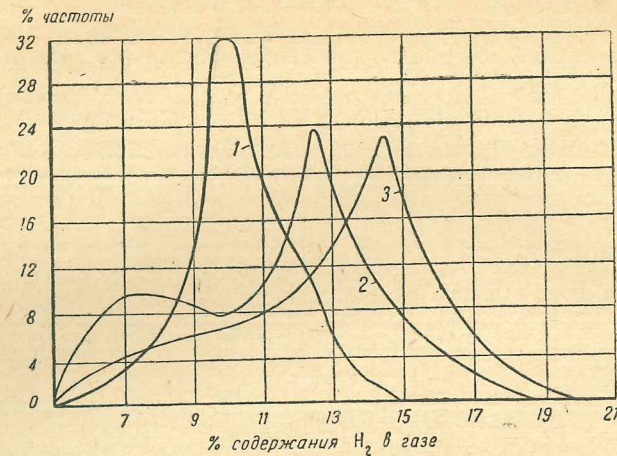
Графики на фиг. 32—35 построены для древесного угля и березовых дров с различной влажностью; по оси ординат этих диаграмм отложена частота появления того или иного процента, по оси абсцисс — проценты содержания H_2 и CH_4 в генераторном газе. Не анализируя причин, определяющих характер кривых на приведенных графиках, можно заметить следующее:

1) среднее содержание водорода в генераторном газе, полученном из березовых дров, почти вдвое превосходит содержание водорода в газе из угля;

¹ Б. Ф. Ребок. Исследование транспортных газогенераторов, ч. 2, Госэнергоиздат, 1932.

2) среднее содержание метана в обоих случаях примерно одинаково.

В одинаковом содержании метана в генераторном газе из дров и угля при одинаковых влажностях позволительно усомниться; здесь данные опытов не-



Фиг. 34. Влияние влажности березовых дров на выход водорода. Опрокинутый процесс. 1 — влажность выше 30%, 2 — влажность от 10 до 30%, 3 — влажность до 10% (ВНИДИ).

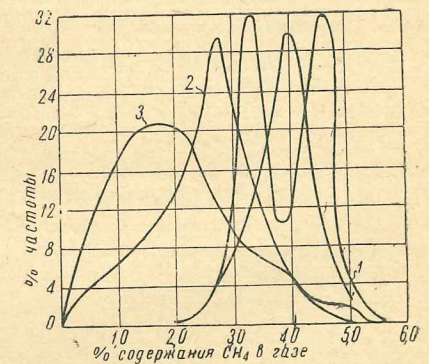
сколько неправдоподобны. Возможно, что при малых вообще количествах метана в газе неточности статистического метода проявились особенно выпукло.

Процессы, протекающие в газогенераторе, состоят в сложной зависимости с факторами времени, скорости, массы и температуры. Газификация твердых топлив заставляет изучать вопрос об относительной величине поверхности кусков топлива. Если, упрощая вопрос, считать куски топлива к угльми, то отношение объема V куска к его поверхности F выразится так (при радиусе $=r$):

$$\frac{V}{F} = \frac{r}{3} \quad \text{или} \quad F = \frac{3V}{r},$$

что указывает на относительно большую поверхность малых кусков. Это обстоятельство должно положительно отразиться на течении процессов газификации мелкого топлива: можно полагать, что работа газогенератора будет лучшей при мелком топливе, так как в этом случае возрастет поверхность топлива и, следовательно, увеличится поверхность контакта между веществами, вступающими в реакцию.

Проф. Н. С. Ветчинкин предложил в свое время заманчивую идею газогенератора, работающего на обугленной соломе, превращенной в пыль; в ино-



Фиг. 35. Влияние влажности березовых дров на выход метана. Опрокинутый процесс. 1 — влажность выше 30%, 2 — влажность от 10 до 30%, 3 — влажность до 10% (ВНИДИ).

странной литературе тоже указывается¹ на принципиальные преимущества применения пылевидного топлива для газогенераторов. Нигде однако эти мысли пока не реализованы, и для огромного большинства конструкций автотракторных газогенераторов применяется топливо с размером не менее 30—40 мм в поперечнике. Применение мелкого топлива осложняется столь сильным уплотнением его, что вследствие возрастающего сопротивления просасыванию газа падает наполнение двигателя и нарушается режим работы газогенератора.

Во Всесоюзном научно-исследовательском дизельном институте (ВНИДИ) были поставлены эксперименты по определению влияния размера твердого топлива на качество газогенераторного газа; заготовлено было топливо следующих размеров:

Дрова:	Древесный уголь:
большой размер . . . 80 × 80 × 80 мм	большой размер . . . 50 × 75 мм
средний размер . . . 50 × 50 × 80 "	малый размер . . . 17 × 50 "
малый размер . . . 25 × 25 × 80 "	

Влажность дров колебалась в пределах от 14 до 19%, а угля — от 3 до 5,5%.

При экспериментах применялся уже описанный статистический метод; на каждый испытуемый размер топлива пришлось от 25 до 50 анализов. Результаты опытов сведены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Объекты наблюдений	Д р о в а		
	большой размер	средний размер	малый размер
1. Окись углерода			
Содержание в %	14—15	13—14	18—19
Частота появления в %	25	30	18
Предельное содержание в %	18	17	21
2. Водород			
Содержание в %	13—14	13—14	14—15
Частота появления в %	20	25	18
Предельное содержание в %	17—18	17—18	20
3. Метан			
Содержание в %	2—2,5	2—2,5	2—2,5
Частота появления в %	30	44	20
Предельное содержание в %	5	4,5	6

Данные табл. 9 не устанавливают строгой определенности во влиянии размера кусков дров на процентное содержание компонентов генераторного газа; более явно влияние размера угля по данным табл. 10.

¹ Bleibtren. Kohlenstaubfeuerungen. I. Springer, Berlin 1922.

При опытах ВНИДИ определялась также зависимость теплотворной способности генераторного газа от размера кусков дров и угля; фиг. 36 и 37 показывают эту зависимость.

Таблица 10

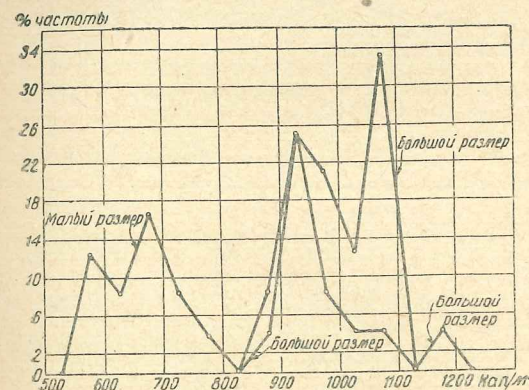
Объекты наблюдений	Древесный уголь	
	большой размер	малый размер
1. Окись углерода		
Содержание в %	24—25	21—22
Частота появления в %	21	21
Предельное содержание в %	26—27	25—26
2. Водород		
Содержание в %	8—9	5—6
Частота появления в %	33	22
Предельное содержание в %	11	10
3. Метан		
Содержание в %	0,5—1	1—1,5
Частота появления в %	38	33
Предельное содержание в %	2,5	3,5

Если в результате экспериментов ВНИДИ и нельзя вывести твердого закона, связывающего сорт топлива с качеством генераторного газа, то во всяком случае проявления этой связи налицо; в отношении, например, древесного угля совершенно очевидно улучшение состава газа и повышение его теплотворной способности с увеличением размера кусков угля от 17 × 50 до 50 × 75 мм.

О влиянии сорта топлива на отдачу газогенератора всегда следует помнить лицам, экспериментирующим с двигателями на генераторном газе, во избежание возможных ошибок при опытах.

Снимая, например, внешние характеристики двигателя на генераторном газе, можно получить отличные одну от другой кривые в зависимости от количества топлива в газогенераторе.

В самом деле, топливо, попадая в бункер газогенератора с той или иной влажностью, с течением времени отдает эту влагу и поступает в активную зону подсушенным; то же самое происходит с летучими составляющими топлива, количество которых уменьшается тем значительнее, чем дольше топливо находится в газогенераторе. На

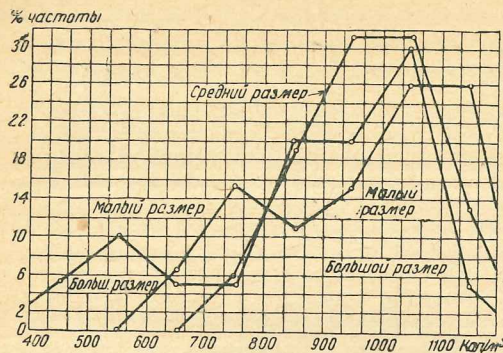


Фиг. 36. Влияние размеров кусков древесного угля на теплотворную способность газа (ВНИДИ).

фиг. 38 и 39 показана связь между продолжительностью пребывания топлива в бункере газогенератора (ось абсцисс) и изменением количества компонентов генераторного газа (ось ординат); здесь же дана теплотворная способность газа (опыты производились на различных установках).

Износ двигателей

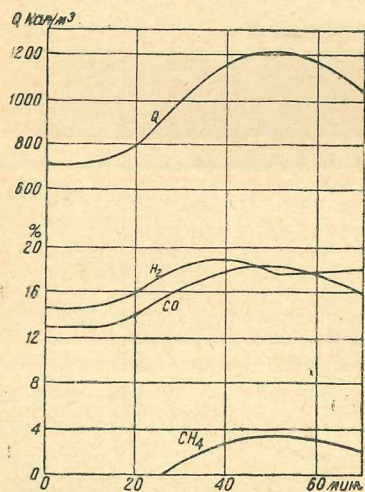
Опыт эксплуатации автомобилей и тракторов, снабженных газогенераторными установками, показывает, что двигатели этих машин теряют мощность и выходят из строя значительно раньше подобных им бензиновых двигателей. Причинами ускоренного износа двигателей являются:



Фиг. 37. Влияние размера кусков дров на теплотворную способность газа (ВНИДИ).

вспышки, объясняемые увеличением степени сжатия.

Перечисленные причины приводят к быстрому износу подшипников двигателя цилиндров, поршневых колец и других деталей



Фиг. 38. Изменение объемного состава генераторного газа по времени.

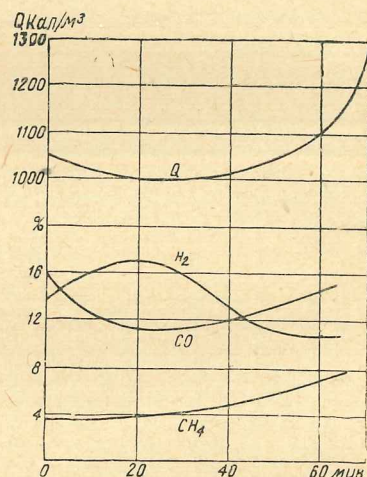
Засоренность генераторного газа вызывает износ в первую очередь поршневых колец. С износом и понижением упругости поршневых колец увеличивается прорыв газов в картер двигателя, повышается расход топлива и смазочного масла и, главное, ухудшаются условия смазки двигателя; масло при нагревании разжижается и теряет большую часть своей смазывающей способности. Естественно, что наряду с износом колец наблюдается и падение мощности двигателя.

1) износ деталей вследствие засоренности генераторного газа механическими примесями;

2) форсирование двигателей по оборотам для съема с них требуемой мощности;

3) детонация, как следствие работы на бензине при высокой степени сжатия;

4) увеличенные давления

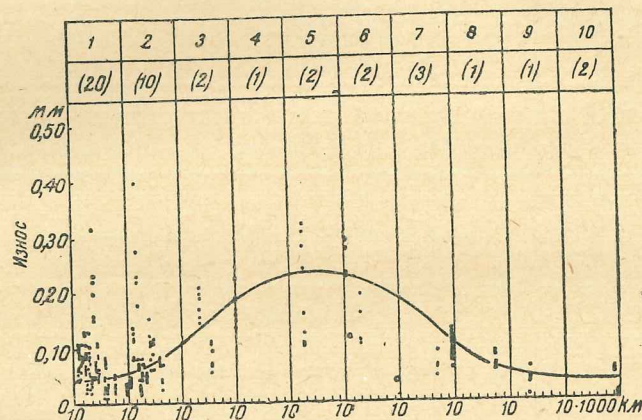


Фиг. 39. Изменение объемного состава генераторного газа по времени.

Существует взгляд, будто бы мелкая древесноугольная пыль, увлекаемая потоком газа из газогенератора, обладает смазочной способностью, как графит; разделять такой взгляд не следует, так как вещества эти существенно различаются по своей структуре.

Загрязнение масла двигателя, работающего на генераторном газе, связано прежде всего с качеством применяемого топлива — его составом, твердостью, сопротивляемостью истиранию, количеством мелочи и пыли в нем; затем идут: качество работы очистительных агрегатов установки, способ (место) отбора газа из газогенератора, скорости газового потока и совершенство работы газогенератора.

Проф. А. Рейнш опубликовал¹ представляющие большой интерес материалы о работе очистительных агрегатов и об износе двигателей, на которых



Фиг. 40. Износ цилиндров двигателей автомобилей за пробег от 10 000 до 17 000 км при различных топливах. Цифры, взятые в скобки, указывают число автомобилей. Каждое деление в графах по оси абсцисс соответствует 1000 км пробега. Цифры без скобок обозначают: 1 — дрова; 2 — древесный уголь; 3 — антрацит; 4 — швелькок бурого угля; 5 — швелькок каменного угля; 6 — торфяной кокс; 7 — дизельное топливо из бурого угля; 8 — метанол; 9 — брикеты бурого угля; 10 — сжатый газ.

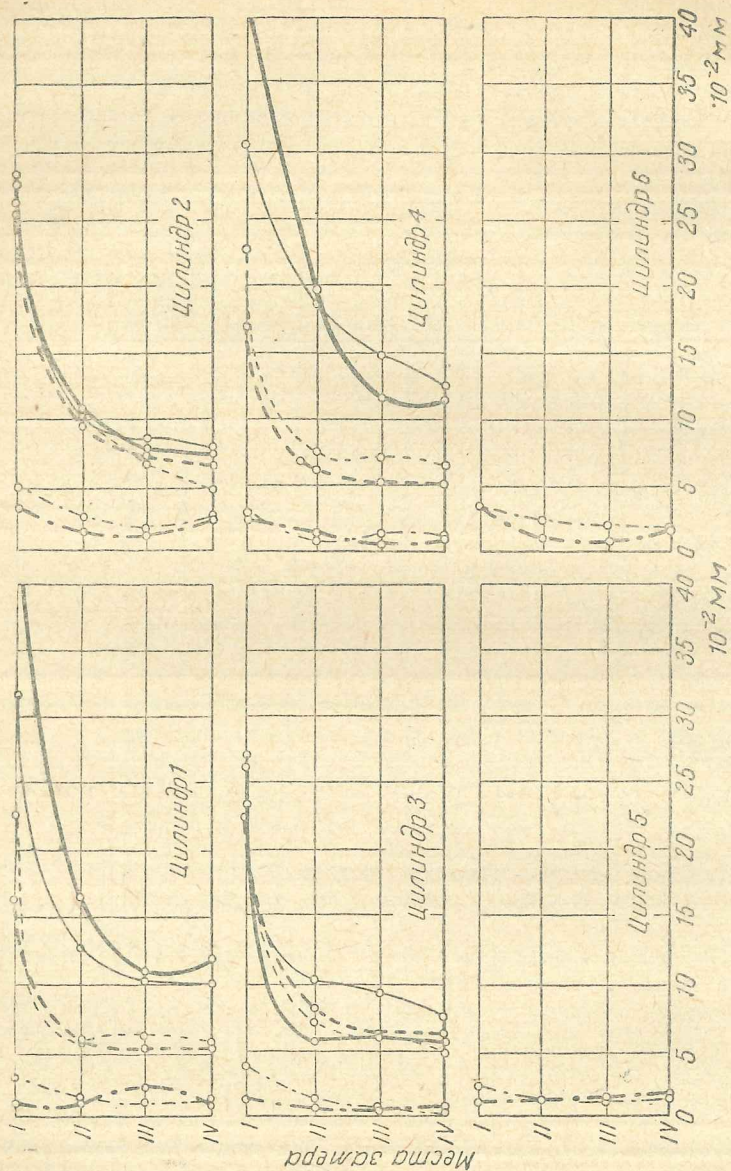
применялись различные топлива; материалы эти получены в результате большого пробега автомобилей на суррогатных топливах.

Все автомобили, участвовавшие в пробеге, были подвергнуты тщательному наблюдению специально для оценки эффективности действия их газоочистительных устройств. По всем двигателям были произведены точные замеры цилиндров до и после пробега; замеры производились в каждом цилиндре в поперечном и продольном направлениях, в четырех местах по высоте.

На фиг. 40 показаны износы цилиндров в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала; для каждого автомобиля нанесены четыре или шесть точек замеров в соответствии с числом цилиндров его двигателя. На диаграммах проведены линии средних значений износов. Любопытно, что если не считать царапин, имевших место при работе на дровах и древесном угле, то

¹ Журнал V. D. I. № 52, 1935.

износ цилиндров двигателей, работавших на этих топливах, почти равен износу цилиндров при работе на сжатом газе; этот результат заслуживает внимания и позволяет сделать предположение, что износ цилиндров объясняется



Фиг. 41. Износ цилиндров двигателей при работе на различных топливах: на швелькоксе (сплошные линии), торфяном коксе (пунктир) и дровах (пунктир с точками). Жирные линии относятся к замерам износов в направлении вдоль оси вала, тонкие линии — к замерам в перпендикулярном направлении.

не только содержанием угольной пыли в рабочей смеси, но и физико-химическими свойствами топлива. На фиг. 41 изображены кривые износа цилиндров в двух направлениях при работе двигателей на дровах, торфяном коксе и швелькоксе каменного угля.

В табл. 11 приведены результаты анализа масла, взятого из двигателя автомобиля Прага, работавшего на дровяном газе; недостаток этого анализа — отсутствие указаний на суммарное количество механических примесей, несомненно характеризующее систему очистки и вероятность повышенного износа двигателя.

Судя по состоянию масла после пробега в 700 км, оно могло служить еще достаточно долго; в действительности же, при наличии значительного количества механических примесей в масле, положение бывает иным. Исходя из

неоднократно подтвержденных практических данных, можно считать, что износ двигателя принимает угрожающие размеры, если смена масла в картере двигателя производится реже, чем через 500–700 км пробега автомобиля.

Влияние очистки газа на износ двигателя может быть надежно изучено только путем микрометража его трущихся деталей до и после длительной работы на генераторном газе. Об износах двигателей можно было бы судить по анализам масла с последующим сравнением данных анализа с соответственными свойствами масла, полученного из подобного же двигателя, работающего на бензине; однако такой способ не имеет достаточно разработанной методики и нуждается в накоплении большого материала, характеризующего связь между состоянием масла и износами двигателя.

ГЛАВА II

ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

Характеристика испытаний

Испытания автотракторных двигателей с газогенераторными установками могут иметь своей целью: 1) определение величин, характеризующих внешнюю работу двигателей, 2) выявление экономичности двигателей и 3) исследования со специальными заданиями.

Наличие газогенераторной установки придает испытаниям двигателей специфический характер. При работе на генераторном газе появляется ряд новых факторов, определяющих поведение двигателя; исследование этих факторов и есть задача экспериментатора.

Отдача автомобиля или трактора зависит от работы установленного на них двигателя, а поведение последнего является здесь следствием более или менее удачного подбора к нему газогенераторной установки, функционирования газогенератора, охладителей, очистителей, смесителя и других агрегатов

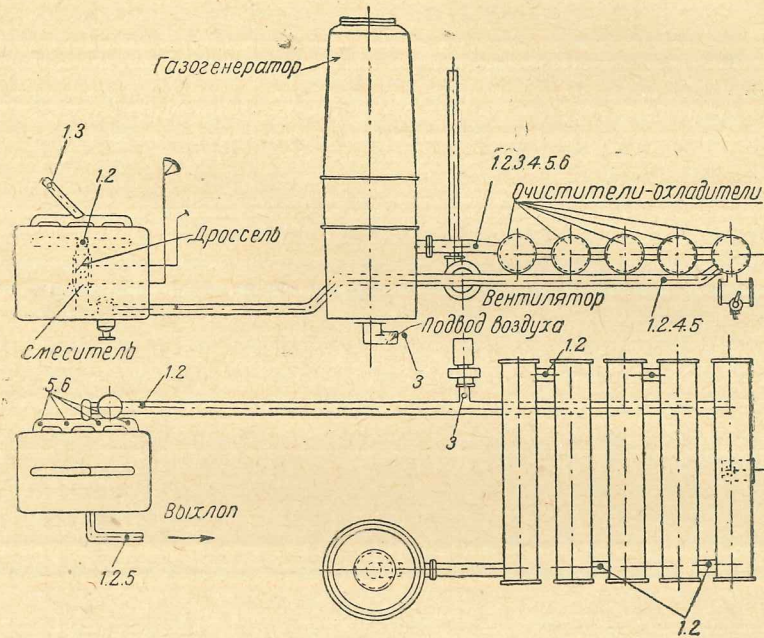
* Табл. 11 взята из отчета НАТИ по испытанию газогенераторного автомобиля Прага.

Таблица 11*

Характеристика масла	Пробег автомобиля в км			
	160	300	500	700
Удельный вес	0,920	0,921	0,922	0,922
Вязкость по Энглеру при 50° С	9,90	9,92	9,94	9,96
Смолистость в %	7,0	7,4	8,0	8,5
Кислотность в мг КОН	0,10	0,12	0,13	0,15
Кокс в %	0,46	0,63	0,81	0,90

газогенераторной системы. Оценка действия этой системы основывается на данных, получаемых путем замера различных физико-химических величин в отдельных точках установки. При производстве различного рода испытаний двигателей с газогенераторными установками часто имеют место одни и те же замеры, что придает им характер типовых.

На фиг. 42 представлена схема транспортной газогенераторной установки Менк. По схеме расставлены точки с указанными около них цифрами; каждая цифра означает тот или иной замер, описанный ниже.

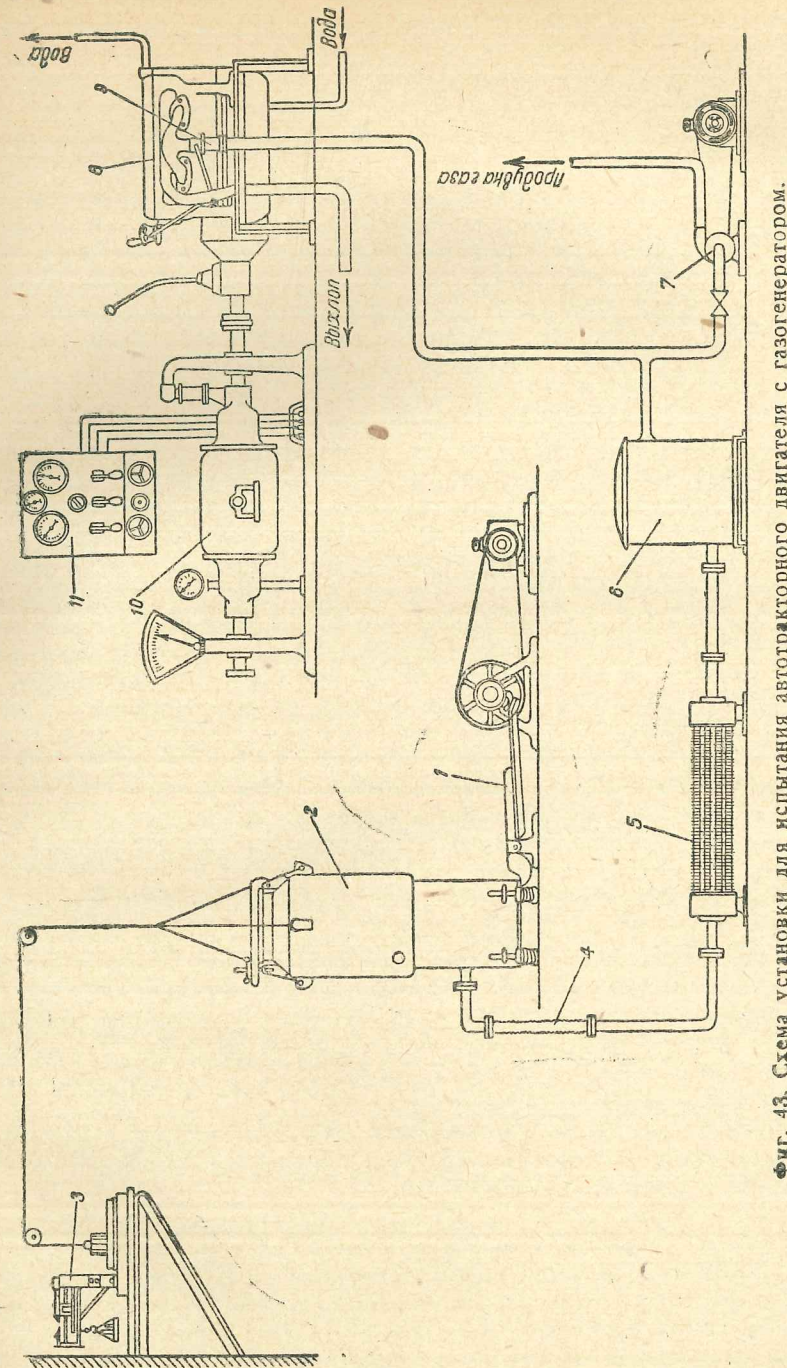


Фиг. 42. Схема газогенераторной установки Менк с указанием точек производства различных замеров.

В точках 1 производится определение температур с помощью ртутных термометров, аэротермометров, термометров сопротивления и термопар. Температура газа при выходе из газогенератора характеризует протекание процесса газификации; замер температур по пути следования газа от газогенератора до двигателя позволяет оценить работу охлаждающих устройств и влияние температуры рабочей смеси на мощность, развиваемую двигателем; температура выхлопного газа дает количество уносимой физической теплоты и наконец, температура охлаждающей воды позволяет судить о тепловом режиме двигателя и дает количество теплоты, уходящей в охлаждающую воду.

В точках 2 замеряются разрежения посредством металлических, ртутных водяных и спиртовых вакуумметров. Величина разрежения характеризует сопротивление на отдельных участках всасывающей системы, дает возможность определить нарастание этих сопротивлений в зависимости от режима двигателя, длительности работы, сорта топлива и других факторов.

Замер количества газов производится в точках 3, обычно с помощью дроссельных приборов. Заключение о некоторых свойствах газогенератора



Фиг. 43. Схема установки для испытания автотракторного двигателя с газогенератором.

можно дать, лишь зная количества подводимого в газогенератор воздуха и отводимого из него генераторного газа.

В точках 4 определяется засоренность газа, хотя бы способом, описанным ниже в соответствующем разделе. Имея цифры содержания в генераторном газе пыли, смолы и влаги для сечения трубопровода, находящегося перед очистителем, а также для сечения за очистителем, оценивают эффективность очистителей.

Анализы газов (отбор проб в точках 5), производимые с помощью аппаратов Орса-Лунге или Норзе, экспериментатору необходимы для оценки качества генераторного газа и степени совершенства работы газогенератора. По анализам газозооной смеси в различных точках всасывающего трубопровода судят об однородности состава рабочей смеси, а следовательно, о качестве работы смесителя газа. Анализы генераторного и выхлопного газов необходимы для определения коэффициента избытка воздуха.

В точках 6 отбираются пробы генераторного газа в газозооной смеси для непосредственного определения их теплотворных способностей при помощи калориметра Юнкерса. Проверка теплотворной способности газа в приборе Юнкерса — весьма желательная операция во всех случаях.

В соответствии с поставленными задачами при испытаниях двигателей с газогенераторными установками производятся определения всех или нескольких из нижеследующих величин и факторов: 1) число оборотов двигателя; 2) эффективная мощность двигателя; 3) индикаторная мощность двигателя; 4) приемистость двигателя; 5) влияние сорта топлива на мощность двигателя и равномерность его работы; 6) расход топлива двигателем; 7) расход масла двигателем; 8) расход и температура охлаждающей воды; 9) температура выхлопного газа; 10) выход генераторного газа из газогенератора; 11) расход воздуха в газогенератор и в смеситель; 12) состав генераторного и выхлопного газов; 13) температуры в различных точках газогенераторной установки; 14) разрежения в различных точках газогенераторной установки; 15) длительность розжига газогенератора и пуска двигателя; 16) степень очистки газа от пыли и смолы (засоренность газа); 17) теплотворная способность генераторного газа.

Схема лабораторной установки для испытания двигателей на генераторном газе дана на фиг. 43. В установку входят: 1 — приспособление для постоянной тряски газогенератора при испытании; 2 — газогенератор; 3 — весы для взвешивания расходуемого топлива; 4 — гибкий шланг, соединяющий газогенератор с охладителем; 5 — охладитель; 6 — очиститель; 7 — вентилятор для отсоса газа при розжиге газогенератора; 8 — испытуемый двигатель; 9 — смеситель газа; 10 — электрический динамометр, работающий в качестве нагрузочного агрегата и 11 — распределительный щит.

Устройство для тряски газогенератора введено в установку, чтобы создать при эксперименте условия, напоминающие условия нормальной работы газогенератора на автомобиле или тракторе.

Приспособление состоит из рычага, качающегося на оси, причем один конец рычага упирается в днище газогенератора, а по другому — скользит шайба, снабженная выступом; шайба приводится во вращение от электромотора. Во избежание резких ударов газогенератор монтирован на нескольких пружинах, амортизирующих толчки при опускании. Гибкий шланг 4, соединяющий неподвижный охладитель с подвижным газогенератором, позволяет производить взвешивание газогенератора при помощи весов, расположенных

на кронштейне. Во время работы встряхивающего приспособления трос, соединяющий газогенератор с грузом, отнимается.

Подготовка к испытаниям

Подготовка двигателя к испытаниям на генераторном газе, так же как и к испытанию на бензине, начинается с установления его общей исправности.

Если двигатель работал на стенде или находился в нормальной эксплуатации, то надо убедиться в том, что его износ не вышел из допустимых пределов. Новый двигатель, прошедший только заводскую обкатку, перед проведением испытаний прирабатывают до момента, когда перегиб внешней характеристики дает значения не ниже номинальной заводской мощности.

Для суждения об отдаче двигателя, работающего на генераторном газе, желательно вначале снять характеристику этого двигателя при работе его на бензине, с указанием на регулировку карбюратора и на прочие условия опыта (здесь, понятно, имеется в виду испытание двигателей, построенных для работы на бензине и переводимых на питание генераторным газом).

Особое внимание надлежит уделить смене масла в картере двигателя. При оценке работы газогенераторной установки в комплекте с двигателем, наряду с замерами, для которых становится опыт, обычно проверяют качество работы очистительных агрегатов установки; загрязненность масла, находящегося в картере, после нескольких часов работы двигателя на газе может в известной мере характеризовать работу грубых очистителей и фильтров. Необходимо очистить от отложений всасывающий коллектор двигателя, степень загрязненности которого также говорит о качестве очистки поступающего в двигатель газа.

Если на двигатель монтируется головка блока с повышенной степенью сжатия, то при невнимательной ее постановке медноасбестовая прокладка, находящаяся между головкой и блоком, при работе двигателя будет вскоре пробита. Дело в том, что увеличение степени сжатия, необходимое для частичного восстановления мощности, теряемой с переходом на генераторный газ, приводит к увеличению p_z — давления вспышки. Учитывая возможность детонации при пуске двигателя с повышенной степенью сжатия на бензине, можно ожидать весьма больших мгновенных давлений газа в цилиндре. Так как жесткость головки оказывается недостаточной, а применяемые медноасбестовые прокладки не всегда бывают высококачественными, то прокладку часто пробивает в первые же минуты работы.

Для увеличения удельного давления на прокладку ее рекомендуется подрезать, но с таким расчетом, чтобы газ и вода не пропускались; при равномерной тщательной затяжке шпилек блока двигателя и подрезке прокладки удается работать даже на высоких степенях сжатия, почти не имея случаев пробивания прокладки.

Крайне важно, чтобы во всей газогенераторной установке не было подсосов воздуха. Если наличие подсосов воздуха в местах сравнительно холодного газа (например, в фильтре) ведет к обеднению газа, то подсосы в нижней части газогенератора или в первых секциях охладителей могут привести к горению генераторного газа; в последнем случае возможно столь сильное ухудшение качества газа, что двигатель будет давать незначительную мощность или вообще остановится.

Проверка герметичности может быть произведена наполнением водой всей газогенераторной установки или следующим образом: после интенсивного

отсасывания газа из хорошо разожженного газогенератора следует прекратить отбор газа и закрыть все отверстия, через которые газ мог бы выходить из системы; в газогенераторе создается тогда некоторое противодавление, вследствие чего газ будет выходить из всех неплотных соединений. Обнаружив неплотности, необходимо сразу же их устранить.

На двигатель и газогенераторную установку, подготовленные к испытаниям, составляются спецификационные данные по следующим формам.

Данные двигателя:

1) Марка; 2) тип и номер; 3) число цилиндров и их расположение; 4) диаметр цилиндра; 5) ход поршня; 6) эффективная мощность; соответственные обороты; 7) максимальный крутящий момент; соответственные обороты; 8) литраж; 9) литровая мощность; 10) степень сжатия; 11) форма камеры сгорания; 12) тип отливки блока; 13) материал блока; 14) материал головки блока; 15) материал поршней; 16) число поршневых колец, компрессионных и маслених; 17) способ крепления поршневого пальца; 18) форма шатунов; 19) расположение клапанов; 20) зазоры клапанов; 21) расположение и привод кулачкового вала; 22) дезаксиальность коленчатого вала; 23) углы расположения колен коленчатого вала; 24) число опор коленчатого вала; 25) тип смесителя газа; 26) тип карбюратора; 27) емкость пускового бачка; 28) наличие регулятора; 29) система зажигания; 30) число свечей на один цилиндр и их тип; 31) порядок зажигания; 32) система зажигания; 33) поверхность охлаждения радиатора; 34) емкость водяной системы; 35) тип водяной помпы; 36) система смазки; 37) емкость масляной системы; 38) подвеска двигателя; 39) вес двигателя.

Данные газогенераторной установки:

1) Марка; 2) тип и номер; 3) вес всей установки без топлива; 4) вес газогенератора; 5) вес охладителя; 6) вес очистителя; 7) вес остальных агрегатов (перечислить, каких); 8) вес установки на 1 л. с. мощности двигателя; 9) вид, размеры и влажность топлива (рекомендуемые); 10) процесс газификации; 11) высота и наибольший диаметр газогенератора; 12) форма топливника; 13) род футеровки; 14) высота топливника до места подвода воздуха; 15) высота зольника; 16) объем топливника; 17) сечение топливника в месте подвода воздуха; 18) тип колосниковой решетки; 19) напряженность горения (предварительные данные); 20) объем бункера; 21) форма бункера; 22) вес загруженного топлива; 23) способ подвода воздуха в газогенератор; 24) место подвода воздуха в газогенератор и характеристика фурм; 25) сечение фурм; 26) место отбора генераторного газа; 27) наличие приспособления для отбора конденсата; 28) площадь загрузочного люка; 29) способ розжига газогенератора; 30) тип факела; 31) наличие вентилятора и его тип; 32) производительность вентилятора; 33) тип привода вентилятора; 34) мощность, потребляемая вентилятором; 35) характеристика крепежных устройств установки; 36) тип охладителя; 37) поверхность охладителя; 38) емкость охладителя; 39) вес охладителя; 40) тип грубого очистителя; 41) вес грубого очистителя; 42) тип фильтра; 43) вес фильтра; 44) емкость очистителя и фильтра; 45) материалы: а) топливника, б) фурм, в) бункера, г) тепловой изоляции, д) охладителя, е) грубого очистителя и ж) фильтра. 46) наличие гибких шлангов (с указанием их типа и месторасположения).

Определение мощности и приемистости двигателей

Эффективная мощность, или мощность, снимаемая с вала двигателя, определяется посредством различных тормозных устройств. При испытаниях автотракторных двигателей широким распространением пользуются электрические тормозы типа балансирных динамомашин (динамометры), гидравлические тормозы типа Фруда и Юнкера и механические тормозы Прони.

Вне зависимости от способа передачи окружных усилий от детали тормоза, связанной с коленчатым валом двигателя, на статорную часть тормоза (имеются в виду качающиеся статоры балансирной динамомашин, гидравлических тормозов или рычаг тормоза Прони) замеряется тормозный момент путем перемножения веса груза, приложенного к плечу качающейся части тормоза, на длину этого плеча. При известном числе оборотов коленчатого вала эффективная мощность двигателя подсчитывается по следующей формуле:

$$N_e = \frac{M \cdot n}{716,2} = \frac{P \cdot l \cdot n}{716,2} \text{ л. с.}, \quad (8)$$

где:

N_e — эффективная мощность в л. с.;

M — крутящий момент в кг;

P — вес груза в кг;

l — длина плеча тормоза в м;

n — число оборотов в минуту.

Большинство тормозных устройств изготавливается с плечом l , равным 0,7162 м; в этом случае формула (8) принимает вид:

$$N_e = \frac{0,7162 \cdot P \cdot n}{716,2} = \frac{P \cdot n}{1000} \text{ л. с.} \quad (8')$$

Таким образом, для определения эффективной мощности на тормозе, плечо которого равно 0,7162 м, достаточно умножить вес уравновешивающего груза в килограммах на число оборотов коленчатого вала в минуту и разделить на 1000.

Величина эффективной мощности колеблется, как известно, в зависимости от давления и температуры окружающей среды; поэтому принято приводить полученную мощность к нормальным атмосферным условиям, т. е. к давлению в 760 мм рт. ст. и температуре в 15° С.

Стандартная формула приведения мощности для автомобильных двигателей (с предположением, что механический к. п. д. их равен 0,85) имеет следующий вид:

$$N_{eo} = N_{en} \cdot \frac{1}{\frac{1}{0,85} \cdot \frac{P_n}{760} \sqrt{\frac{288}{T_n} - \frac{1}{0,85}} + 1} \text{ л. с.}, \quad (9)$$

где:

N_{eo} — приведенная эффективная мощность в л. с.;

N_{en} — полученная эффективная мощность в л. с.;

P_n — давление окружающей среды при испытаниях в мм рт. ст.;

T_n — температура окружающей среды в градусах абс. шк.

В практике испытаний двигателей часто пользуются упрощенной формулой другого вида; формула эта такова:

$$N_{eo} = N_{en} \cdot \frac{760}{P_n} \sqrt{\frac{T_n}{288}} \text{ л. с.} \quad (10)$$

Исходя из полученной эффективной мощности двигателя, можно определить среднее эффективное давление, пользуясь (для четырехтактных двигателей) формулой:

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n}{900} \text{ л. с.} \quad (11)$$

откуда

$$p_e = 900 \cdot \frac{N_e}{V_h \cdot n} \text{ кг/см}^2, \quad (12)$$

здесь:

p_e — среднее эффективное давление в кг/см^2 ,
 V_h — рабочий объем цилиндров в л.

Если в качестве тормоза применяется динамомашинка, то, используя ее как электромотор, можно измерить механические потери в двигателе. Допустим, что для данного числа оборотов мощность трения оказалась равной N_r ; тогда по выражению, аналогичному формуле для определения среднего эффективного давления, найдем среднее давление трения p_r :

$$p_r = \frac{900 \cdot N_r}{V_h \cdot n} \text{ кг/см}^2. \quad (12')$$

Как известно, индикаторная мощность равна сумме мощностей эффективной и трения:

$$N_i = N_e + N_r \text{ л. с.}$$

Среднее индикаторное давление соответственно будет:

$$p_i = p_e + p_r \text{ кг/см}^2,$$

а механический к. п. д. по формуле (7):

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_e}{N_e + N_r}.$$

Кроме данного способа нахождения индикаторной мощности, она может определяться путем индицирования двигателя — снятия индикаторных диаграмм и последующей обработки их.

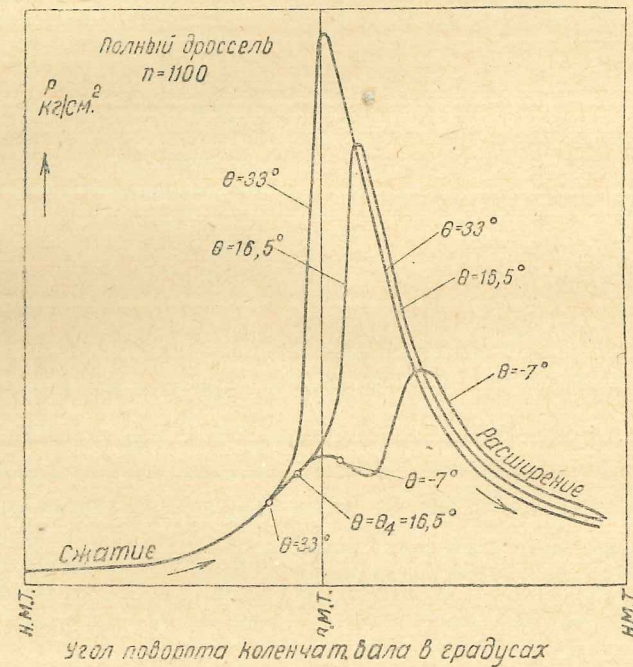
По индикаторным диаграммам можно найти показатели политроп линий сжатия и расширения, проверить наполнение двигателя, установить величину нарастания давления и давления в различных точках цикла, определить наимыгоднейший момент зажигания и выявить ряд иных факторов.

На фиг. 44 и 45 показаны индикаторные диаграммы, снятые индикатором Фарнборо с двигателя „Геркулес WXB“; эти диаграммы дают представление о влиянии момента зажигания рабочей смеси на величину давления вспышки и на индикаторную мощность двигателя.

Развертка индикаторной диаграммы по углу поворота коленчатого вала (фиг. 44) удобна для оценки жесткости работы двигателя (приращения давления за время поворота коленчатого вала на один градус $\frac{dp}{d\alpha}$).

Индикаторной мощностью называется мощность, развиваемая газами в цилиндре двигателя; индикаторная мощность пропорциональна площади индикаторной диаграммы и подсчитывается после планиметрирования этой площади.

Размеры площади индикаторной диаграммы зависят от масштаба примененной пружины и длины диаграммы. Чтобы определить среднее индикатор-



Фиг. 44. Развернутые индикаторные диаграммы двигателя „Геркулес WXB“, снятые индикатором Фарнборо при различных углах опережения зажигания (НАТИ).

ное давление, от которого можно перейти к индикаторной мощности, пользуются формулой

$$p_i = \frac{F}{S \cdot \mu} \text{ кг/см}^2, \quad (13)$$

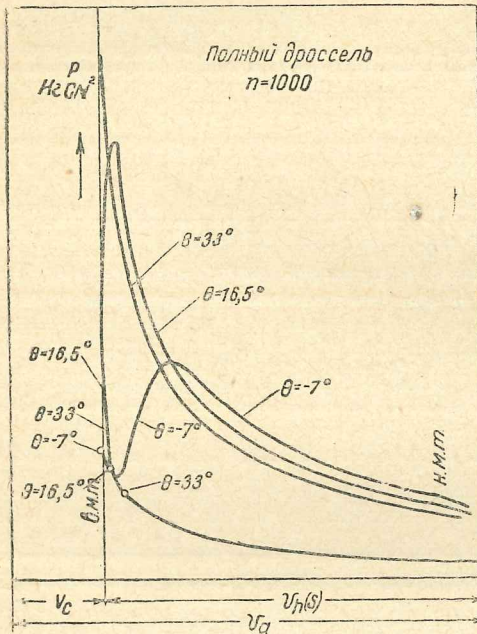
где:

F — площадь индикаторной диаграммы в мм^2 ;
 S — длина индикаторной диаграммы в мм ;
 μ — масштаб пружины, показывающий давление газа в цилиндре двигателя в кг/см^2 , соответствующее 1 мм высоты диаграммы.

Индикаторная мощность вычисляется по формуле:

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot n}{900} \text{ л. с.} \quad (11')$$

При точном вычислении среднего индикаторного давления следует вычитать из площади положительной работы на диаграмме площадь отрицательной работы; последняя заключена между линиями всасывания, выталкивания и начала сжатия.



Фиг. 45. Индикаторные диаграммы двигателя Геркулес WXB для различных углов опережения зажигания, построенные по ходу поршня (НАТИ).

Приемистость двигателя характеризуется его способностью достигать определенного числа оборотов за тот или иной промежуток времени (при данной нагрузке); если двигатель нагрузить постоянным тормозным моментом, то время, за которое двигатель примет установленное число оборотов, и будет мерилем его приемистости. Совершенно очевидно, что чем быстрее совершается этот разгон, тем выше динамические качества автомобиля.

Для карбюраторных двигателей приемистость при прочих равных условиях определяется регулировкой карбюратора, т. е. качеством смесеобразования более или менее удовлетворяющим резким изменениям режима работы двигателя; при питании двигателей генераторным газом приемистость их зависит прежде всего от качества работы газогенераторной установки (не только самого газогенератора).

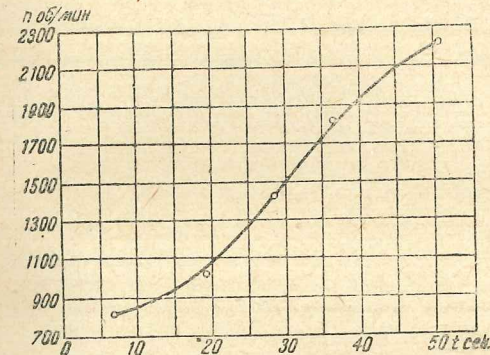
Известно, что двигатели, питаемые генераторным газом от газогенераторных установок, обладают меньшей приемистостью, чем бензиновые двигатели,

¹ Журнал А. Т. З. № 15, 1935.

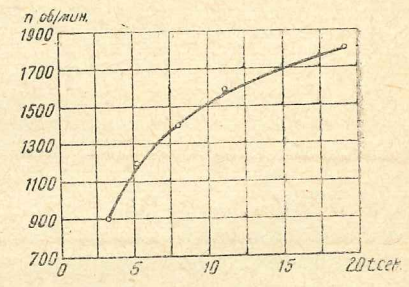
даже при равных мощностях. Здесь сказывается то обстоятельство, что современные газогенераторы (одни в большей степени, другие в меньшей) плохо приспособлены к резким изменениям режима работы двигателей. При разгоне двигателя потребление им генераторного газа быстро возрастает в несколько раз, а для того чтобы процесс газификации в генераторе соответственно развился, требуется определенное время.

Положение улучшается, если в составе газогенераторной установки есть специальный газгольдер, или если охлаждающе-очистительные агрегаты установки сильно развиты по объемам; тогда при резком открытии дроссельной заслонки смесителя готовый генераторный газ, находящийся в системе, идет на питание двигателя, а тем временем в газогенераторе развивается процесс газификации.

Простые способы определения приемистости двигателей, питаемых генераторным газом, а также характерные особенности соответственных опытов видны на примере двух испытаний, кратко описываемых ниже.



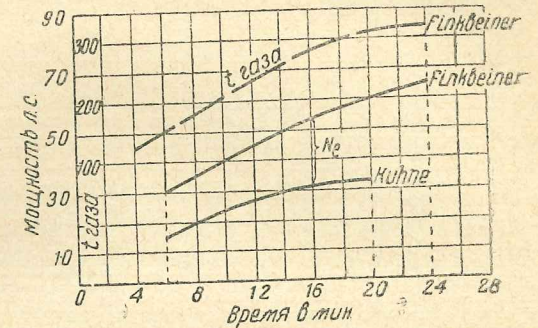
Фиг. 47. Приращение числа оборотов двигателя ГАЗ по времени при работе на древесноугольном газе и постепенном открытии дроссельной заслонки. Тормозный момент — 9,3 кгм (ЛИИ).



Фиг. 48. Приращение числа оборотов двигателя ГАЗ по времени при работе на древесноугольном газе и постепенном открытии дроссельной заслонки. Тормозный момент — 5,74 кгм (ЛИИ).

Небольшие испытания на определение приемистости двигателя ГАЗ, работающего на древесноугольном генераторном газе, были проведены автором в Ленинградском индустриальном институте (ЛИИ); двигатель имел степень сжатия 7,6 и тормозился электрическим динамометром.

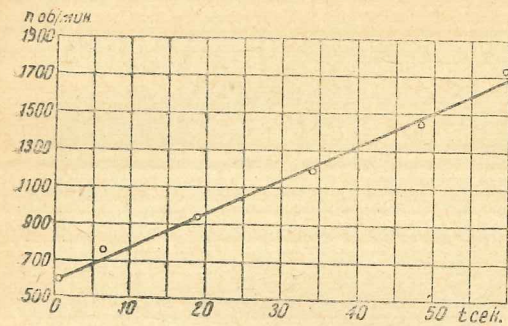
Двигатель, питаемый газом из хорошо разожженного газогенератора, нагружался так, что нагрузка росла только с увеличением оборотов, т. е.



Фиг. 46. Нарастание мощности двигателя и температуры газа при розжиге газогенератора (Финкбайнер и Кюне).



посредством электродинамометра задавался постоянный тормозный момент. При произвольном открытии дроссельной заслонки смесителя газа секундомером измеряли время между моментом открытия дросселя и моментом конца нарастания оборотов коленчатого вала двигателя, о чем судили по движению

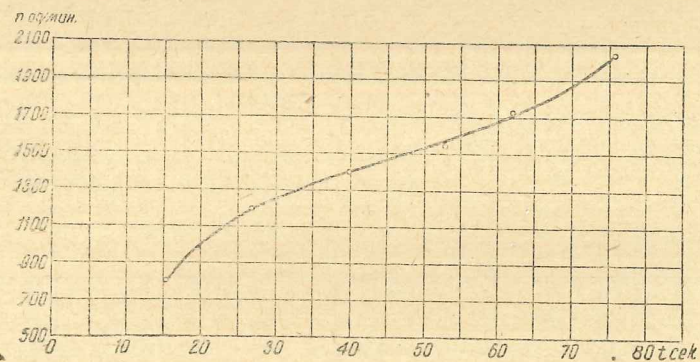


Фиг. 49. Приращение числа оборотов двигателя ГАЗ по времени при работе на древесно-угольном газе и резком открытии дроссельной заслонки. Тормозный момент—9,2 кгм (ЛИИ).

стрелки тахометра; эту процедуру повторяли несколько раз, постепенно доводя обороты двигателя до максимальных. Подобным же образом были произведены опыты с резким полным открытием дросселя. При разгоне двигателя фиксировалось по секундомеру время достижения двигателем промежуточных чисел оборотов (1000, 1300, 1500 и т. д.). Так как на протяжении опыта выдерживался постоянный тормозный момент (и, следовательно, крутящий момент двигателя), то оказалось возможным

построить кривые приемистости в координатах: время — обороты коленчатого вала при $M = \text{const}$.

На фиг. 47 и 48 даны кривые, полученные при постепенном открытии дросселя несколькими последовательными толчками; из сопоставления кривых



Фиг. 50. Приращение числа оборотов двигателя ГАЗ по времени при работе на древесноугольном газе и резком открытии дроссельной заслонки. Тормозный момент—7,9 кгм (ЛИИ).

на фиг. 47 и 48 с кривыми на фиг. 49 и 50, которые получены при резком открытии дросселя, видно, что приемистость двигателя при резком открытии дросселя ухудшается.

В иностранной литературе¹ описано испытание на приемистость двигателя Комник с газогенератором Дейтц, развивавшего на газе 37 л. с. Двигатель, работавший на холостом ходу при 1100 об/мин., резко нагружался; дрос-

сель здесь устанавливался в положение, предварительно выявленное для длительной нагрузки в 22 л. с. Мощности в 22 л. с. двигатель достигал только через 4 мин. При полном открытии дросселя и постепенном увеличении нагрузки удавалось поднять нагрузку от холостого хода до 24 л. с. за 40 сек. и от холостого хода до 35 л. с. за 1,5—2 минуты.

Из этого эксперимента, так же как и из проведенного ЛИИ, следует, что газогенератор, питающий двигатель, значительно быстрее приспособляется к увеличению нагрузки двигателя тогда, когда ее задают не резко, а с некоторой постепенностью. Если мощность от холостого хода до 35 л. с. удается поднять при постоянном числе оборотов за 1,2 мин., стало быть, состав генераторного газа за этот промежуток времени приходит в соответствие с новой нагрузкой.

По наблюдению экспериментаторов, состав газа, полученного через 1,5—2 мин., не соответствовал составу газа, стабилизирующемуся при наличии постоянной длительной нагрузки в 35 л. с. При резком открытии дросселя и повышении нагрузки повышается содержание в генераторном газе азота за счет уменьшения остальных его компонентов (H_2 , CO_2 и CO); это показывает, что газификация не поспевает за потребностью двигателя. В случае постепенного увеличения нагрузки плохое образование H_2 частично компенсируется образованием CO .

Определение экономичности двигателей. Напряженность горения в газогенераторе

Экономичность двигателей на генераторном газе оценивается удельным расходом g основного топлива (дрова, уголь), т. е. его расходом на силу-час.

Если в течение известного промежутка времени двигатель развивает постоянную мощность, то для определения экономичности двигателя требуется только измерить расход основного топлива за тот же промежуток времени.

Наиболее точно расход топлива измеряется непосредственным взвешиванием газогенератора с топливом до и после опыта; в этом случае разница в весах и укажет расход топлива. Взвешивание газогенератора легко осуществляется на испытательных установках, оборудованных по схеме, изображенной на фиг. 43; при взвешиваниях предполагается, что гибкий шланг, соединяющий газогенератор с неподвижными агрегатами, вносит в производимые взвешивания искажения, одинаковые как при первом, так и при последующих взвешиваниях.

Другой, менее точный, способ замера расхода топлива состоит в досыпке в газогенератор топлива, заранее взвешенного. Бункер газогенератора к началу опыта догружается топливом до полной своей емкости или до определенного уровня; по окончании опыта в бункер досыпается топливо из заранее развешенных мешков опять до полной емкости или до того отмеченного уровня, на котором находилось топливо к началу опыта. В этом случае вес досыпанного топлива и принимается за действительный расход его.

Зная часовой расход топлива, можно подсчитать напряженность горения в газогенераторе; напряженность горения определится, если вес топлива, сгорающего в газогенераторе в течение часа, отнести к сечению топливника.

¹ Журнал V. D. I. № 24, 1936.

При круглом сечении топливника с диаметром D м и часовом расходе топлива G кг, напряженность горения газогенератора выразится формулой:

$$q = \frac{G}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \text{ кг/м}^2/\text{час.} \quad (14)$$

Напряженность горения зависит от вида и сорта применяемого топлива; для древесного угля, например, она будет ниже, чем для дров; при применении влажного или сильно смолистого топлива и прочих равных условиях должна быть ббльшая напряженность горения.

По мнению проф. В. Ю. Гиттиса¹, напряженность горения, равная 250 кг/м²/час, является достаточно высокой даже для газогенератора транспортного типа и характеризует высокую степень использования газогенератора. Другие авторы рекомендуют принимать напряженность горения для газогенераторов, работающих на дровяных чурках, не ниже 850–900 кг/м²/час.

В табл. 12 указаны напряженности горения для хорошо работающих образцов заграничных газогенераторов, испытанных в НАТИ в 1936 г.

Таблица 12

Тип газогенератора	Напряженность горения кг/м ² /час	Вид топлива	Характер процесса
Берлие	335	Дрова	Опрокинутый
Панар	240	Древесный уголь	Прямой
Кола	—	—	Опрокинутый
Брандт	230	Дрова, уголь и другие	Опрокинутый
Дейтц	810	Дрова	Горизонтальный
Гоэн-Пулен	200	Уголь	Опрокинутый
Кромаг	660	Дрова	Опрокинутый

Из этой таблицы видно, что напряженность горения в дровяных газогенераторах колеблется от 335 до 810 кг/м²/час, т. е. в очень широких пределах. Напряженность горения не является в сущности независимым показателем качества газогенератора; она связана с высотой активной зоны в газогенераторе. Опыты, проведенные рядом исследователей, подтвердили зависимость процессов газификации твердого топлива от объема топливника и отношения его высоты к диаметру.

Очень просто определить напряженность горения, когда топливник имеет сечение, одинаковое по высоте, но топливники цилиндрической формы встречаются редко. При сложной конфигурации топливника напряженность горения меняется вместе с изменением сечения. На фиг. 51 даны очертания топливника газогенератора Имберт и там же показаны изменения напряженности горения по высоте.

¹ В. Ю. Гиттис. Транспортные газогенераторы, Гострансиздат, 1931.

При определении напряженности горения какого-либо газогенератора для занесения этого параметра в общую характеристику рекомендуется относить часовой расход топлива к сечению топливника, находящемуся на уровне подвода воздуха.

Замер расхода газов. Скорости воздуха в фурмах газогенератора

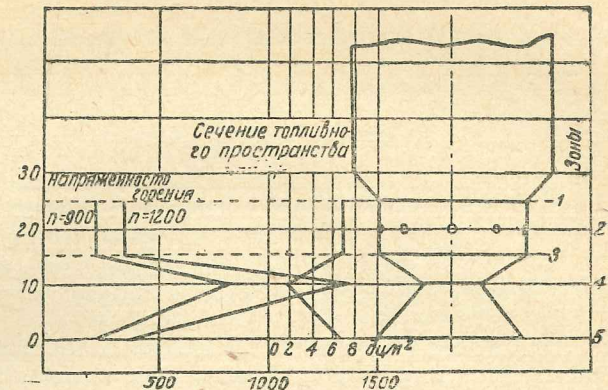
Для определения расхода газов применяются разнообразные способы, хорошо описанные в отечественной и переводной литературе; наибольшее распространение в практике испытания автомобильных двигателей получил способ замера расхода газов (генераторного газа, воздуха) посредством дроссельных приборов — диафрагм и сопел (фиг. 52 и 53).

Теоретические основы этого способа легко уяснимы. Если в трубопровод с постоянным сечением установить дроссельный прибор, образующий местное сужение, то при протекании жидкости (газа) через суженное сечение происходит увеличение ее скорости и понижение давления. Так как изменения потенциальной и кинетической энергий связаны между собой общим законом сохранения энергии, то, замерив давления до и после дроссельного прибора, расчетом можно определить кинетическую энергию, скорость и, наконец, расход жидкости (газа).

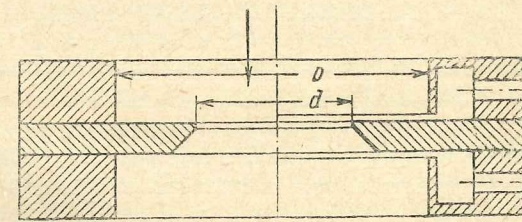
Формула, определяющая часовой расход жидкости (газа) при помощи дроссельных приборов, имеет следующий рабочий вид¹:

$$G = 0,01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\Delta p \cdot \gamma} \text{ кг/час,} \quad (15)$$

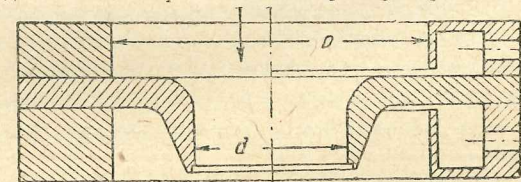
¹ Обширный материал для вывода этой формулы и анализ ее даны В. И. Соколюко-Новицким в труде „Испытания автомобильных двигателей“, ОНТИ, 1935.



Фиг. 51. Конфигурация топливника газогенератора Имберт и изменение напряженности горения в различных зонах по высоте при $n = 900$ об/мин. и $n = 1200$ об/мин. По оси абсцисс отложены величины напряженности горения в кг/м²/час.



Фиг. 52. Диафрагма.



Фиг. 53. Сопло.

где:

- G — часовой расход жидкости (газа) в кг;
 α — коэффициент истечения;
 d — диаметр суженного сечения дроссельного прибора в мм;
 Δp — перепад давлений в дроссельном приборе в кг/м² (мм вод. ст.);
 γ — удельный вес жидкости (газа);

$$0,01252 = \frac{\pi}{4} \sqrt{2g \cdot 3600 \cdot 10^{-6}}; g = 9,81 \text{ м/сек}^2.$$

Формула (15) действительна лишь при наличии установившегося потока газа. Между тем при работающем двигателе давление газовой смеси во всасывающем трубопроводе колеблется в такт со всасывающими ходами в цилиндрах; то же можно сказать и о воздухе, поступающем в газогенератор и о генераторном газе, текущем по газопроводам.

Расход газа, подсчитанный по показанию манометра в случае пульсирующего потока, не будет равен действительному расходу. Пульсация газа к тому же изменяется в зависимости от режима работы двигателя. Поэтому, чтобы иметь возможность пользоваться формулой (15), в цепь газа включают ресивер для амортизации возникающих колебаний газа. Простейший ресивер, широко применяемый, состоит из герметичного ящика (деревянного или железного), одна из стенок которого заменена листовой резиной. Перед изготовлением ресивера необходимо подсчитать его размеры на прочность.

В каких точках испытываемой газогенераторной установки надлежит ставить ресиверы? Если определяется количество потребляемого газогенератором воздуха, то ресивер необходимо поставить между дроссельным прибором и местом подвода воздуха в газогенератор; при замере расходов газа и воздуха, поступающих в двигатель, необходимо иметь два дроссельных прибора и столько же ресиверов.

В случае, когда количество потребляемого газогенератором на данном режиме воздуха определено тем или иным способом (например, замером его расхода дроссельным прибором), скорость воздуха в фурмах газогенератора для этого режима легко подсчитывается по формуле:

$$v = \frac{Q_{воз}}{3600 \cdot n \cdot f} \text{ м/сек}, \quad (16)$$

где:

- $Q_{воз}$ — количество воздуха, поступающего в газогенератор в м³/час;
 n — число фурм газогенератора;
 f — сечение каждой фурмы в м².

Если непосредственный замер поступающего в газогенератор воздуха по тем или иным причинам не производится, величина $Q_{воз}$ может быть найдена другим способом, при котором необходимо прежде всего знать состав генераторного газа.

Поскольку в твердом топливе азот содержится в незначительных количествах, которыми допустимо пренебречь без ущерба для справедливости настоящего подсчета, можно написать следующую зависимость между $Q_{воз}$ и часовым расходом газа газогенератором $Q_{газ}$:

$$\frac{Q_{воз}}{Q_{газ}} = \frac{N_{газ}}{N_{воз}} \text{ или } Q_{воз} = \frac{Q_{газ} \cdot N_{газ}}{N_{воз}} \text{ м}^3, \quad (17)$$

где:

- $N_{газ}$ — процентное содержание азота в генераторном газе;
 $N_{воз}$ — процентное содержание азота в воздухе.

Как известно, часовое потребление рабочей смеси генераторным двигателем определяется по выражению:

$$Q_{см} = 60 \cdot \eta_v \cdot V_h \cdot \frac{n}{2} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{час}, \quad (18)$$

где:

- $Q_{см}$ — часовое потребление смеси в м³/час;
 η_v — коэффициент наполнения;
 V_h — рабочий объем цилиндров в л;
 n — число оборотов двигателя в мин.

Часовое потребление двигателем воздуха, поступающего через смеситель равно:

$$\alpha \cdot L_0 \cdot Q_{газ} \text{ м}^3/\text{час}$$

(α — коэффициент избытка воздуха, L_0 — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ газа) и так как

$$Q_{см} = Q_{газ} + \alpha \cdot L_0 \cdot Q_{газ} \text{ м}^3/\text{час}, \quad (19)$$

то

$$Q_{газ} = \frac{Q_{см}}{1 + \alpha \cdot L_0} \text{ м}^3/\text{час}. \quad (20)$$

Определив L_0 по формуле (3), зная параметры двигателя V_h и n и задаваясь нормальными величинами η_v и α , не трудно произвести соответственные подсчеты по формулам (18), (20) и (17) и найти величину $Q_{воз}$, необходимую для определения скорости воздуха в фурмах газогенератора по формуле (16).

Описанный способ нахождения $Q_{воз}$ является, конечно, только ориентировочным; подсчеты к тому же осуществлены без учета таких факторов, как температуры, давления и содержание паров воды в газах.

Анализ газов

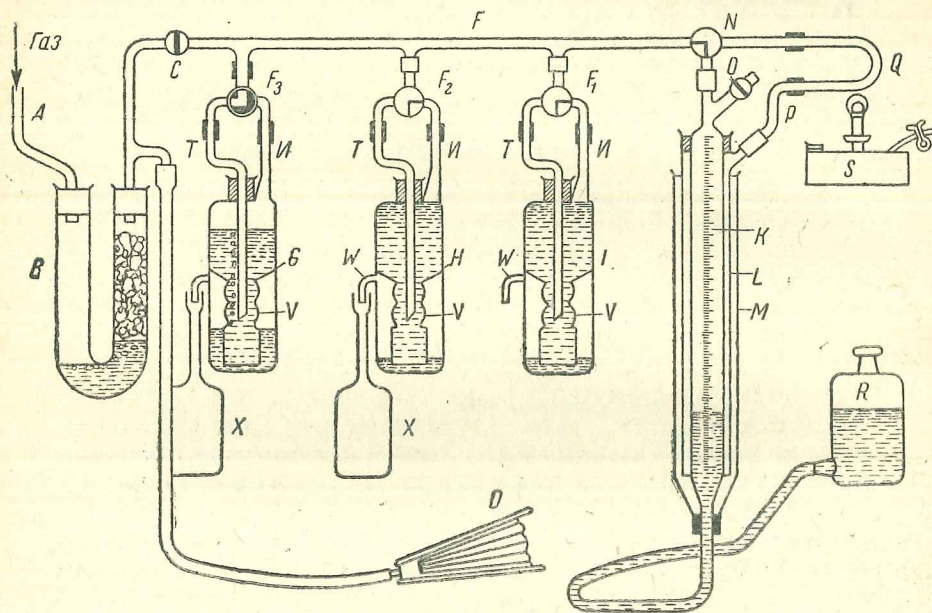
Чтобы получить надежные данные, анализы газов необходимо производить возможно чаще; это позволит уловить изменения в составе газов, происшедшие за период работы двигателя на том или ином режиме, и вывести правительные средние показатели.

В процессе отбора газовой пробы и производства ее анализа недоучет ряда факторов может в сильной степени исказить результаты; место отбора газа, температура газа, пользование аспираторами с водными затворами без насыщения воды газом, неплотности в приборе, перекал кварцевой трубки и многие другие причины могут при недооценке их значимости свести на-нет работу по анализу газа.

Несмотря на наличие многих типов приборов, применяемых для технического газового анализа, они отличаются друг от друга лишь некоторыми деталями своих конструкций. Наиболее распространенными в Союзе являются: для анализа на CO_2 , O_2 и CO — прибор Орса-Фишера, а для анализа с дожиганием — приборы Норзе (фиг. 54) и Орса-Лунге. Прибор Орса-Фишера пользуется особым распространением благодаря простоте конструкции, быстроте и легкости производства операций. Отрицательное свойство этого прибора то, что в нем

могут быть надежно определены лишь углекислота и кислород; конструкция прибора предусматривает, правда, и определение окиси углерода, но необходимо иметь в виду, что метод определения CO путем поглощения допускает возможность ошибок.

Определение CO, H и CH методом дожигания может быть произведено в приборах Норзе и Орса-Лунге. Главным различием этих приборов является способ поглощения в них отдельных газовых компонентов. В приборе Норзе применен способ пропускания газа пузырьками сквозь поглощающий реактив. Это обеспечивает более быстрое поглощение, но зато способствует образованию пены в поглотительных сосудах, что препятствует точности отсчетов. В при-



Фиг. 54. Схема прибора Норзе для анализа газов с дожиганием.

Анализируемый газ засасывается через водяной затвор и фильтр В при открытом кране С в капиллярную трубку Е и оттуда — в измерительную бюретку К при опускании стклянки Р. Забрав 100 см³ газа и поднимая стклянку Р, вытесним газ в верхнюю половину адсорбционного сосуда I; затем опусканием сосуда Р перегоняем газ снова в бюретку. Повторив эту операцию несколько раз, отсчитываем по шкале бюретки поглощенный объем. Повторив эту операцию с сосудами Н и О, поглощаем С_п Н_п и О₂. Далее, открыв кран О, вытесняем большую часть газов наружу, измеряем остаток и, опуская стклянку, добавляем определенное количество воздуха. Закрывая кран О и повернув кран N, перегоняют несколько раз газ через нагретый кварцевый капилляр Q для дожигания. По изменению объема после сжигания и по количеству получившихся СО₂ и остатка О₃, подсчитывают количество СО, СН₄ и Н₂ в анализируемом газе.

боре Орса-Лунге пена на реактивах не образуется и это относится к его преимуществу; слабым местом прибора Орса-Лунге является дожигательная трубка, сделанная из тугоплавкого стекла и нагреваемая маленькой спиртовой горелкой. Низкая температура, создаваемая горелкой, не обеспечивает полного сгорания всех дожигаемых газовых компонентов, но если дожигательную стеклянную трубку заменить кварцевой трубкой с платинированным асбестом, то отсутствие пенообразования в реактивах и сравнительно низкая стоимость стимулируют применение прибора Орса-Лунге; операция замены трубок очень проста и требует лишь постановки дополнительных капилляров.

Приступая к производству анализов, прибор надлежит установить недалеко от места отбора газовой пробы, но так, чтобы он был защищен от теплового воздействия сильно нагретых предметов. При отсутствии хорошего освещения необходимо поставить электрическую лампу позади измерительной бюретки с тем, чтобы удобно было различать деления шкалы; между лампой и бюреткой рекомендуется помещать лист чистой писчей бумаги — тогда деления шкалы видны более четко.

Перед началом опыта проверяется исправность газопровода, устанавливается чистый фильтр, проверяется адсорбирующая способность реактива, проверяется герметичность всех краников и соединений и удаляется из бюретки остаток газа от предыдущего анализа; уровни реактивов в поглотительных сосудах устанавливаются по меткам капилляров.

Реактив считается пригодным для анализа, если полностью поглощает соответствующий газовый компонент при 20% содержании его в смеси за пять перекачиваний; если шестое перекачивание тоже дает уменьшение объема, то реактив следует считать негодным к употреблению.

Углекислота СО₂ поглощается раствором едкого кали с удельным весом 1,23, получаемым путем растворения 25 г КОН в 70 см³ воды. Тяжелые углеводороды вида С_пН_п поглощаются бромной водой или дымящейся серной кислотой (содержание SO₃ — 25%) с последующим промыванием раствором едкого кали. Кислород О₂ поглощается растворами пирогаллола или палочки белого фосфора (последний рекомендуется только в том случае, если предварительно произведено поглощение тяжелых углеводородов). Щелочный раствор пирогаллола готовят, растворяя 1 г пирогаллола в 3 см³ воды, разбавленной 5 см³ КОН удельного веса 1,23.

Окись углерода СО поглощается Сu₂Сl₂ в кислом или аммиачном растворе; кислый раствор адсорбирует медленно и, в случае насыщения, начинает вновь отдавать СО. Поэтому обычно предпочитают аммиачный раствор, который получается путем растворения 200 г Сu₂Сl₂ и 250 г NH₄Сl в 750 см³ воды; в раствор вводится медная спираль. Перед употреблением смешивают три части полученного раствора с одной частью раствора NH₃ удельного веса 0,905.

Фильтр прибора для очистки газа представляет U-образную стеклянную трубку, наполненную стеклянной ватой; перед каждым опытом следует менять загрязненную вату на чистую. Убедившись в полной исправности прибора, можно приступить к отбору пробы газа и производству анализа.

В начале анализа последовательно поглощают: углекислоту, тяжелые углеводороды, кислород и, в случае необходимости, окись углерода. При производстве полного анализа газа на приборах Орса-Лунге или Норзе объем газа, оставшийся после поглощения, частично удаляется наружу, частично смешивается с необходимым для дожигания количеством воздуха. Затем смешанные с воздухом газы пропускают через дожигающее устройство и полученные продукты сгорания дополнительно анализируют.

Для накала кварцевых трубок приборов Орса-Лунге и Норзе можно применять бензиновую горелку, дающую температуру накала в 900—1100° С (светло-красное каление), что обеспечивает полное сгорание всех дожигаемых частей газовой смеси; поднимать температуру накала до белого каления не следует, так как в этом случае кварц начинает пропускать газы. Применение платиновой дожигательной трубки нежелательно, так как в нагретом состоянии она может поглощать значительные количества некоторых газовых компонентов.

Отделение коэффициента избытка воздуха

Для оценки качества горения служат данные о содержании в выхлопном газе углекислоты, кислорода и окиси углерода, а также величина коэффициента избытка воздуха α .

Один из часто применяемых способов определения коэффициента избытка воздуха состоит из следующих операций:

- анализа генераторного газа;
- анализа воздуха, поступающего в двигатель;
- анализа выхлопного газа (сухого);
- нахождения α путем расчета, исходя из полученных анализом величин.

Введем указанные в табл. 13 обозначения содержания отдельных составляющих газов (в процентах) и предположим, что анализы генераторного газа, воздуха и выхлопного газа установили следующие их составы:

Состав генераторного газа:	Состав воздуха, поступающего в двигатель:	Состав сухого выхлопного газа:
CO ₂ ' 7,87%	CO ₂ ''' 0,0%	CO ₂ '' 14,8%
C _n H' _m 0,19%	O ₂ ''' 20,6%	O ₂ '' 3,4%
O' ₂ 0,96%	N ₂ ''' 77,4%	CH ₄ '' 0,2%
CH' ₄ 4,59%	Остальное пары воды	CO'' 1,2%
CO' 18,62%	100%	N ₂ '' 80,4%
H ₂ ' 9,81%		100%
N ₂ ' 53,95%		
Остальное пары воды		
100%		

Таблица 13

Составляющие газов	Химическое обозначение	Содержание в объемных процентах		
		в генераторном газе	в воздухе	в выхлопном газе (сухом)
Углекислота	CO ₂	CO ₂ '	CO ₂ '''	CO ₂ ''
Тяжелые углеводороды	C _n H' _m	C _n H' _m	—	C _n H''' _m
Кислород	O ₂	O' ₂	O ₂ '''	O ₂ ''
Метан	CH ₄	CH ₄ '	—	CH ₄ ''
Окись углерода	CO	CO'	—	CO''
Водород	H ₂	H ₂ '	—	H ₂ ''
Азот	N ₂	N ₂ '	N ₂ '''	N ₂ ''
Водяной пар	H ₂ O	H ₂ O'	H ₂ O'''	—
Всего	—	100%	100%	100%

Тогда теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ генераторного газа определится в введенных обозначениях по формуле (3):

$$L_0 = \frac{0,5 (CO' + H'_2) + 2 CH'_4 + 3 C_n H'_m - O'_2}{O'''_2} \text{ м}^3, \quad (3')$$

а коэффициент избытка воздуха α найден будет по выражению¹:

$$\alpha = \frac{N_2' (2O_2'' - CO'' - 4CH_4'') + 2O_2''' \cdot N_2'' \cdot L_0}{L_0 [2O_2''' \cdot N_2'' - N_2''' (2O_2'' - CO'' - 4CH_4'')]} \quad (21)$$

¹ Вывод этой формулы дан в книге Н. М. Глаголева «Испытание газовых двигателей», ОНТИ, 1934.

Подставляя в формулы (3') и (21) данные анализов газов, получим:

$$L_0 = \frac{0,5 (18,62 + 9,81) + 2 \cdot 4,59 + 3 \cdot 0,19 - 0,96}{20,6} = 1,117 \text{ м}^3$$

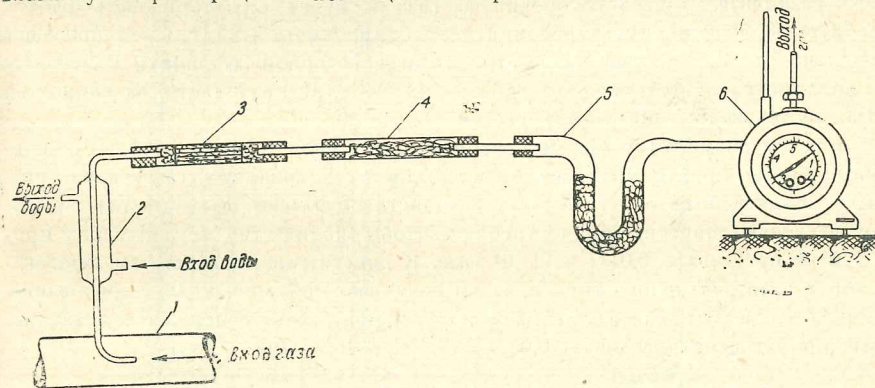
и

$$\alpha = \frac{53,95 (2 \cdot 3,4 - 1,2 - 4 \cdot 0,2) + 2 \cdot 20,6 \cdot 80,4 \cdot 1,117}{1,117 [2 \cdot 20,6 \cdot 80,4 - 77,4 (2 \cdot 3,4 - 1,2 - 4 \cdot 0,2)]} = 1,21.$$

Определение засоренности газа

Для определения засоренности газа пылью, смолой и влагой существует несколько способов; один из них, относительно несложный и дающий хорошие результаты, предусматривает пользование прибором Енкера.

На фиг. 55 изображен прибор Енкера для определения смолы, пыли и влаги путем фильтрации и поглощения хлористым кальцием. Прибор состоит



Фиг. 55. Схема прибора Енкера.

из трубки 1, в которую поступает анализируемый газ, холодильника 2, сосуда 3, наполненного стеклянными трубочками (по типу колец Рашига) и уплотнениями из стеклянной ваты по концам сосуда, сосуда 4, набитого ватой, и, наконец, хлоркальциевых трубок (трубки) 5. Для регистрации количества пропущенного через прибор Енкера газа последовательно с ним включены газовые часы (газометр) 6, снабженные термометром для наблюдения за температурой газа.

Зная вес прибора до производства опыта и после пропускания через него, допустим, 1 м³ газа, в виде разности весов получим суммарное содержание в газе пыли, смолы и влаги. Если затем подвергнуть прибор в течение часа подсушиванию, то новая разность весов укажет содержание влаги в данном количестве газа. Вся пыль оседает в сосуде 3 вместе с частью смолы, остальная часть смолы задерживается в сосуде 4. Для разделения пыли и смолы сосуд 3 промывают подогретым бензолом, причем смола переходит в раствор; последующим взвешиванием сосуда и использованного фильтра может быть определено содержание пыли.

Если необходимо определить только содержание пыли в газе, то прибор значительно упрощается; в этом случае можно ограничиться сосудом с ватой и газометром. Зная вес фильтра с ватой до пропускания сквозь него газа и вес высушенного сосуда (фильтра) после пропускания газа, находят раз-

ность, которая и показывает содержание пыли в газе. Этот способ, не обладая большой точностью, удовлетворителен для практических целей.

Засоренность газа пылью определяется, следовательно, по формуле:

$$d = \frac{C}{V} \text{ г/м}^3, \quad (22)$$

где: d — содержание пыли в газе в г/м^3 ;

C — увеличение веса фильтра после пропускания газа и подсушки в $г$;

V — объем газа, пропущенного через прибор (приведенный к нормальным условиям) в м^3 .

Чтобы оценить качество работы отдельных очистительных агрегатов газогенераторной установки (например, грубого очистителя), следует включить прибор Енкера сперва на входе газа в очиститель, а затем — на выходе из него; различная степень засоренности газа и будет характеризовать работу агрегата. При экспериментировании необходимо иметь в виду, что очищающая способность очистительных агрегатов газогенераторной установки изменяется в зависимости от длительности работы их без очистки, а также от скоростей газа, протекающего по этим агрегатам.

Каковы допустимые нормы засоренности генераторного газа механическими примесями? В практике эксплуатации стационарных газогенераторов, где условия работы очистительных устройств позволяют получать газ с высокой степенью очистки, обычно требуют, чтобы количество механических примесей не превышало $0,01 \text{ г}$ на 1 м^3 газа. К очистительным агрегатам газогенераторов автотракторного типа вряд ли возможно предъявить такое требование; их работу следует считать удовлетворительной, если содержание механических примесей не превышает $0,05 \text{ г}$ на 1 м^3 генераторного газа.

Определение теплотворной способности газа

В калориметре Юнкера исследуемый газ непрерывно подводится к калориметру и сжигается в его камере; вся развиваемая при этом теплота поглощается водой, которая тоже непрерывно омывает камеру горения.

Чтобы определить теплотворную способность газа (высшую и низшую), необходимо произвести наблюдения и зафиксировать следующие величины.

1) количество газа $V_0 \text{ м}^3$, которое в течение известного промежутка времени сгорает в калориметре;

2) вес воды $G \text{ кг}$, протекающей в течение того же промежутка времени через калориметр;

3) вес конденсата $g \text{ кг}$, который образуется за то же время из охлажденных водяных паров, заключающихся в продуктах горения;

4) температуры воды $t_1^\circ \text{ C}$ при вступлении ее в калориметр и $t_2^\circ \text{ C}$ — при выходе из него;

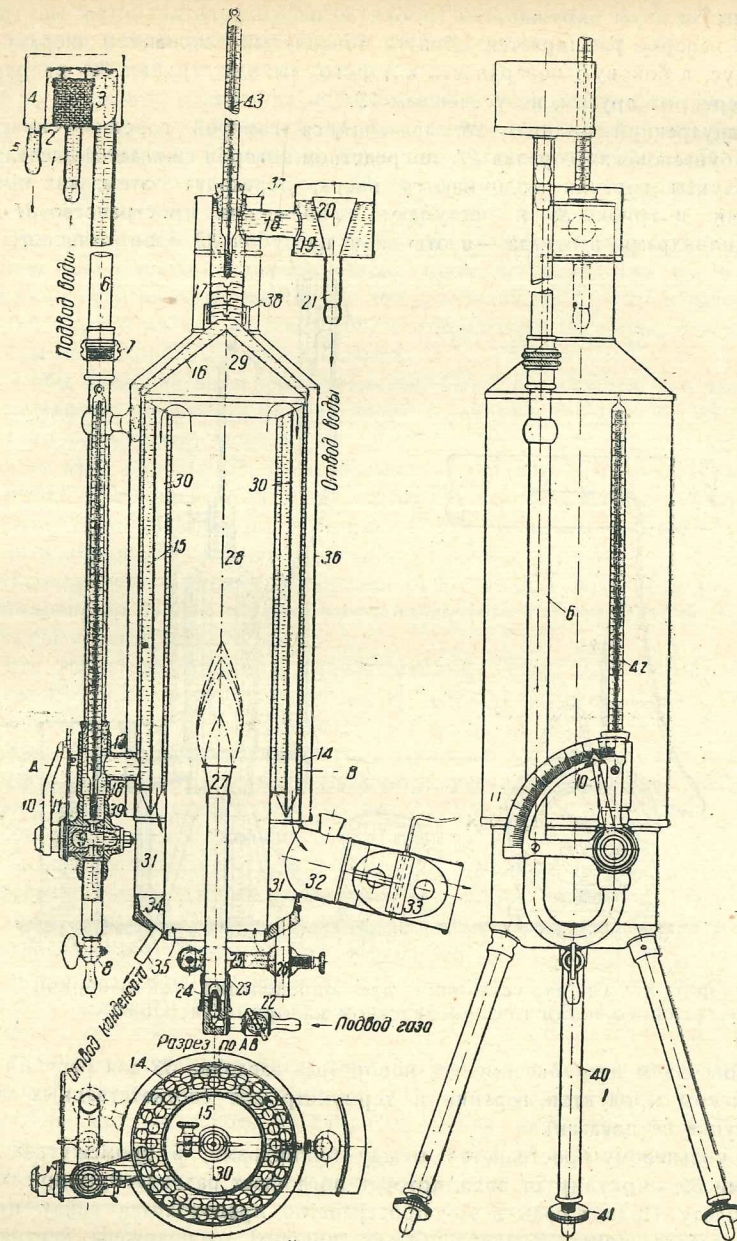
5) температуру окружающей среды $t_0^\circ \text{ C}$.

Тогда высшая теплотворная способность газа определится по формуле:

$$H = \frac{G(t_2 - t_1) + g \cdot 580}{V_0} \text{ кал/м}^3, \quad (23)$$

а низшая теплотворная способность — по формуле:

$$H_u = H - \frac{g}{V_0} (637 - t_0) \text{ кал/м}^3. \quad (24)$$



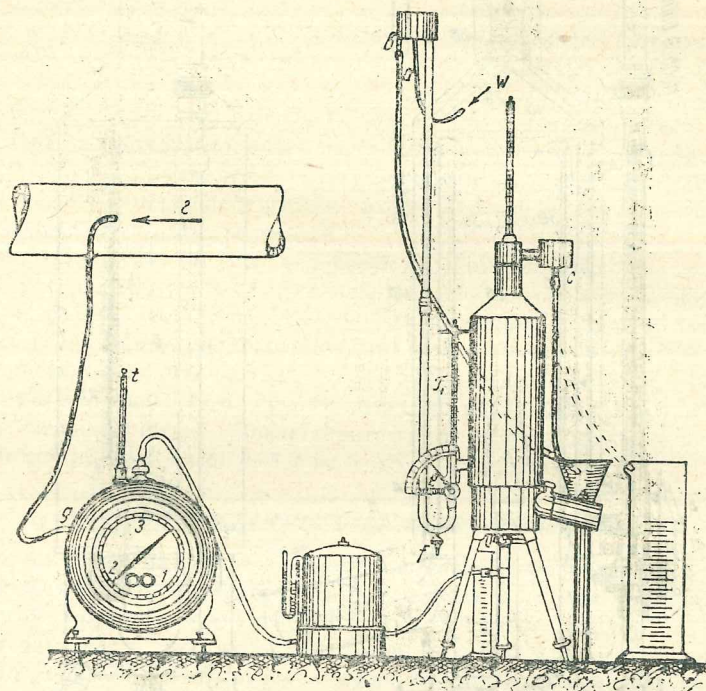
Фиг. 56. Калориметр Юнкера.

Калориметр Юнкера представлен в вертикальном разрезе и боковом виде на фиг. 56, а схема установки для газообразных топлив — на фиг. 57.

Корпус калориметра составляют два цилиндра: открытый снизу внутренний 28 и наружный. В кольцевом пространстве между этими цилиндрами рас-

положены по двум окружностям трубки 30 небольшого диаметра. Внутренний цилиндр наверху расширяется, образуя повернутый основанием вверх усеченный конус, в боковую поверхность которого выходят трубки 30; сверху этот конус перекрыт другим, не усеченным 29.

Во внутренний цилиндр 28, являющийся камерой горения, снизу устанавливается бунзеновская горелка 27, посредством которой сжигается исследуемый газ; продукты горения поднимаются вверх, переходят затем, как показано стрелками, в трубки 30 и поступают в кольцевое пространство 31 между двумя цилиндрами, а оттуда — в отводной патрубок 32 эллиптического сече-



Фиг. 57. Схема установки для определения теплотворной способности газа посредством калориметра Юнкерса.

ния. В отводном патрубке имеется поворотная заслонка 33 для регулирования температуры продуктов горения и термометр для соответственных замеров (а рисунке не показан).

По кольцевому пространству между цилиндрами, в промежутках между трубками 30, циркулирует вода, которая поглощает развиваемую при горении газа теплоту. Подвод воды в это пространство производится снизу при помощи особого приспособления. Сбоку прибора расположена вертикальная трубка 6 с коленом внизу; верхний конец этой трубки выходит в цилиндр 3, эксцентрично по отношению к ней расположенный. Вода подводится из водопровода по трубке 1 в цилиндр 2, сделанный из проволочной сетки, а оттуда — в цилиндр 3, из которого поступает в трубку 6. Цилиндр 3 окружен несколько более высоким наружным цилиндром 4, в который попадает вода в том случае, когда цилиндр 3 переполнен и вода переливается через его

края; благодаря такому устройству вода подводится к калориметру всегда при одном и том же давлении. В дне наружного цилиндра 4 имеется отверстие, служащее для отвода излишней воды по трубке 5.

Регулирование количества поступающей в калориметр воды производится посредством крана 9, рукоятка которого выполнена в виде указателя 10; для определения величины открытия крана имеется сектор со шкалой 11, по которому перемещается указатель 10. Непосредственно за краном 9 производится измерение температуры подводящей воды термометром 42.

Пройдя кольцевое пространство 15 между цилиндрами, вода омывает наружную поверхность конуса 29 и затем проходит через ряд снабженных отверстиями пластинок 17; пластинки эти расположены таким образом, что отверстия каждой из них не совпадают с отверстиями соседних, благодаря чему частицы воды хорошо перемешиваются.

Чтобы давление воды в калориметре было постоянным, она далее по горизонтальному патрубку 18 поступает в цилиндрический сосуд 19, внутри которого расположена воронка 20. Если уровень в сосуде 19 поднимется до верхнего края воронки 20, то вода начинает стекать в воронку, из которой по трубке 21 во время опыта она отводится в измерительный сосуд.

Измерение температуры отводимой воды производится термометром 43, который помещается непосредственно над пластинками 17.

Находящиеся в продуктах горения пары воды конденсируются и стекают в пространство 31; для выпуска этого конденсата служит трубка 35, расположенная в нижней точке.

Все части калориметра, расположенные между термометрами 42 и 43, окружены изолирующей оболочкой 35 для уменьшения влияния колебаний температуры окружающей среды.

Кроме калориметра описанного устройства к установке для газообразных топлив относятся газовые часы (газометр), регулятор давления газа и измерительные сосуды (фиг. 57).

Газ подводится по трубке *g* к газометру, который отмечает количество протекающего через него газа в единицах объема (в литрах); для определения температуры исследуемого газа в газометр вставляется термометр *t*.

Чтобы газ поступал к калориметру под постоянным давлением, он из газометра направляется к регулятору давления, сбоку которого имеется открытый водяной манометр, показывающий давление протекающего газа (в миллиметрах вод. ст.). Из регулятора давления газ идет непосредственно к горелке.

Приступая к исследованию, прежде всего наполняют калориметр водой; вода при этом должна показаться из обеих сливных трубок *b* и *c*; только непрерывное истечение воды из сливных трубок указывает на то, что калориметр наполнен водой при надлежащем напоре и в надлежащем количестве. Затем брызгают газопровод и некоторое время продувают его, чтобы вытеснить заключающийся в нем и в регуляторе давления воздух.

Зажигают горелку и вводят ее в калориметр таким образом, чтобы верхний край горелки входил по крайней мере на 15 см внутрь прибора. Горение газа должно быть совершенным, что узнается по виду пламени и по отсутствию характерного запаха несгоревших частей в продуктах горения. После введения горелки внутрь калориметра температура вытекающей воды поднимается до тех пор, пока не наступит установившееся состояние, характеризующееся малыми колебаниями этой температуры.

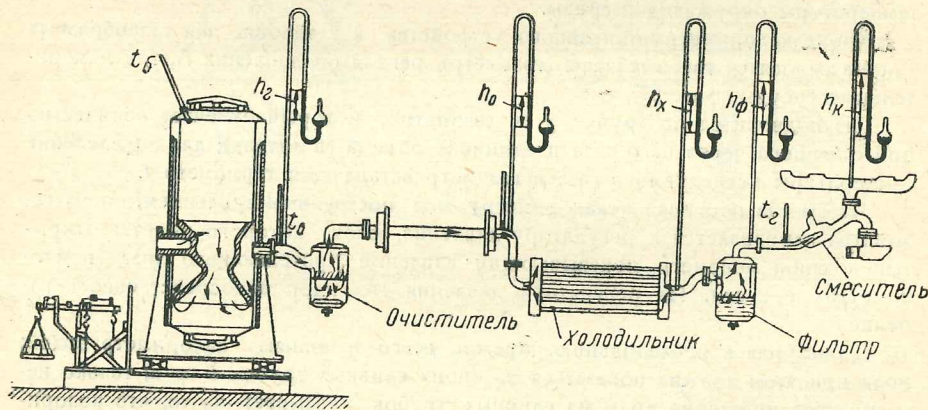
Изменяя величину открытия крана 9, можно изменять количество проходящей через калориметр воды и, следовательно, поддерживать желательную разность температур; разность эта ($t_2 - t_1$) должна лежать в пределах 10—20° С. Температура продуктов горения регулируется открытием заслонки в отводном патрубке; нужно стремиться к тому, чтобы продукты горения были охлаждены до начальной температуры газа.

Когда установившееся тепловое состояние может быть надежно констатировано, то в тот момент, когда указатель (стрелка) газометра проходит через какое-нибудь целое число его шкалы, быстро переводят резиновую трубку с в измерительный сосуд и одновременно подставляют другой измерительный сосуд для конденсационной воды из трубки d. Через некоторый промежуток времени, когда указатель газометра, сделав один или несколько оборотов, вновь проходит через целое число шкалы, опять одновременно отводят трубки с и d из измерительных сосудов. В течение опыта температуры воды и продуктов горения фиксируют через одинаковые промежутки времени (от 15 до 30 сек.), и из полученных замеров берут затем средние арифметические.

Подсчет результатов опыта производится по формулам, указанным выше.

Пример специального испытания автомобильного двигателя на генераторном газе

В 1936 г. в НАТИ было проведено специальное испытание, имевшее целью выявить влияние подогрева топлива в бункере газогенератора и подводимого воздуха на мощность, развиваемую двигателем.



Фиг. 58. Схема расстановки приборов при испытании газогенераторной установки (НАТИ).

Экспериментальная установка включала в себя:

- 1) двигатель ГАЗ со степенью сжатия $\epsilon = 6,4$;
- 2) газогенератор НАТИ-3, имеющий вокруг бункера два концентрически расположенных кожуха: внутренний кожух служил для подогрева бункера путем пропускания по нему газа, отводимого от газогенератора; в наружном кожухе подогревался воздух, поступающий в газогенератор;

3) систему охлаждения газа, выполненную в виде двух радиаторов-холодильников, заключенных в водяные ванны и

4) систему очистки газа, состоящую из очистителя центробежного типа и тонкого масляного фильтра, включенного после радиаторов-холодильников.

Схема газогенераторной установки изображена на фиг. 58. Газогенератор установлен на весах для определения расхода твердого топлива. В ряде точек установки монтированы пьезометры для определения сопротивления системы. В наиболее характерных местах при производстве испытания замерялись температуры.

Двигатель тормозился балансирующей динамомашинной HN-200.

Во время испытаний температура газа, поступавшего в смеситель, всегда поддерживалась на уровне 35—40° С, температура масла в картере двигателя — 60—70° С и температура охлаждающей двигатель воды — 70—80° С.

Топливом служила смесь древесных пород: березы, яблони, груши, ольхи и липы; древесина (отходы деревообрабатывающей фабрики) разделялась на чурки размером 50 × 50 × 60 мм.

Подогревы бункера и подводимого воздуха осуществлялись в следующих комбинациях:

- 1) полный подогрев бункера без подогрева воздуха;
- 2) полный подогрев бункера и подогрев воздуха;
- 3) частичный подогрев бункера без подогрева воздуха;
- 4) частичный подогрев бункера и подогрев воздуха;
- 5) подогрев воздуха без подогрева бункера.

Каждая точка определялась как средняя из нескольких замеров при постоянном числе оборотов двигателя (2100 об/мин.).

Угол опережения зажигания всегда подбирался наиболее выгодным по мощности.

Результаты замеров, устанавливающие влияние подогревов на мощность двигателя, представлены в табл. 14 и 15 и на фиг. 59, 60 и 61.

Таблица 14

Бункер	Воздух	Разрежение в мм вод. ст.					$t_2^{\circ} \text{C}$	$P_{\text{ср}}$ кг/см ²	$N_{\text{ср}}$ л. с.	Увеличение мощности в %
		h_2	h_0	h_x	h_{ϕ}	h_k				
Полный подогрев	Без подогрева	126	198	262	321	475	37	4,03	30,8	13,2
	С подогревом	119	187	262	336	478	37	4,10	31,3	15,0
Частичный подогрев	Без подогрева	111	200	257	340	427	37	3,81	29,2	7,3
	С подогревом	126	241	272	342	444	38	3,89	29,7	9,1
Без подогрева	Без подогрева	107	203	302	335	442	39	3,55	27,2	0
	С подогревом	105	211	287	377	454	39	3,71	28,4	4,2

В табл. 14 приняты следующие обозначения:

- h_2 — разрежение за газогенератором;
- h_0 — разрежение перед радиатором-холодильником;
- h_x — разрежение за радиатором-холодильником;
- h_ϕ — разрежение за фильтром;
- h_k — разрежение во всасывающем патрубке;
- t_2 — температура газа перед смесителем;

$p_{e, cp}$ — среднее эффективное давление;

$N_{e, cp}$ — среднее значение полученной эффективной мощности.

Кривые, представленные на фиг. 59, 60 и 61, дают зависимость между временем выжигания газогенератора (ось абсцисс) и снимаемым с двигателя эффективным давлением p_e для различных комбинаций подогрева бункера и воздуха.

Наименьшее среднее эффективное давление соответствовало тому опыту, когда отсутствовал подогрев бункера и воздуха. По мере увеличения зоны обогрева бункера среднее эффективное давление неизменно повышается. При полном подогреве бункера и подогреве воздуха получено увеличение мощности двигателя в сравнении с мощностью, снимаемой без подогревов, на 15,0%.

Для сравнения цифр, полученных при работе двигателя на газе, была замерена мощность двигателя при работе на бензине со степенью сжатия $\epsilon = 4,2$. Максимальная мощность на бензине оказалась равной 41 л. с.; падение мощности двигателя при переходе на газ, равное 32,5%, для случая полного подогрева бункера и подогрева воздуха уменьшается до 22,3%.

Таблица 15

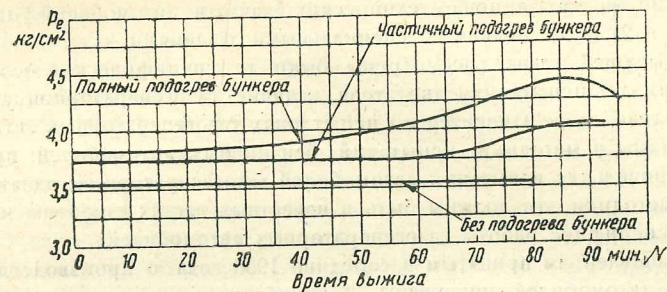
Бункер	Воздух	n об/мин.	N'_{eб} л. с.	N''_{e2} л. с.	Потери мощности в %	N''_{e2} л. с.	Потери от макс. сим. мощности в %
Полный подогрев	Без подогрева	2100	40,3	33,8	23,5	33,8	16,1
	С подогревом	2100	40,3	31,3	22,3	33,6	16,6
Частичный подогрев	Без подогрева	2100	40,3	29,2	27,5	30,8	23,5
	С подогревом	2100	40,3	29,7	25,8	31,4	22,1
Без подогрева	Без подогрева	2100	40,3	27,2	32,5	27,2	32,5
	С подогревом	2100	40,3	28,4	29,5	28,4	29,5

В табл. 15 обозначения:

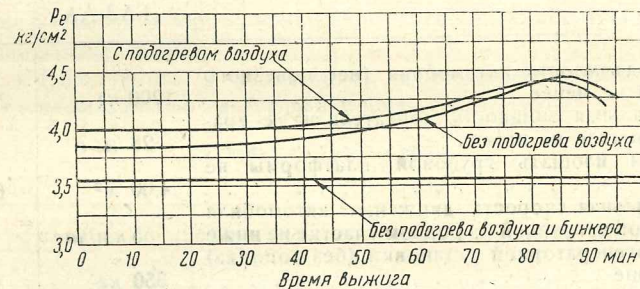
- n — число оборотов двигателя;
- $N_{eб}$ — эффективная мощность при работе на бензине с $\epsilon = 4,2$;

N'_{e2} — среднее значение эффективной мощности при работе на газе с $\epsilon = 6,4$;

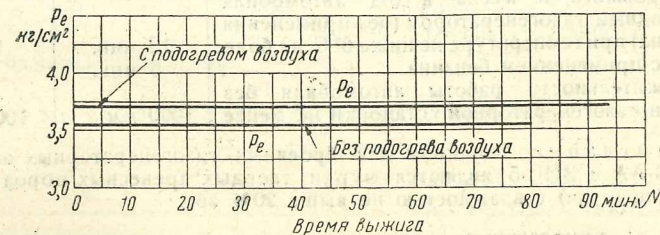
N''_{e2} — максимальное значение эффективной мощности при работе на газе с $\epsilon = 6,4$.



Фиг. 59. Кривые среднего эффективного давления в зависимости от времени выжигания газогенератора при различной степени подогрева бункера (НАТИ).



Фиг. 60. Кривые среднего эффективного давления в зависимости от времени выжигания газогенератора при различных степенях подогрева бункера и воздуха, поступающего в газогенератор (НАТИ).



Фиг. 61. Среднее эффективное давление в зависимости от подогрева воздуха, поступающего в газогенератор (НАТИ).

На основании результатов проведенного испытания можно утверждать, что подогрев топлива в бункере газогенератора и подогрев воздуха, поступающего в газогенератор, повышают мощность двигателя.

ИСПЫТАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Характеристика испытаний

Испытания газогенераторных автомобилей могут иметь своей целью: 1) выявление эксплуатационно-технических качеств автомобилей для общей оценки их и 2) исследования со специальными заданиями.

В предыдущей главе рассмотрены были те специфические особенности, которые придает испытаниям двигателя наличие газогенераторной установки; все это в равной мере относится и к испытаниям газогенераторных автомобилей.

Программы и методики испытаний бензиновых автомобилей приемлемы в своей основе и для испытаний автомобилей газогенераторных; однако и программы и методики эти должны быть в известных частях изменены и развиты соответственно специфике работы газогенераторных автомобилей.

К постановлением принятым в середине 1936 года о производстве газогенераторных автомобилей приложены Технические условия на дровяные газогенераторные автомобили ГАЗ-АА и ЗИС-5*, которыми устанавливается, что автомобили указанных типов, выпускаемые в 1936 г., должны удовлетворять следующим техническим условиям:

	ГАЗ-АА	ЗИС-5
1 Грузоподъемность автомобиля (вес полезного груза) не менее	1200 кг	2500 кг
2 Максимальная мощность двигателя на газе не ниже	28 л. с.	48 л. с.
3 Полезная площадь грузовой платформы не менее	4,00 м ²	6,75 м ²
4 Максимальная скорость движения автомобиля с полной нагрузкой на ровном участке не ниже	55 км/час	48 км/час
5 Вес газогенераторной установки (без топлива) не выше	350 кг	450 кг
6 Вместимость бункера газогенератора (по чуркам) не менее	55 кг	75 кг
7 Запас хода автомобиля при одной полной загрузке бункера не менее	90 км	75 км
8 Расход топлива (чурок) на 1 км пробега с полной нагрузкой не более	0,55 кг	0,85 кг
9 Время розжига и пуска в ход автомобиля с холодным газогенератором (без применения бензина) при температуре не ниже 0° С, не более	12 мин.	12 мин.
10 То же, с применением бензина	6 мин.	6 мин.
11 Продолжительность работы автомобиля без очистки газогенераторной установки не менее	1000 км	1000 км

Примечание. Топливом для дровяных газогенераторных автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 являются чурки твердых древесных пород (береза, дуб, ясень и др.) с влажностью не выше 20% абс.

Исходя из приведенных технических условий можно наметить те важнейшие эксплуатационно-технические качества газогенераторных автомобилей, изучение которых в процессе испытаний позволит дать общую оценку испытываемому автомобилю; в число их войдут: 1) динамические (тяговые) качества автомобилей, 2) экономические качества автомобилей, 3) запас хода автомобилей, 4) пусковые качества автомобилей, 5) надежность автомобилей, 6) процессы ухода и обслуживания автомобилей.

Коэффициенты использования габарита и веса, задаваемые техническими условиями (производные от пп. 1, 3 и 5), легко определяются простыми измерениями и взвешиваниями.

Подготовка к испытаниям

В предыдущей главе была описана подготовка к испытаниям двигателей и газогенераторных установок; поэтому здесь подлежит рассмотрению только подготовка оборудования автомобиля и ходовой его части.

Если на испытание поступает новый автомобиль, надлежит прежде всего произвести его обкатку со строгим соблюдением заводских правил (в части скоростных режимов, нагрузки, периодичности смены масла). Автомобили, бывшие до испытаний в эксплуатации, подвергаются самому тщательному осмотру с проверкой рулевого управления, тормозов и других механизмов, надежность работы которых определяет общую исправность автомобиля.

У автомобиля, поступающего на испытание, должны быть проверены все рычаги и тяги управления. Спидометр автомобиля должен быть протарирован непосредственно перед испытаниями.

В процессе испытаний газогенераторных автомобилей обычно замеряются температуры и разрежения в различных точках газогенераторной установки и двигателя; подготовка автомобилей к испытаниям включает поэтому в себя и оборудование автомобиля аэротермометрами, ртутными термометрами и вакуумметрами в намеченных точках.

Прежде чем приступить к испытаниям, на газогенераторный автомобиль составляют спецификацию по следующей форме:

Общие данные

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Завод (марка) | 4. Шасси № . . . |
| 2. Система газогенератора | 5. Тоннаж (грузоподъемность) |
| 3. Газогенераторная установка № . . | |

Данные двигателя (см. в главе II)

Данные трансмиссии

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1. Тип сцепления | 6. Тип главной передачи |
| 2. Тип коробки передач | 7. Тип заднего моста |
| 3. Расположение коробки передач | 8. Тип дифференциала |
| 4. Число передач и передаточные числа | 9. Число сателитов |
| 5. Тип карданных сочленений | 10. Тип задних полуосей |

Данные газогенераторной установки (см. в главе II)

Данные шасси

- | | |
|--|--|
| 1. Тип | 9. Изменения, внесенные в шасси при монтаже газогенераторной установки |
| 2. Тоннаж | 10. Система тормозов, место их действия и количество |
| 3. Передача толкающего усилия | 11. Тип колес и размер шин |
| 4. Передача скручивающего усилия | 12. Тип рамы, размер лонжеронов |
| 5. Тип переднего моста | |
| 6. Тип подвески | |
| 7. Тип рулевого управления | |
| 8. Расположение газогенераторной установки | |

Данные кузова и кабины

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Тип кузова и его размеры | кузов при монтаже газогенераторной установки |
| 2. Тип кабины | |
| 3. Изменения, внесенные в кабину и | |
| | 4. Погрузочная высота платформы |

Оборудование

- | | |
|--|--|
| 1. Динамо | 7. Амперметр |
| 2. Стартер | 8. Спидометр |
| 3. Вентилятор для розжига | 9. Запасные колеса и их крепление |
| 4. Вакуумметр газогенераторной системы | 10. Расположение инструментального ящика |
| 5. Аккумулятор | 11. Воздушный насос |
| 6. Запальное приспособление для розжига газогенератора | |

Основные размеры автомобиля в мм (см. фиг. 62)

- | | |
|---|---|
| 1. Наибольшая длина без газогенераторной установки | 6. Колея |
| 2. То же, с газогенераторной установкой | 7. База |
| 3. Наибольшая ширина без газогенераторной установки | 8. Передние и задние углы въездов с газогенераторной установкой и без нее |
| 4. То же, с газогенераторной установкой | 9. Радиус вертикальной проходимости с газогенераторной установкой и без нее |
| 5. Клирансы с газогенераторной установкой и без нее | 10. Лобовая площадь автомобиля |

Определение динамических (тяговых) качеств автомобилей

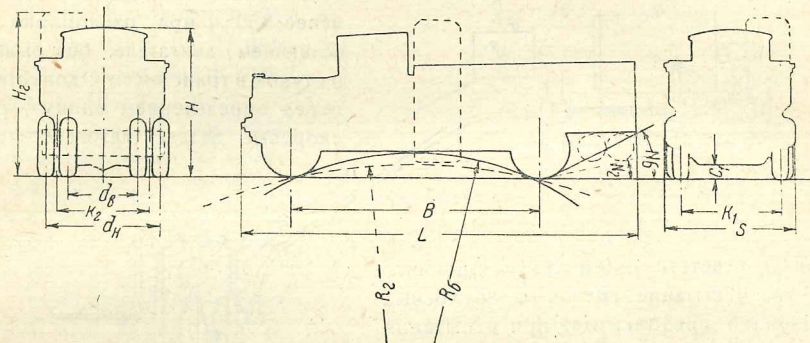
Определение динамических (тяговых) качеств газогенераторного автомобиля складывается из следующих элементов: 1) определения максимальной скорости движения автомобиля v_{max} на прямой передаче; 2) определения минимальной устойчивой скорости движения автомобиля v_{min} на прямой передаче; 3) определения времени и пути разгона автомобиля от минимальной устойчивой скорости движения на прямой передаче (желательно от скорости 10 км/час) до v_{max} ; 4) определения времени и пути разгона с места ($v=0$) до v_{max} с последовательным переключением передач; 5) определения времени и пути торможения со скоростей движения 40, 30 и 20 км/час до полной остановки; 6) определения способности автомобиля преодолевать подъемы с хода и 7) определения тягового усилия на буксирном крюке автомобиля.

Динамическим испытаниям автомобили обычно подвергаются как с полной расчетной нагрузкой, так и без груза.

Непосредственно перед каждым из динамических замеров двигатель и трансмиссия автомобиля должны быть прогреты не менее чем получасовой

непрерывной ездой; в случае испытаний газогенераторных автомобилей это нормальное требование дополняется еще необходимостью введения газогенератора в режим работы, соответствующий режиму при предстоящих испытаниях.

Может возникнуть вопрос—в какой режим вводить газогенераторы, если имеется в виду испытание газогенераторного автомобиля, например, на преодоление подъема с хода? Желая преодолеть подъем при начальной скорости движения автомобиля в 20 км/час, можно подвести автомобиль к подъему с двигателем, работавшим длительное время на малых оборотах; можно также в течение 15—20 мин., предшествующих преодолению подъема, выдерживать



Фиг. 62. Основные габаритные размеры автомобиля:

R_0 — радиус продольной проходимости для бензинового автомобиля; R_2 — радиус продольной проходимости для газогенераторного автомобиля; N_0 — угол заднего въезда для бензинового автомобиля; N_2 — угол заднего въезда для газогенераторного автомобиля; H — наибольшая высота бензинового автомобиля; H_2 — наибольшая высота газогенераторного автомобиля; S — наибольшая ширина автомобиля; K_1 — колея передних колес по земле; K_2 — колея задних колес по земле; d_b — колея внутренних задних колес; d_n — колея внешних задних колес; C_1 — расстояние от нижней точки до поверхности дороги (клиранс).

постоянную скорость движения в 40 км/час и только в последние минуты снизить ее до 20 км/час. В первом случае автомобиль преодолет подъем с худшими несомненно показателями, чем во втором, так как приведение режима газификации в соответствие с быстро возрастающими потребностями двигателя отнимет некоторое время; во втором случае условия работы газогенератора при преодолении автомобилем подъема будут несравненно более легкими.

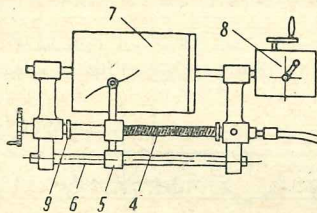
Для получения при динамических испытаниях газогенераторных автомобилей показателей, наиболее близких к истинным, рекомендуется задавать газогенератору непосредственно перед испытанием такой режим устойчивой работы, который будет соответствовать режиму двигателя при испытании. В приведенном частном примере преодоления подъема с начальной скоростью движения в 20 км/час, следовало бы развить процесс газификации в газогенераторе до режима, соответствующего примерно 80% мощности.

Все динамические испытания автомобилей, кроме определения способности автомобилей преодолевать подъемы, производятся на прямолинейном и гори-

горизонтальном участке с твердым и ровным покрытием; длина участка должна быть не менее 3 км. Заезды автомобилей при каждом испытании производятся в двух взаимнопротивоположных направлениях для исключения влияния ветра и неровностей пути на результаты замеров.

Максимальная скорость движения автомобиля v_{max} определяется на дистанции в 1 км с хода; путь разгона для газогенераторных автомобилей здесь должен быть тоже не менее 1 км, так как на участке меньшей протяженности автомобиль может не достигнуть своей предельной скорости.

Определение минимальной устойчивой скорости движения автомобилей v_{min} на прямой передаче можно считать удовлетворительным при условии, если



автомобиль прошел участок не менее 200 м при равномерно работающем двигателе, без рывков и стуков в трансмиссии; допустимо перед определением минимальной скорости задать газогенератору

режим, соответствующий 50% мощности. ОСТ¹ на испытание грузовых двухосных автомобилей предписывает при испытании на минимальную скорость проходить участок длиной в 1 км; подобное требование для газогенераторных автомобилей трудно выполнимо, поэтому и рекомендуется сократить мерный участок до 200 м, как минимум.

Подсчитывая обороты двигателя при его устойчивой работе и движении автомобиля с минимальной скоростью, следует пользоваться формулой

$$n = v_{min} \frac{i_0 \cdot 60}{3,6 \cdot 2\pi \cdot r_k} \text{ об/мин.}, \quad (25)$$

где:

- n — число оборотов двигателя в мин.;
- v_{min} — минимальная скорость движения автомобиля в км/час;
- i_0 — передаточное число в заднем мосту;
- r_k — радиус колеса при деформированной шине в м.

Обычный интерес представляет испытание газогенераторных автомобилей для определения времени и пути разгона. Если разгон бензиновых автомобилей зависит при прочих равных условиях от мощности и приемистости двигателя, то для газогенераторных автомобилей разгон не в меньшей мере связан и с качеством работы газогенераторной установки.

Определение времени и пути разгона автомобиля, т. е. величин, характеризующих способность автомобиля к ускорению, производится обычно с помощью приборов, регистрирующих „путь—скорость—время“. На фиг. 63 дана упро-

¹ ОСТ ВКС 7638 (утвержден ВКС при СТО 26/XI 1934 г.).

щенная схема такого прибора¹. Здесь так называемое „пятое колесо“ крепится к подножке автомобиля и, прижимаясь к дороге пружинами 2, при посредстве шестереночной передачи 3 и гибкого вала перелает вращение винту 4, по которому передвигается ползунок 5; ползунок 5 имеет карандаш, регистрирующий его передвижение относительно барабана 7, обвитого бумагой. Барабан 7 вращается от часового механизма 8; на бумаге фиксируется таким образом зависимость между временем и передвижением ползунка 5, пропорциональным пути, пройденному автомобилем. Более совершенные приборы регистрируют, кроме пути и времени, и скорость движения автомобиля. Путем обработки получаемых кривых находят ускорения автомобиля при разгоне.

Время и путь разгона обычно замеряются: 1) при разгоне от начальной скорости в 10—15 км/час до v_{max} на прямой передаче и 2) при разгоне с места ($v=0$) до v_{max} с последовательным переключением передач до прямой включительно.

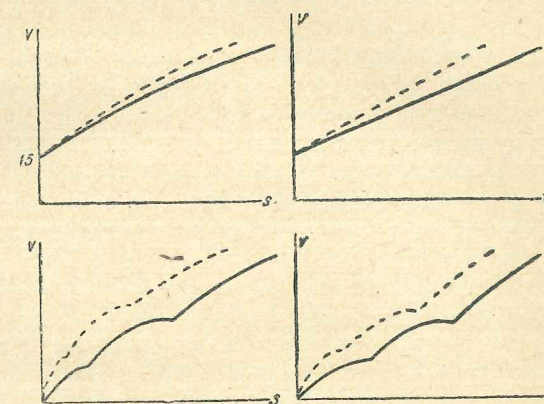
Задав газогенератору на 15—20 мин. режим работы, соответствующий примерно 80% мощности, приступают к производству замеров; при достижении автомобилем установившейся заданной начальной скорости водитель нажимает на педаль акселератора дотказа и не отпускает ее до конца разгона автомобиля.

В предыдущей главе в разделе „Определение мощности и приемистости двигателей“ указывалось, что газогенератор, питающий двигатель, значительно быстрее приспособляется к увеличению нагрузки двигателя тогда, когда ее задают не резко, а с некоторой постепенностью. Это обстоятельство необходимо учесть и при разгонах автомобиля, несмотря даже на то, что испытаниям предшествует подготовка режима газификации.

По записям прибора „путь—скорость—время“ строятся графики разгона по пути: $v=f(s)$ и по времени: $v=f(t)$; схематические образцы таких графиков даны на фиг. 64.

Определение времени и пути торможения автомобиля производится тем же прибором „путь—скорость—время“, который применяется для фиксации разгона; автомобиль тормозится со скоростями движения в 40, 30 и 20 км/час до полной остановки. Результаты замеров могут быть представлены на графиках в координатах $v=f(s)$ и $v=f(t)$.

Испытания на преодоление подъемов производятся с хода от начальных скоростей движения в 10, 15 и 20 км/час, на прямой передаче и с полной нагрузкой. Оценка способности автомобиля преодолевать подъемы произво-



Фиг. 64. Схематические графики разгона без груза (пунктир) и с полной нагрузкой (сплошные линии), построенных по пути $v=f(s)$ и по времени: $v=f(t)$.

¹ Описание этого и других приборов дано в книге Б. С. Фалькевича „Дорожные испытания автомобилей“, Гострансиздат, 1936.

дятся: 1) по времени преодоления избранного подъема и 2) по скорости движения автомобиля, зафиксированной в конце подъема прибором „путь—скорость—время“.

При испытаниях на преодоление подъемов, так же как и при испытаниях на разгоны, особенно важна надлежащая подготовка режима газификации топлива в газогенераторе. Кроме того, здесь имеют значение навыки водителей автомобилей, позволяющие им наиболее быстро переключить газогенератор на предельную отдачу. Наличие в составе газогенераторной установки газгольдера или сильно развитых по емкости охладительно-очистительных агрегатов позволяет резко форсировать режим газогенератора, не опасаясь перебоев в работе двигателя.

Определение тягового усилия на крюке автомобиля—последний элемент динамических испытаний—производится с полной нагрузкой, причем крюком испытываемого автомобиля буксируется другой, больший по тоннажу автомобиль, или специальная динамометрическая тележка. Прицеп плавно тормозится до получения предельного сопротивления, пока испытываемый автомобиль не остановится вследствие остановки двигателя или потери сцепления колес с дорогой. Развиваемое автомобилем тяговое усилие фиксируется динамометром, включаемым между буксирным крюком и тормозным прицепом.

На динамику автомобиля влияют передаточные числа в его трансмиссии. На автомобильном заводе им. тов. Сталина при экспериментировании с газогенераторным автомобилем были опробованы комбинации шестерен в заднем мосту, дававшие передаточные отношения 8,4; 7,66 и 7; в результате испытаний было признано наиболее выгодным отношение 7,66, увеличивающее передаточное число в заднем мосту против стандартного почти на 20%. Такое изменение трансмиссии позволило несколько повысить динамические качества автомобиля.

В табл. 16, составленной по материалам опытного пробега автомобилей, работающих на суррогатных топливах¹, собраны цифры, характеризующие разгоны газогенераторных автомобилей, а также их способность к преодолению подъемов.

Таблица 16

Вид топлива	Число автомобилей	Разгон от 15 до 40 км/час			Преодоление подъемов		
		Время в секундах			Скорость в км/час		
		минимальное значение	среднее значение	максимальное значение	минимальное значение	среднее значение	максимальное значение
Дрова	13	26,6	37,3	49,5	9,09	13,23	17,2
Древесный уголь	6	32,5	40,3	50,1	9,41	12,69	14,3
Торфяной кокс	2	36,1	46,8	57,6	9,15	11,65	14,2
Антрацит	2	23,5	29,5	35,5	11,39	13,26	15,1
Швелькокс каменного угля	1	—	57,8	—	13,02	13,21	13,4
Швелькокс бурого угля	1	—	29,5	—	—	9,2	—
Брикеты бурого угля	1	—	39,4	—	—	14,1	—
Дизельное топливо из бурого угля	1	—	23,7	—	18,35	19,23	20,3

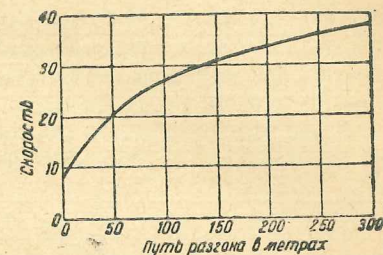
¹ Журнал V. D. I. № 52, 1935.

Испытания, результаты которых содержит табл. 16, проводились с предварительно подготовленными по режиму газогенераторами автомобилей; преодоление подъемов автомобилями определялось на горном участке шоссе длиной в 3 км и с разностью высот в 200 м. Отсутствие данных о тоннаже автомобилей, о передаточных числах трансмиссий и о мощностях двигателей не позволяют обстоятельно использовать результаты этих испытаний, но общее представление об ускорениях газогенераторных автомобилей табл. 16 дает.

На фиг. 65 представлена кривая разгона пятитонного газогенераторного грузовика, имеющего общий вес (включая нагрузку) 9440 кг. Разгон производился от начальной скорости движения в 8 км/час¹.

В 1935 г. Комиссия Наркомлеса провела под Москвой испытание газогенераторных автомобилей на базе ГАЗ-АА и ЗИС-5; в табл. 17 приведены некоторые данные этих испытаний².

Табл. 17 характеризует способность газогенераторных автомобилей преодолевать подъемы. Так как в испытаниях участвовали автомобили с различными степенями сжатия в двигателях, имеется возможность оценить способности автомобилей к преодолению подъемов с зависимостью от применяемых степеней сжатия; конечно, такая оценка будет только ориентировочной, так как влияние различных конструкций газогенераторных установок тоже должно было сказаться на полученных результатах. В испытаниях участвовали нормальные бензиновые автомобили, данные по которым могут служить исходными при оценке работоспособности автомобилей, работающих на твердом топливе.



Фиг. 65. Кривая разгона пятитонного газогенераторного грузовика.

Таблица 17

Марка автомобиля	Тип газогенератора и вид топлива	Степень сжатия в двигателе	Время преодоления подъема в мин.	Средняя скорость на подъеме в км/час
ГАЗ-АА	Д-6, дрова	4,22	4,82	9,09
„	Д-6, уголь	4,22	4,79	9,15
„	НАТИ-11, дрова	4,22	4,68	9,37
„	СВК-4, дрова	4,56	4,72	10,63
„	Бензин	4,22	2,57	17,05
ЗИС-5	Д-8-а, дрова	4,7	4,43	9,88
„	НАТИ-10, дрова	7,5	4,12	10,63
„	НАТИ-10, дрова	7,5	4,57	9,69
„	Д-8 а, дрова	4,7	5,68	7,71
„	Сандвикенс, дрова	7,5	4,36	10,00
„	Бензин	4,7	3,16	13,90

¹ Журнал V. D. I. № 78, 1934.

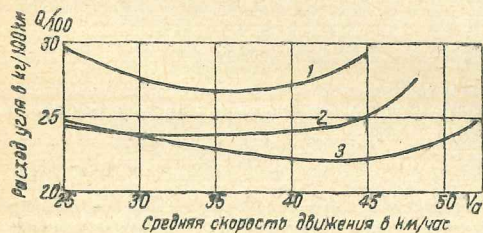
² Журнал „Мотор“ № 8, 1936, статья А. А. Ивакина.

Замеры во время испытаний производились многократно, причем почти всегда газогенераторные установки работали на полную мощность; выбранный для проведения испытаний участок дороги имел длину 730 м и подъем, изменяющийся в пределах 0,025—0,075.

Определение экономических качеств автомобилей. Запас хода автомобиля

Экономичность автомобилей оценивается расходом топлива на единицу производительности, т. е. для грузовых автомобилей, на тоннокилометр; для грузовиков, равного тоннажа и дающих одинаковую производительность, экономичность принято характеризовать расходом топлива в килограммах на 100 км пробега. При потреблении газогенераторными автомобилями, кроме основного твердого топлива, также и бензина, надлежит учитывать и этот расход.

Замер расхода твердого топлива при экономических испытаниях автомобилей производится, как правило, способом досыпки предварительно взвешенного



Фиг. 66. Экономические характеристики автомобилей ГАЗ-АА с древесноугольными газогенераторными установками: Гоэн — Пулен (кривая 1); Панар (кривая 2) и Володина (кривая 3).

топлива. Если в начале испытательного рейса иметь полный бункер топлива и сверх того известное количество запасного топлива, то расход за рейс определится остатком запасного топлива после догрузки бункера до полной емкости в конце рейса. Зная пробег и производительность испытуемого автомобиля за рейс, нетрудно выразить экономичность автомобиля в принятых показателях. При замере расхода топлива способом досыпки надлежит помнить, что

точность этого способа возрастает с увеличением пробега и производительности автомобиля за испытательный рейс; при замерах небольших количеств дровяных чурок и древесного угля возможны существенные ошибки.

Так как расход топлива газогенераторными автомобилями сильно изменяется в зависимости от нагрузки автомобиля и состояния дороги, экономичность автомобилей при испытаниях обычно определяют в разных условиях, например: 1) в городе с полной нагрузкой, 2) в городе без груза, 3) за городом с полной нагрузкой и 4) за городом без груза; средние технические скорости автомобилей выдерживаются при этом в пределах, определяемых состоянием дорог и правилами движения.

Замерам расхода твердого топлива должны всегда сопутствовать определения его влажности; при испытательных рейсах запасное топливо, находящееся в кузове автомобиля, необходимо предохранять от увлажнения осадками.

Представляет интерес снятие так называемых экономических характеристик газогенераторных автомобилей, по которым можно изменения расхода топлива в зависимости от скоростей движения. При снятии экономических характеристик автомобилям последовательно задаются различные скоростные режимы, при которых и замеряются соответствующие расходы топлива. Образец экономических характеристик дает фиг. 66. О количественном расходе топлива газогенераторными автомобилями различных типов, а также об изменении этого расхода в зависимости от нагрузки автомобиля и дорожных условий можно судить по данным табл. 18, составленной на основе работ НАТИ.

Марка (фирма) автомобиля и его тоннаж	Марка (фирма) газогенераторной установки	Вид топлива	Расход топлива в кг/100 км			
			В городе		За городом	
			с грузом	без груза	с грузом	без груза
Бюссинг—5 т	Виско-Автогаз Гумбольд-Дейтц Кромаг	Др. уголь	107	92	87	75
Фаун—5 т		Дрова	158	112	133	102
Греф и Штифт—4 т		"	120	—	114	105
Прага—2,5 т	Витковиц Кола Гоэн-Пулен	"	—	68	72	65
Бедфорд—2 т		Др. уголь	30	28	26	25
Рено—1,8 т		"	35	33	31	30

Запасом хода автомобиля называется то расстояние, которое газогенераторный автомобиль может пройти на твердом топливе, помещающемся в бункере. Для автомобилей с дровяными и древесноугольными газогенераторными установками запас хода лежит в довольно широких пределах—от 60 до 150 км. При определении запаса хода газогенераторного автомобиля для тех или иных условий движения следует принимать в расчет рабочее количество топлива в бункере, т. е. то количество, которое может быть газифицировано без опорожнения активной зоны газогенератора.

Определение пусковых качеств автомобилей

Пусковые качества газогенераторных автомобилей определяются продолжительностью первоначального пуска и продолжительностью пусков после стоянок различной длительности.

Характер первоначальных пусков, т. е. комплекс операций, которые необходимо выполнить при розжиге газогенераторов, разнообразен для автомобилей с различными газогенераторными установками. Типичные по составу пусковых операций примеры дают автомобили с древесноугольными газогенераторными установками Панар и Гоэн-Пулен.

В состав пусковых операций автомобилей с установками Панар входят: 1) подготовительные операции к розжигу газогенератора — открытие зольникового люка, вывертывание пробки запального отверстия, закладка зажженного факела и завертывание пробки запального отверстия; 2) раздувка газогенератора вентилятором до выхода из зольникового люка газа удовлетворительного качества; 3) промежуточные подсобные операции — закрытие зольникового люка и наполнение генераторным газом трубопроводов и фильтров; 4) пуск двигателя на бензине и 5) раздувка газогенератора двигателем и перевод двигателя на питание газом.

Первоначальный пуск автомобилей с установками Гоэн-Пулен включает в себя: 1) пуск двигателя на бензине и 2) раздувку газогенератора двигателем (при зажженном факеле, подносимом к воздушной фурме) и перевод двигателя на питание газом.

Замер времени первоначальных пусков при испытаниях рекомендуется вести расчлененно, фиксируя начало и конец каждой пусковой операции; последнюю пусковую операцию — перевод двигателя на питание генераторным газом — надлежит считать длящейся до начала устойчивой работы двигателя на газе.

При замере времени пусков газогенераторных автомобилей после стоянок различной длительности также желательно фиксировать продолжительность отдельных операций (пуск двигателя на бензине, раздувка газогенератора вентилятором, перевод двигателя на питание газом); при сравнительной оценке пусков необходимо учитывать, что фактором, обеспечивающим легкий пуск после стоянок, является наличие в составе газогенераторной установки газгольдера.

Характерные данные о пусковых качествах автомобилей с различными конструкциями газогенераторных установок содержат табл. 19 и 20, составленные в результате испытательного пробега 1935 г. в Германии ¹. При первоначальных пусках (табл. 19) замерялось время от поднесения зажженного факела к газогенератору о первых оборотов работы двигателя на газе и до начала движения автомобиля; все подготовительные к розжигу операции в замеры не вошли. При пусках после стоянки в течение 15 мин. (табл. 20), замерялось время от подачи сигнала к пуску до начала движения автомобиля, причем учитывались только такие замеры, после которых автомобиль проходил без остановки не менее 200 м; во время стоянок раздувка газогенератора вентилятором или другим способом не допускалась.

Таблица 19

Вид топлива	Число автомобилей	Средняя продолжительность первоначальных пусков					
		до начала работы двигателя			до начала движения автомобиля		
		минимальное значение	среднее значение	максимальное значение	минимальное значение	среднее значение	максимальное значение
Дрова	20	2'42"	6'55"	10'25"	3'23"	8'57"	14'07"
Древесный уголь	10	8'49"	11'13"	14'41"	1'4"	15'24"	20'24"
Торфяной кокс	2	10'18"	12'09"	14'01"	12'12"	14'15"	16'18"
Антрацит ²	2	5'6"	6'35"	7'44"	5'33"	7'01"	8'29"
Швелькок каменного угля	2	21'58"	23'03"	22'09"	23'10"	23'36"	24'12"
Швелькок бурого угля	1	10'15"	12'18"	14'20"	20'14"	22'02"	23'50"
Брикеты бурого угля	1	10'15"	12'11"	—	—	16'18"	—
	1	—	10'12"	—	—	—	—

¹ Журнал V. D. I. № 52, 1935.

² Верхняя строка здесь относится к случаям пуска газогенератора после чистки, нижняя — к случаям пуска без предварительной чистки.

Таблица 20

Вид топлива	Число автомобилей	Средняя продолжительность пусков после 15 мин. стоянки					
		без вентилятора			с вентилятором		
		минимальное значение	среднее значение	максимальное значение	минимальное значение	среднее значение	максимальное значение
Дрова	19	3"	16"	38"	1'27"	1'09"	2'27"
Древесный уголь	10	9"	16"	22"	1'19"	1'51"	2'28"
Торфяной кокс	2	18"	20"	22"	1'27"	1'33"	1'39"
Антрацит	2	—	—	—	—	4'19"	—
Швелькок каменного угля	1	—	24"	—	—	2'55"	—
Швелькок бурого угля	1	—	17"	—	—	3'12"	—
Брикеты бурого угля	1	—	8"	—	—	1'28"	—

Не лишены интереса результаты замеров времени первоначальных пусков произведенных при эксплуатационных испытаниях группы газогенераторных автомобилей в Загорском леспромпхозе осенью 1935 г. ¹; время пусков, зафиксированное при этих испытаниях, указано в табл. 21.

Таблица 21

Определение надежности автомобилей. Процессы ухода и обслуживания

Марка автомобиля	Тип газогенератора и вид топлива	Средняя продолжительность первоначальных пусков в мин.
ГАЗ-АА	Д-6, дрова	8
"	Д-6, уголь	8
"	НАТИ-11, дрова	2
"	СВК-4, дрова	10
ЗИС 5	Д-8-а, дрова	10
"	НАТИ-10, дрова	4
"	НАТИ-10, дрова	4
"	Д-8-а, дрова	10
"	Сандвикенс, дрова	25

Под надежностью газогенераторных автомобилей разумеется способность их к длительной, бесперебойной работе без существенных дефектов: без поломок, без значительного износа, без прогара деталей газогенераторной установки и т. п. С понятием эксплуатационной надежности соединяется и простота ухода за газогенераторными установками в смысле периодичности процессов обслуживания, сложности их и затраты времени.

В сравнении с бензиновым автомобилем автомобиль газогенераторный менее надежен, хотя бы потому, что он имеет дополнительные агрегаты; к тому

¹ Журнал „Мотор“ № 8, 1936, статья А. А. Ивакина.

же агрегаты эти, большие по габаритам и изготавливаемые из листового материала, менее прочны, чем детали собственно автомобиля.

Современным автомобильным газогенераторным установкам даже лучших конструкций, выполненным из высококачественных материалов, свойственны в той или иной мере характерные дефекты, связанные с условиями работы; к таким дефектам относятся:

- 1) разрушение (прогары, появление трещин) топливников и центральных фурм под влиянием высоких температур процесса газификации;
- 2) „проедание“ стенок и крышек бункеров в результате коррозирующего воздействия кислот, содержащихся в продуктах сухой перегонки древесины;
- 3) повреждение всевозможных крышек и люков и поломки их деталей вследствие не всегда осторожного обращения с ними;
- 4) поломки монтажных устройств и деталей, вызываемые тряской агрегатов установки на ходу автомобиля, перекасами рамы и т. п.

Определение надежности газогенераторных автомобилей в кратковременных испытаниях сводится к фиксации:

- 1) характера, количества и продолжительности простоев автомобилей, связанных с дефектами газогенераторных установок;
- 2) всех поломок и неисправностей газогенераторных установок;
- 3) технического состояния агрегатов газогенераторных установок до и после испытаний.

При организации длительных (с пробегом не менее 5000 км) испытаний газогенераторных автомобилей представляется крайне желательным наблюдение за износом двигателей, вообще еще недостаточно изученным¹; микрометражем двигателей до и после испытаний можно установить вероятную длительность работы двигателей без ремонтов.

Показателями простоты ухода за газогенераторными автомобилями служат количество операций по обслуживанию, отнесенных к пробегу автомобиля, и затраченное на них время.

Пример испытания газогенераторного автомобиля

Летом 1936 г. в НАТИ было произведено испытание пятитонного автомобиля Фаун с дровяной газогенераторной установкой Гумбольд-Дейтц; целью испытаний была общая оценка работы газогенераторного автомобиля.

Пробеговые испытания автомобиля с грузом и без груза проводились в условиях городского и загородного движения. В городе скорости движения выдерживались применительно к правилам уличного движения, за городом же скорости были значительно выше и зависели от состояния дорог. Испытания производились на дорогах, покрытых асфальтом или булыжником; пробеги по грунтовым дорогам не практиковались, так как автомобиль Фаун по своей конструкции явно предназначен для езды по дорогам с твердым покрытием.

Местом для определения динамических качеств автомобиля был выбран участок шоссе, имеющий горизонтальный профиль и хорошее асфальтовое покрытие. Определение динамических качеств производилось с прибором „Оригинал-Брун“, фиксирующим пройденный путь, время и изменения скорости; перед началом испытания прибор тарировался. Заезды производились в двух взаимнопротивоположных направлениях на прямой и повышающей

¹ См. раздел „Износ двигателей“, гл. I.

(с мультипликатором) передачах. Полезная нагрузка автомобиля была принята в 5 т.

Топливом при испытании служила смесь дубовых, грушевых и березовых дров, нарезанных в мелкие чурки размером 40 × 40 × 60 см; влажность дров колебалась в пределах от 15 до 21%. Расход топлива определялся методом досыпки дров; автомобиль выходил в рейс с полностью загруженным бункером, в течение рейса бункер догружался и сумма всех за рузок (в пути и последней на стоянке в гараже) определяла расход топлива за рейс.

Конденсат сливался через каждые 100 км пробега. Количество мелких частиц (угля и сажи) в очистителях учитывалось взвешиванием, а затем пересчитывалось на 100 км пробега автомобиля.

Температура газа замерялась ртутным термометром, который был установлен в трубе перед смесителем.

Пробы масла брались через 100, 300, 500 и 700 км пробега автомобиля.

Испытываемый автомобиль имел двигатель фирмы Дейтц. При переводе этого двигателя, бывшего визелем, на питание генераторным газом фирмой были внесены следующие изменения в его конструкцию: 1) уменьшена степень сжатия; 2) изменен всасывающий коллектор; 3) снята топливная аппаратура и 4) установлены магнето, свечи и смеситель.

Спецификация автомобиля (по каталогу)

Двигатель — № 31256.

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Число тактов — 4. | 5. Эффективная мощность — 85 л. с. |
| 2. Число цилиндров — 6. | 6. Число оборотов в мин. — 1500. |
| 3. Степень сжатия — 9,6. | 7. Расположение клапанов — верхнее. |
| 4. Литраж — 11,5 л. | 8. Система охлаждения — водяная. |

Трансмиссия

9. Коробка передач — трехходовая с цилиндрическим мультипликатором
10. Передаточные числа в коробке передач:

$$\begin{array}{ll} \text{I} - i_1 = 5,9 & \text{III} - i_3 = 2,1 \\ \text{II} - i_2 = 3,5 & \text{IV} - i_4 = 1,0 \end{array}$$

Передаточные числа мультипликатора:

$$\begin{array}{l} i_I = 1,0 \\ i_{II} = 0,705 \end{array}$$

Передаточное число в заднем мосту — $i_0 = 5,8$.

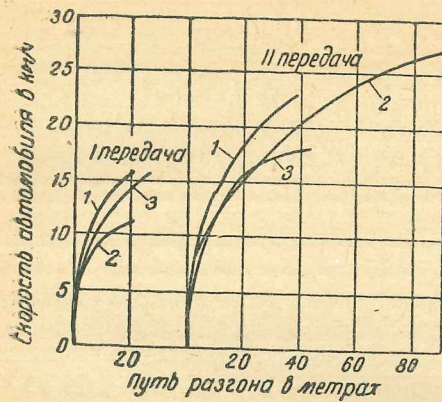
11. Кузов — платформа с откидными бортами.
12. Распределение весов:

Условия	Вес, приходящий на переднюю ось, в кг	Вес, приходящий на заднюю ось, в кг
С грузом	4760	7120
Без груза	4060	2820

13. Электрооборудование — фирмы „Бош“:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| а) Динамо. | г) Магнето. |
| б) Стартер. | д) Свечи — ДМ 175/1, — 18 мм. |
| в) Два аккумулятора (160 Ah). | |

Газогенераторная установка Гумбольд-Дейтц состоит из газогенератора, двух циклонных очистителей, охладителя, смесителя, бачков для сбора конденсата и вентилятора отсоса газа при розжиге. Газогенератор расположен с правой стороны по ходу машины в специальной выемке, сделанной в кабине; для сохранения общего вида кабины автомобиля выемка эта прикрывается дверью с воздушными щелями.



Фиг. 67. Кривые разгона газогенераторного автомобиля Фаун на I и II передачах: 1 — с мультипликатором без груза; 2 — с мультипликатором с полной нагрузкой; 3 — без мультипликатора с полной нагрузкой (НАТИ).

Характеристика газогенераторной установки Гумбольд-Дейтц дана в Приложении I.

Для оценки динамических качеств автомобиля использованы были следующие величины:

- 1) средние технические скорости движения автомобиля в различных условиях работы;
- 2) максимальная и минимальная устойчивая скорости движения на прямой передаче;
- 3) разгон машины на разных передачах.

Средние технические скорости, определенные в результате подсчета по всем проведенным пробегам, оказались такими:

Сравнивая эти показатели с соответственными показателями бензинового автомобиля ЯГ-4, можно установить, что средние технические скорости автомобиля Фаун ниже, чем у автомобиля ЯГ-4, при движении в городе — на 21% и при езде за городом — на 10%.

Большие потери скорости газогенераторным автомобилем при езде в городе объясняются тем, что обычные в городе частые остановки не дают, во-первых, возможности газогенератору развить достаточно эффективный напряженный режим работы, а, во-вторых, изменения режима газогенератора отнимают время „на раскачку“ после каждой остановки, сопряженной с малым отбором генераторного газа. Отмеченные препятствия при езде за городом встречаются реже, вследствие чего потери скорости при езде по шоссе уменьшаются.

Оба очистителя (циклоны) установлены рядом с водяным радиатором и укреплены на угольниках, привернутых к лонжеронам рамы автомобиля.

Охладитель газа — трубчатый радиатор, укрепленный на лонжеронах рамы впереди водяного радиатора.

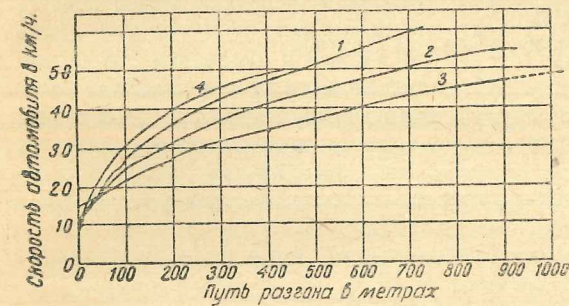
Розжиг газогенератора осуществляется посредством отсасывающего электровентилятора, который имеет и ручной привод.

Максимальная скорость движения автомобиля с грузом в 5000 кг определена в 55 км/час, без груза со включенным мультипликатором максимальная скорость доходила до 70 км/час.

Минимальная устойчивая скорость движения на прямой передаче составляла около 15 км/час; эту скорость однако удавалось сохранять только на протяжении 150—200 м пути, после чего двигатель глох вследствие плохого газообразования в газогенераторе.

Результаты замера разгонов автомобиля при движении на различных передачах показаны на фиг. 67, 68, 69 и 70.

Весьма характерным для кривых разгона газогенераторного автомобиля является наличие некоторых „провалов“ в протекании этих кривых. Объясняется это тем, что после резкого открытия дроссельной заслонки смесителя двигатель быстро вырабатывает весь наличный газ из системы и „сдаст“ до того момента пока в газогенераторе не разовьется повышенный режим газификации, соответствующий потребности двигателя.

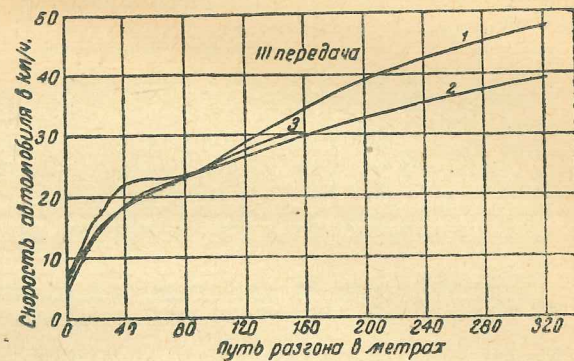


Фиг. 69. Кривые разгона газогенераторного автомобиля Фаун на прямой передаче: 1 — с мультипликатором без груза; 2 — без мультипликатора с полной нагрузкой; 3 — с мультипликатором с полной нагрузкой; 4 — кривая разгона бензинового автомобиля „Я-НА И-7Д“ с полной нагрузкой.

тогда как для автомобиля Фаун этот путь составляет 350 м.

Средний расход топлива автомобилем Фаун за время испытаний составил:

Нагрузка автомобиля	Расход топлива в кг на 100 км	
	за городом	в городе
5000 кг	133	158
Без груза	102	112



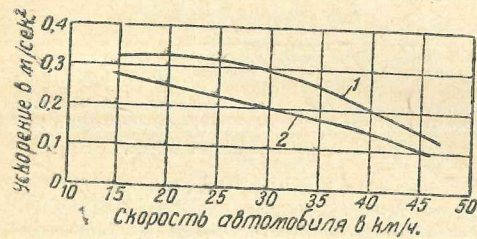
Фиг. 68. Кривые разгона газогенераторного автомобиля Фаун на III передаче: 1 — с мультипликатором без груза; 2 — с мультипликатором с полной нагрузкой; 3 — без мультипликатора с полной нагрузкой (НАТИ).

Если сравнить разгоны бензинового автомобиля с разгонами автомобиля Фаун, то оказывается, что для достижения бензиновым автомобилем скорости в 40 км/час необходим путь разгона около 200 м

Догрузку бункера газогенератора необходимо было производить через 50—55 км пробега в городских условиях и через 65—70 км пробега за городом. Обслуживание газогенераторной установки, отнесенное к пробегу автомобиля, состоит в следующем:

- 1) чистка зольника газогенератора . . . через 200 км
- 2) чистка очистителя через 200 "
- 3) промывка охладителя через 500 "
- 4) загрузка топлива и слив конденсата при работе в условиях города через 55 "
- 5) то же для езды за городом через 70 "

Длительность пуска, считая от момента поднесения факела к газогенератору до начала работы двигателя на газе, колебалась от 8 до 10 мин. и складывалась из розжига газогенератора, отнимающего 6—3 мин., и проворачивания двигателя стартером, на что уходило 1—2 мин.



Фиг. 70. Кривые ускорений на прямой передаче пятитонных автомобилей с грузом: 1 — бензинового „Я-НАТИ-7Д“, 2 — газогенераторного Фаун.

Быстрота пуска двигателя на газе после кратковременных перерывов в работе зависела от режима, на котором находился газогенератор перед остановкой двигателя, и длительности остановки. После пробега в 40—50 км со скоростью около 30 км/час и остановки продолжительностью в 10 мин. двигатель заводился немедленно; простой до 20 мин. вызывал необходимость отсоса газа вентилятором в течение 3—4 мин. и лишь после этой операции двигатель мог быть заведен.

Основываясь на результатах приведенного испытания, экспериментаторы сделали следующие выводы:

1. Газогенераторная установка Гумбольд-Дейтц имеет не особенно сложную, достаточно надежную конструкцию.
2. Монтаж установки компактен и удобен для обслуживания.
3. Динамические качества автомобиля Фаун, снабженного установкой Гумбольд-Дейтц, удовлетворительны.
4. Средние технические скорости, развиваемые в городе и за городом, обеспечивают нормальные условия эксплуатации.
5. Пусковые качества сравнительно с другими установками вполне приемлемы.
6. Управление дросселями несложно.
7. Расход топлива невелик.

Недостатками конструкции газогенераторного автомобиля являются:

1. Малые клирансы и угол переднего въезда.
2. Отсутствие бензиновой системы с небольшим карбюратором, необходимой хотя бы для маневрирования автомобиля в гараже с холодным газогенератором.
3. Высокая температура в кабине водителя, достигающая 35° С при температуре окружающего воздуха в 20° С; высокая температура в кабине объясняется близостью в кабине газогенератора.

ИСПЫТАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ТРАКТОРОВ

Тяговое испытание трактора

Испытание трактора желательно проводить в условиях, близких к нормальным эксплуатационным. Особое внимание следует уделять подбору сорта твердого топлива, ни в коем случае не создавая „тепличной“ обстановки; если трактор предназначен к работе в Карелии, то вряд ли целесообразно снабжать его буковыми, дубовыми или березовыми дровами, зная, что в эксплуатации ему придется работать на сосне, ели и, в лучшем случае, на смеси хвойных пород с березой.

Перед началом испытаний трактора необходимо составить его спецификацию по следующей форме:

Общие сведения о тракторе

- 1) Название трактора; 2) модель; 3) №; 4) тип газогенераторной установки
- 5) год выпуска; 6) тяговая мощность при работе на газе; 7) тяговая мощность при работе на пусковом карбюраторе; 8) скорость движения трактора на всех передачах и при заднем ходе; 9) топливо пусковое; 10) топливо основное — жорода, влажность (предельная), размеры.

Данные двигателя (см. в гл. II)

Данные газогенераторной установки (см. в гл. II)

Данные трансмиссии

- 1) Тип муфты сцепления; 2) соединение муфты сцепления с коробкой передач; 3) тип коробки передач; 4) передаточные числа; 5) тип демультипликатора; 6) передаточные числа демультипликатора; 7) тип промежуточной трансмиссии; 8) тип дифференциала; 9) блокировка дифференциала; 10) тип привода к конечной передаче; 11) тип конечной передачи; 12) схема трансмиссии; 13) теоретические скорости движения на всех передачах; 14) количество смазки в картерах трансмиссии.

Данные шасси

- 1) Тип рамы; 2) тип подвески трактора; 3) поддресоривание; 4) система управления; 5) тип рулевого управления; 6) расположение рычагов управления; 7) система тормозов; 8) тип бортовых фрикционов; 9) ведущие органы (тип, количество); 10) расположение ведущих органов; 11) диаметр и ширина обода ведущих колес; 12) число звеньев гусеницы, укладываемые на ведущей звездочке за один ее оборот; 13) шаг и ширина гусеницы; 14) опорная длина гусеницы (фиг. 71); 15) способ натяжения гусеницы; 16) число опорных роликов в одной гусенице (общее); 17) тип почвозацепов; 18) размеры шпор — высота, длина; 19) тип не ведущих опорных органов; 20) число не ведущих органов; 21) диаметр и ширина обода не ведущего колеса; 22) тип передней оси.

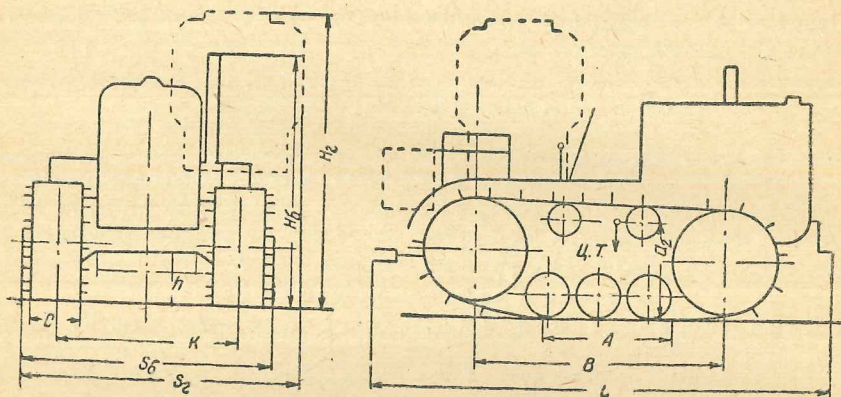
Основные размеры трактора в мм (см. фиг. 71)

- 1) Наибольшая длина трактора без газогенераторной установки и с ней;
- 2) наибольшая ширина трактора без газогенераторной установки и с ней;

3) наибольшая высота трактора без генераторной установки и с ней; 4) продольная база; 5) колея задняя и передняя.

Определяя общий вес трактора и распределение весов на передние и задние ходовые части (последнее не относится к гусеничным машинам), надо иметь трактор в рабочем состоянии, т. е. заправленный топливом и водой, с инструментом и с грузом в 75 кг на месте тракториста; все весовые сведения нужно давать с учетом веса газогенераторной установки, а также без него.

Удельное давление на грунт подсчитывается делением веса трактора (в рабочем состоянии) на общую опорную площадь трактора и выражается в кило-



Фиг. 71. Основные габаритные размеры трактора:

L — наибольшая длина; H_2 — наибольшая высота газогенераторного трактора; H_0 — наибольшая высота бензинового трактора; S_2 — наибольшая ширина газогенераторного трактора; S_0 — наибольшая ширина бензинового трактора; B — продольная база; A — опорная длина гусениц; k — колея; h — расстояние от нижней точки трактора до поверхности дороги; c — ширина гусениц.

граммах на 1 см^2 . Для колесных и колесногусеничных тракторов опорная площадь и удельное давление подсчитываются отдельно для передних и задних ходовых частей.

Подготовка трактора к испытанию сводится к обкатке и регулировке двигателя и, что крайне желательно, к замеру мощности двигателя. Имея дело с новым трактором, необходимо обкатать его до начала эксперимента; обкатка производится в течение 50 час. на следующих режимах: 10 час. на холостом ходу, 20 час. на половинной нагрузке и 20 час. на полной нагрузке и рабочей скорости.

Определение тяговых качеств трактора производится путем его динамометрирования. Перед началом динамометрирования газогенератор должен быть введен в режим работы, соответствующей 80% максимальной нагрузки, которую предполагается снимать с трактора на предстоящем замере. На этом режиме трактор должен проработать не менее 25—30 мин.; только с прогретым двигателем и трансмиссией можно приступить к замерам, следя за наличием топлива в бункере газогенератора.

При определении тяговых качеств замеряются следующие величины:

1) Тяговое усилие на прицепном крюке; 2) пройденный путь; 3) время прохождения пути; 4) число оборотов ведущих органов трактора; 5) расход топлива (с определенной влажностью); 6) температура воды в радиаторе; 7) температура газа при выходе из газогенератора; 8) температура газа при поступлении в смеситель; 9) температура рабочей смеси за смесителем; 10) разрежения в системе газогенераторной установки; 11) температура и давление окружающего воздуха (для приведения замеренных мощностей к нормальным условиям).

Мощность трактора на крюке выражается следующей формулой:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cos \delta}{270} v, \quad (26)$$

где: $N_{кр}$ — мощность трактора на крюке в л. с.;

$P_{кр}$ — сила тяги на крюке в кг;

δ — угол наклона упряжной серьги;

v — скорость движения трактора в км/час.

Скорость движения трактора v подсчитывается так:

$$v = \frac{3,6 s}{t} \text{ км/час}, \quad (27)$$

где: s — длина участка, на котором производятся замеры, в м;

t — время прохода участка в сек.

Потери от буксования колесных тракторов σ можно определять по формуле:

$$\sigma = \frac{n_k - n_x}{n_k}, \quad (28)$$

где n_k — среднее число оборотов ведущих колес трактора при динамометрировании под нагрузкой;

n_x — то же, но при холостом ходе на том же участке пути.

Приведенная формула потерь при буксовании была принята при испытании тракторов в Персиановке (1927 г.); формула выведена с допущением, что на холостом ходу трактора ведущее колесо не буксует. Потери от буксования гусеничных тракторов определяются по формуле:

$$\sigma = 1 - \frac{s}{l \cdot z \cdot n_k}, \quad (29)$$

где: l — длина одного звена гусеницы в м;

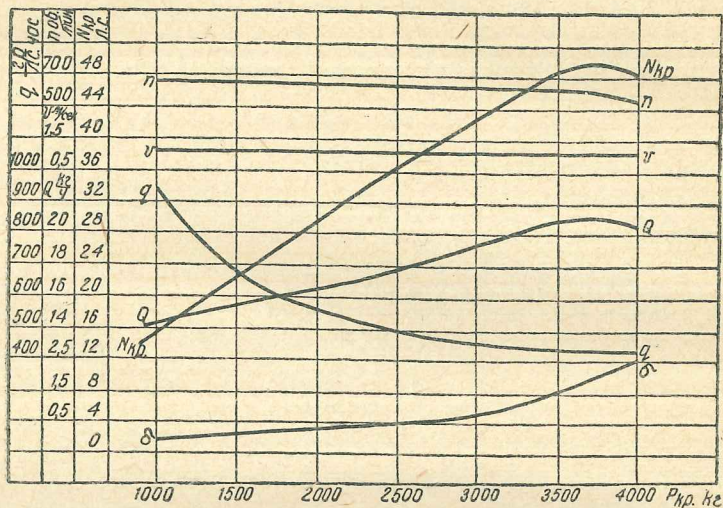
z — число звеньев, соответствующих полной окружности ведущей зубчатки гусеницы;

n_k — число оборотов зубчатки за время одного прогона.

Для снятия тяговых характеристик выбирается возможно более близкий к горизонтальному участок пути достаточной длины. Участок разбивается на три части; замеры производятся на средней части, а на концевых частях трактор вводится в режим, необходимый при производстве замеров. Чтобы уstra-

нить влияние возможного уклона пути, динамометрирование производится при работе трактора в обоих направлениях участка.

Результаты испытания наносятся на диаграмму. На фиг. 72 приведена примерная тяговая характеристика гусеничного трактора. Здесь по оси абсцисс отложены силы тяги на крюке $P_{кр}$, а по оси ординат — значения действительной скорости движения v , мощности трактора на крюке $N_{кр}$, часового и удельного расхода топлива Q и q , числа оборотов двигателя n и потери от буксования ведущих органов σ .



Фиг. 72. Тяговая характеристика гусеничного трактора. По оси абсцисс отложены силы тяги на крюке $P_{кр}$, по оси ординат — соответствующие значения действительной скорости движения v , полезной мощности трактора $N_{кр}$, часового и удельного расхода топлива Q и q , числа оборотов двигателя n и потери от буксования ведущих органов σ .

ного расходов топлива Q и q , число оборотов двигателя n и потери от буксования ведущих органов σ .

Пример испытания газогенераторного трактора¹

В Ленинградской лесотехнической академии им. тов. Кирова проведено было испытание трактора ЧТЗ с дровяной газогенераторной установкой.

Установка Автодор-I состоит из газогенератора, охладителя и очистителей горячего и холодного газа.

Газогенератор смонтирован на левой стороне трактора ЧТЗ. Его бункер имеет форму цилиндра, ограниченного сверху и снизу усеченными конусами: верхний конус переходит в загрузочный люк, а нижний — в топливник. Топливник с футеровкой из огнеупорных кирпичей имеет внутренний диаметр 615 мм и высоту 580 мм.

Охладитель, составленный из трех трубчатых секций, расположен сзади трактора над крышкой для приводного шкива.

¹ Данные испытания взяты из отчета проф. Е. А. Флорова.

Очистители горячего и холодного газа изготовлены в виде ящиков. Два ящика, предназначенные для очистки горячего газа, наполнены: первый — железной стружкой, второй — желобчатыми перегородками, расположенными в шахматном порядке. Третий ящик очищающей системы включает в себе несколько экранов, сделанных из гофрированного листового железа; на этих экранах холодный газ оставляет механические примеси, которые, падая вниз, собираются на дне ящика. Фильтром тонкой очистки является сосуд, наполненный клубками тонкой проволоки; пройдя этот фильтр, газ направляется непосредственно к смесителю.

Характеристика газогенератора такова:

1. Вес газогенератора без топлива = 264 кг.
2. Вес футеровки топливника = 100 кг.
3. Емкость бункера = 0,431 м³.
4. Вес загруженного в бункере топлива = 130 кг.
5. Площадь сечения топливника на уровне фурм = 0,126 м².
6. Напряженность горения в фурменном сечении = 420 кг/м²/час.
7. Скорость воздуха в фурмах = 17 м/сек.
8. Скорость газа в выходном патрубке = 10 м/сек.

Для тяговых испытаний были выбраны горизонтальные участки общей длиной в 300 м. Один участок являлся грунтовой дорогой среднего качества, два другие — шоссе, покрытые крупной щебенкой.

При динамометрировании в качестве нагрузки испытуемого трактора использовали второй трактор ЧТЗ; величина нагрузки регулировалась изменением затяжки тормозов и включением двигателя прицепного трактора. Тяговые усилия замерялись гидравлическим динамометром „Чекали“.

Время прохождения трактором мерного участка засекалось секундомером, а для определения величины буксования подсчитывались обороты ведущих зубчаток. По числу оборотов зубчаток и известным передаточным числам трансмиссии определялись обороты двигателя.

При динамометрировании отбирался в аспиратор генераторный газ, который анализировали с помощью прибора Норзе.

Трактор испытывался на твердом топливе трех сортов: 1) березовые чурки, 2) отходы катушечного производства — березовые цилиндрики с диаметром 25 мм и длиной около 50 мм и 3) березовая щепа.

Эксперименты производились с двумя величинами степени сжатия в двигателе, а именно: с $\epsilon = 3,9$ и $\epsilon = 8$. Результаты испытаний собраны в табл. 22 и 23. В табл. 22 приведены тяговые усилия трактора при режиме работы, соответствующем 650 оборотам двигателя в минуту.

Таблица 22

№ замеров	Степень сжатия	Сорт топлива	Влажность топлива в %	Тяговые усилия в кг		
				I передача	II передача	III передача
1	3,9	Катушки	15	2890	2170	1440
2	3,9	Щепа	16	2770	2030	1380
3	3,9	Чурки	20	2460	1850	1225
4	3,9	"	24	1890	1420	940
5	3,9	"	30	1480	1115	740
6	8	Катушки	13	4850	3650	2420
7	8	Щепа	23	4650	3500	2320
8	8	Чурки	38	3060	2200	1530
9	3,9	Бензин	—	—	4550	3020

При $\epsilon = 3,9$ и работе двигателя на генераторном газе развиваемая мощность была столь незначительна, что на поворотах трактора двигатель часто глох.

Рассматриваемые испытания трактора представляют интерес с точки зрения выбора топлива для дровяных газогенераторов. Рентабельность эксплуатации газогенераторных автомобилей и тракторов в значительной мере зависит от стоимости заготовки твердого топлива. Нет нужды доказывать, что разделка древесины в чурки размером, например $50 \times 40 \times 40$ мм обойдется значительно дороже приготовления щепы; щепа получается в результате обработки поленьев на механической дробилке и ее производство обходится дешевле заготовки чурок и, конечно, выгоднее приобретения отходов катушечного производства (к тому же не везде есть катушечные фабрики). Широкие испытания, проведенные НАТИ совместно с представителями лесного хозяйства СССР, показывают полную пригодность щепы в качестве топлива для многих типов газогенераторных установок. Инициативу применения щепы для тракторных газогенераторов следует отнести в особую заслугу проф. Е. А. Флорову.

В табл. 23 представлены расходы топлива при тяговых испытаниях трактора. Расходы ощутимо разнятся в зависимости от степени сжатия в двигателе и влажности древесины.

Таблица 23

№ замеров	Сорт топлива	Влажность в %	Степень сжатия в двигателе	Часовой расход топлива в кг	Расход топлива на одну тяговую л. с. в кг	Скорость движения в км/час	Тяговое усилие на крюке в кг	Мощность на крюке в л. с.
1	Катушка	15	3,9	44,1	1,60	3,70	2000	27,5
2		13	8	55,2	1,20	4,06	3000	46,0
3	Щепа	16	3,9	45,0	1,63	3,71	2000	27,6
4		23	8	—	1,25	3,98	3150	46,5
5	Чурки	30	3,9	35,1	2,1	3,04	1550	17,5
6		38	8	38,4	1,45	4,20	1700	26,5

Розжиг газогенератора с переводом двигателя на газ отнимал в среднем 20—25 мин. Пуск двигателя при степени сжатия 8 производился исключительно буксировкой, так как повернуть коленчатый вал обычным способом было очень трудно. На малых оборотах двигатель работал мягко, однако имело место значительное засмоление клапанов, что следует отнести за счет низкой напряженности горения в газогенераторе.

Теплотворная способность генераторного газа оказалась равной: для щепы с влажностью в 16% — 1260 кал/м^3 , для отходов катушечного производства с влажностью в 15% — 1210 кал/м^3 и для чурок с влажностью в 20% — 1220 кал/м^3 ; при отборе проб газа для производства анализа на состав и теплотворную способность трактор развивал мощности, равные соответственно 25, 18 и 23 л. с.

Разрежения, замеряемые у смесителя, показали исключительно малое сопротивление системы. При трубопроводах, не забитых угольной мелочью, потери оценивались в 200—250 мм. вод. ст.

Кроме тяговых испытаний, двигатель трактора ЧТЗ был подвергнут дополнительному исследованию на замер мощности. Мощность двигателя ЧТЗ при работе на бензине оказалась равной 80 л. с. при $n = 650$ об/мин. На этих же оборотах и степени сжатия, повышенной с 3,9 до 8,0, было достигнуто на дровах-чурках с влажностью в 38% — 55 л. с., на щепе с влажностью в 23% — 63 л. с. и на катушечных отходах с влажностью в 13% — 66 л. с., т. е. потери мощностей в процентах от „бензиновой“ оказались соответственно равны 31, 21 и 17%.

В результате испытаний экспериментаторы указывают на следующие преимущества установки Автодор-1 на тракторе ЧТЗ:

1. Компактность и удачный монтаж ее агрегатов не ухудшают наблюдения за дорогой и прицепным инвентарем.

2. За период испытаний (около 200 час.) не было ни одной поломки газогенераторной установки, несмотря на работу по дорогам с твердым покрытием.

3. Доступ к отдельным частям установки удовлетворителен.

4. Двигатель развивает на генераторном газе сравнительно большую мощность, что характеризует хорошее качество газа, вырабатываемого газогенератором.

К недостаткам установки относятся:

1. Недостаточная очистка газа от смол и мельчайшей сажи.

2. Забивка очистителя углем, что приводит к резкому увеличению сопротивлений в системе.

3. Неудобное пользование лючками, через которые подводится воздух в газогенератор.

4. Трудность разборки и чистки охладителя и очистителей.

Характеристики газогенератора
(составлена по

торных автомобилей
данным НАТИ)

№ п/п	Характеризуемый объект	Марка (фирма) газогенератора			
		Берлие	Еерлие	Брандт	Гумбольд-Дейтц
1	Марка (фирма) автомобиля	Берлие	Берлие	--	Фаун
2	Тип автомобиля и тоннаж (число мест)	Легковой 5 мест	Грузовой 2,2 т	--	Грузовой 5 т
3	Общий вес автомобиля в кг	--	--	--	6880
4	Передаточные числа: а) в коробке передач б) в главной передаче заднего моста	--	--	--	$i_1 = 5,9$ $i_2 = 3,5$ $i_3 = 2,1$ $i_4 = 1,0$ $i_0 = 5,8$
5	Клиранс, определяемый нижней точкой газогенератора орной установки, в мм	--	--	--	230
6	Мощность двигателя на газе в л. с.	--	45,6	32,5	69
7	Число оборотов двигателя в мин.	--	1700	2300	1500
8	Литраж двигателя в л.	--	5,9	--	11,5
9	Степень сжатия в двигателе	--	6,6	--	9,6
10	Фазы распределения: а) всасывающий клапан: открытие закрытие б) выхлопной клапан: открытие закрытие	--	--	--	--

нераторной установки

Гоэн-Пулен	Панар	Менк и Гамброк	Кола	Кромаг	Виско-Автогаз
Ренэ	Шкода	Мерселес Бенц	Бедфорд	Греф и Штифт	Бюссинг
Грузовой 1,8 т	Грузовой 3 т	Грузовой 3 т	Грузовой 2 т	Грузовой 5 т	Грузовой 6 т
2600	--	--	--	3100	--
$i_1 = 6,32$ $i_2 = 3,16$ $i_3 = 1,81$ $i_4 = 1$ $i_{з.х} = 7,74$	$i_1 = 4,65$ $i_2 = 2,88$ $i_3 = 1,75$ $i_4 = 1,0$ $i_{з.х} = 3,62$	--	$i_1 = 7,22$ $i_2 = 3,5$ $i_3 = 1,7$ $i_4 = 1,0$ $i_{з.х} = 7,15$	$i_1 = 5,60$ $i_2 = 3,15$ $i_3 = 1,74$ $i_4 = 1,0$ $i_{з.х} = 8,1$	--
$i_0 = 7,75$	$i_0 = 6,12$	--	$i_0 = 6,21$	$i_0 = 7,75$	--
235	--	--	226	210	--
30	40	60	34,8	60	--
2700	--	--	2000	2000	--
2,38	5,52	--	3,18	5,7	--
7,1	8,8	--	7,1	8,1	9,2
7° до в. м. т. 46° после н. м. т.	--	--	2° после в. м. т. 49° 30' после н. м. т.	5° после в. м. т. 48° после н. м. т.	--
45° до н. м. т. 6° после в. м. т.	--	--	54° 30' до н. м. т. 4° 30' после в. м. т.	50° до н. м. т. 5° после в. м. т.	--

№ п/п	Характеризуемый объект	Марка (фирма) газогенераторной установки				газогенераторной установки					
		Берлие	Берлие	Брандт	Гумбольд-Дейтц	Гоэн-Пулен	Панар	Менк и Гамброк	Кола	Кромаг	Виско-Автогаз
11	Способ пуска двигателя	На бензине или на газе	На бензине или на газе	На бензине или на газе	Только на газе	На бензине	На бензине	На бензине или на газе	На бензине или на газе	На бензине или на газе	—
12	Вес газогенераторной установки в кг	—	354	260	372	140	350	362	306	368	393
13	Вес установки на 1 л. с. мощности двигателя	—	7,95	8	4,38	4,7	7,8	6,0	—	—	—
14	Расход топлива в г на 1 л. с.	—	770	Березы=720 Сосны=870	—	670	550	—	—	1000	—
15	Вид топлива	Дровяные чурки	Дровяные чурки	Дрова, уголь, маслянистые семена	Дровяные чурки	Древесный уголь или его смесь с антрацитом	Древесный уголь	Древесные чурки	Древесный уголь или его смесь с антрацитом	Дровяные чурки	Древесный уголь
16	Процесс газификации	Опрокинутый	Опрокинутый	Смешанный	Опрокинутый	Горизонтальный	Опрокинутый	Прямой	Прямой	Опрокинутый	Прямой
17	Наличие вентилятора и его тип	Есть, электрический	Есть, электрический	Есть, электрический	Есть, электрический с ручным приводом	Нет	Есть, электрический с ручным приводом	Есть, электрический с ручным приводом	Есть, электрический с ручным приводом	Есть, электрический	Есть, электрический
18	Форма бункера	Прямоугольная коробка, переходящая в конус	Два цилиндра разных диаметров с коническим поясом между ними	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр	Прямоугольная коробка с небольшим сужением (кверху)
19	Высота бункера в мм	670	1537	1210	1450	855	860	1280	960	1065	1500
20	Диаметр бункера в мм	Размеры 550×960	528 и 495	550	500	350	540	505	480	485	Размеры 500×330
21	Объем бункера в л	100	300	200	277	82	185	257	146	190	230
22	Объем бункера на 1 л. с. мощности двигателя	—	6,65	5,8	3,26	2,73	4,1	4,3	—	—	—
23	Способ подвода воздуха в газогенератор	8 фурм	10 фурм	Несколько фурм	Центральное сопло	Горизонтальное сопло	Щель	Центральное сопло	Под колосники	—	Под колосники
24	Сечение воздушн. фурм (сопел) в см ²	4,0	7,85	3,2	3,15	3,0	—	8,5	—	16,2	—
25	Род футеровки	Нет	Нет	Шамотная масса в металлическом кожухе	Шамотная масса	Нет	Огнеупорный кирпич и шамотная масса	Нет	Шамотный кирпич, скрепленный цементом	Нет	Шамотный кирпич
26	Объем топливника в л	10	19,3	50	28	34	34	51	35	51	50

№ п/п	Характеризуемый объект	Марка (фирма) газог			
		Берлие	Берлие	Брандт	Гумбольд- Дейтц
27	Сечение топливника в месте подвода воз- духа в м ²	0,0594	0,104	0,096	0,033
28	Наличие колосниковой решетки	Нет	Нет	Нет	Есть
29	Вес газогенератора в кг	—	125	140	236
30	Вес одной загрузки топ- лива в кг	50	90	—	100
31	Напряженность горения в кг/м ² /час	—	335	230	810
32	Место крепления газо- генератора	Сзади	За кабиной, слева	—	За кабиной, справа
33	Поверхность охлажде- ния в м ²	0,78	6,6	1,54	3,81
34	Вес системы охлажде- ния в кг	—	95	—	70
35	Тип грубого очисти- теля	Динамиче- ский	Динамиче- ский	Инерцион- ный	Центро- бежный (циклон)
36	Емкость очистителя в л	132	341	80	—
37	Тип фильтра	—	С кольцами Рашига	—	—
38	Вес очистительной си- стемы в кг	—	58 (без колец Рашига)	77	60
39	Тип карбюратора	—	—	—	Нет
40	Система зажигания . . .	Магнето Сцинтилла	Магнето Сцинтилла	—	Магнето Бош
41	Тип свечей	Маршал	Маршал-12	—	Бош-ДМ 175/1

нераторной установки

Гоэн-Пулен	Панар	Менк и Гамброк	Кола	Кромаг	Виско- Автогаз
0,087	0,0358	—	—	0,091	—
Есть, гори- зонтальная	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть
61	187	190	152	189	260
18 (древесный уголь)	25	90	30 (смесь дре- весного угля с антраци- том)	85	145
200	240	—	—	660	—
За кабиной, слева	За кабиной, слева	За кабиной, слева	Рядом с кабиной, справа	За кабиной, слева	За кабиной, слева
1,5	1,9	5,7	—	6,37	—
16	24	172	—	180	—
Инерцион- ный	Резервуар с коксом	Инерцион- ный	Камеры с перего- родками	Динамиче- ский	Мокрый поверхност- ный
90	220	264	176	301	120
Матерчатый	Сухой (с коксом) и ма- терчатый	Щеточный	С древесной шерстью и динамиче- ский по- верхностный	С древесной с ружкой	С проволоч- ными спи- ралями, смо- ченными маслом
60	116	51	104	180	82
Солекс-3	Мотоциклет- ного типа	—	Зенит, опрокину- того типа	—	—
Батарейная SFVB	Магнето Сцинтилла	—	Батарейная	Сдвоенная установка динамо и магнето Бош	—
—	Бош	—	АС тип К-9	Бош	—

Характеристики тракторных газогенераторов опрокинутого процесса

№ по пор.	Характеризуемые объекты	Марка га			
		НАТИ В-3	Пионер Д-7	Пионер Д-8	ОКБ-8
1	Вид топлива и размер кусков в мм	Дрова чурки 60 × 80 × 80	Дрова чурки 60 × 60 × 80	Дрова чурки 60 × 60 × 80	Дрова чурки 70 × 70 × 80
2	Высота газогенератора в мм	1535	1530	1590	1650
3	Диаметр бункера в мм	Размеры 1550 × 650	600	630	Размеры 1350 × 830
4	Объем бункера в л	790	322	320	650
5	Способ подвода воздуха в газогенератор	Щель	Щель	Щель	Фурмы
6	Род футеровки	Шамот	Нет	Нет	Шамот
7	Объем топливника в л	127	22	35	125
8	Сечение топливника в месте подвода воздуха в мм ²	0,207	0,096	0,113	0,202
9	Высота активной зоны в мм	300	250	285	350
10	Вес газогенератора в кг	356	222	—	500
11	Вес одной загрузки топлива в кг	178	75	75	218
12	Мощность соответствующего двигателя на газе в л. с.	60	50	60	60
13	Напряженность горения в кг/м ² /час ¹	290	520	530	297

Характеристики тракторных газогенераторов опрокинутого процесса

газогенератора				
Автодор-1	Берлие	НАТИ-3	НАТИ-ЧТЗ	Рено
Дрова чурки 70 × 70 × 100	Дрова чурки 50 × 60 × 60	Дрова чурки 50 × 50 × 60	Дрова чурки 60 × 60 × 80	Древесный уголь, карбонит
1430	1600	1480	1535	1400
875	540	500	855	500
500	250	—	329	160
Фурмы	Фурмы	Фурмы	Фурмы	Центральная труба с сояном
Шамот	Нет	Нет	Нет	—
70	20	23	—	—
0,125	0,070	0,031	0,070	0,100
420	350	365	409	380
285	205	204	281	—
130	65	52	99	30
65	40	30	65	40
565	570	800	722	200

¹ Напряженность горения подсчитана при условном удельном расходе топ

лива: для дров — 1 кг/л. с. ч., для угля — 0,5 кг/л. с. ч.

Редактор В. Н. Згура. Зав. корректорской А. А. Лелюхин. Техн. редактор Е. Петровская
Уполн. Главлита № Б—30449 Огиз № 3797. ТБЗ. Заказ № 5020. Тир. 3000.
Бум. 60×92 1/16. Печ. лист. 58/4. Печ. зн. в 1 п. л. 58287. У. а. л. 8,40.
Сдано в набор 14/VIII 1937. Подписано к печати 21/XII 1937 г.

Типография арт. „Советский Печатник“, Ленинград, Моховая, 40.

Цена 1 р. 50 к.

400505



Издания Гостранстехиздата
продаются в магазинах
Книготоргового объедине-
ния ОГИЗа
Единичные экземпляры
высылает наложенным
платежом Книга почтой.
Москва, 64