

236

В. П. КАРПОВ и Н. Н. ФОКИН

R $\frac{415}{128}$ см.

АВТОТРАНСПОРТНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

(ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИИ)

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМХОЗА РСФСР
МОСКВА 1938 ЛЕНИНГРАД

Книга является курсом по газогенераторным транспортным установкам, применительно к программам вузов.

Наряду с теоретическими положениями, объясняющими процессы в газогенераторах и дающими методы их теплового расчета, в книге содержится описание советских и иностранных конструкций газогенераторных транспортных установок и их деталей.



Цена 2 р. 75 к. Переплет 1 р. 25 к.

Редактор *М. С. Баш.*

Зав. корр. *А. А. Лелюхин.*

Техн. редактор *С. Девкин.*

Уполн. Главл. № Б-46231. НКХОЗ РСФСР №24. Т-13. Зак. тип. 440. Тираж 4000 экз. Бум. 60×92¹/₁₆. Печ. л. 10. Зн. в п. л. 52783. Уч.-а. л. 13,2. Сдано в набор 1/II 1938 г. Подписано к печ. 17/V 1938 г.

1-я Образцовая тип. Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.

ВВЕДЕНИЕ

Колоссальное развитие в СССР транспорта всех видов потребовало увеличения расходов жидкого топлива (нефть, бензин, керосин). Увеличение производства двигателей внутреннего сгорания, имеющих применение на автомобилях, тракторах, самолетах, на водном транспорте и даже проникающих в железнодорожный транспорт, требует расширения топливной базы.

Борьба за дальнейший передел мира толкает капиталистические страны, особенно те, в которых у власти находятся фашисты, к огромным вооружениям (авиация, танки, моторизованная пехота, военно-морской флот). Использование в качестве транспортной тяги двигателей внутреннего сгорания требует больших расходов ценного жидкого топлива. Если сюда прибавить расходы топлива на стационарные двигатели внутреннего сгорания в промышленности и городском хозяйстве, то количество жидкого топлива, необходимого уже сейчас, может не сойтись с количеством добываемого топлива. Общеизвестно, что запасы жидкого топлива на земном шаре ограничены, а их географическое размещение заставляет ряд капиталистических стран, не имеющих собственных нефтяных месторождений, вести борьбу за овладение ими, рассматривая это как одну из важнейших целей передела мира при помощи войны.

Необъятные территории СССР, занимающие $\frac{1}{6}$ земного шара, наряду с другими ценнейшими ископаемыми имеют в своих недрах большие запасы нефти.

Общеизвестны районы добычи нефти — Баку, Грозный, Майкоп, Сахалин и т. д.

Уже в 1936 г. СССР по добыче нефти занял второе место в мире.

Но автотранспорт и механизированное социалистическое сельское хозяйство в СССР предъявляют все большие и большие требования. Действительно, уже на 1/II 1937 г. в СССР насчитывалось: тракторов — около 450 тыс., грузовых автомобилей — около 350 тыс., легковых автомобилей — свыше 55 тыс.

К концу третьей пятилетки — к 1942 г. — парк этих машин в СССР возрастет в 6—8 раз.

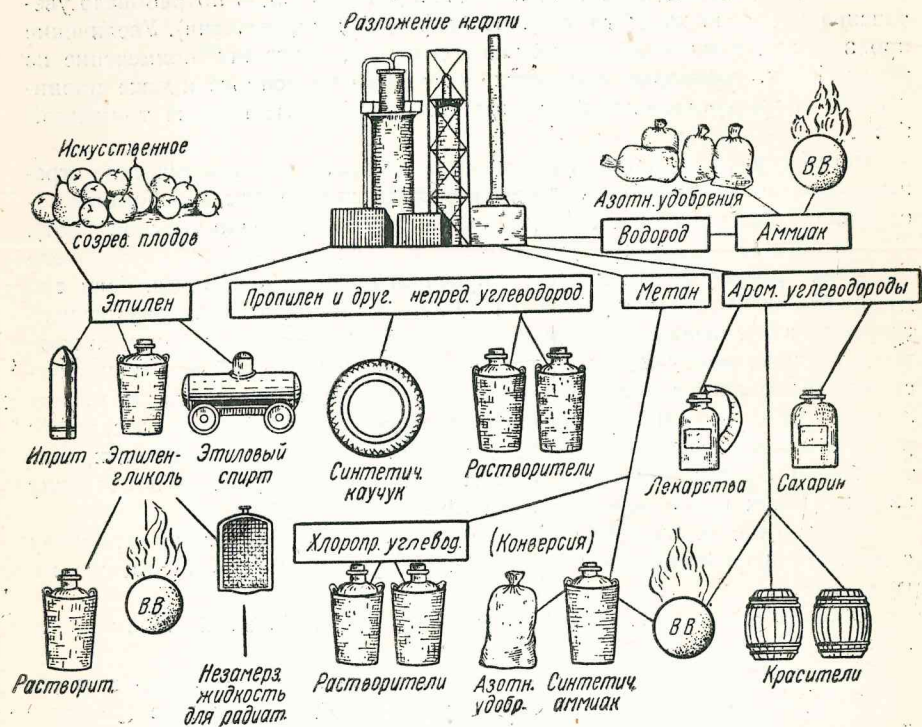
Другие потребители жидкого топлива, в том числе и работающие на нужды обороны страны, также предъявляют с каждым годом все большие требования в отношении увеличения добычи нефти.

Наконец, нельзя не отметить возможностей использования нефти не только как топлива. На фиг. 1 приведена схема, из которой ясно видно все многообразие продуктов, могущих быть полученными из нефти и столь полезных для человечества.

Подготовка к войне заставляет капиталистические страны, особенно импортирующие нефть, в частности — Германию, Францию, Ита-

лию и другие, применять заменители жидкого топлива вместо нефти. Последнее проявилось в организации получения искусственных жидких топлив из каменного угля методом Бергюса, а также в виде активной работы в области производства газогенераторных транспортных установок. В качестве топлива в последних используются дрова, древесный уголь, а в некоторых случаях каменный уголь или иные твердые топлива.

Для поощрения широкого применения газогенераторных автомобилей, а также автомобилей, работающих на суррогатах жидких горючих, в Италии был издан правительственный закон о переводе автотранспорта



Фиг. 1. Продукты, получаемые из нефти.

к концу 1937 г. на „национальное топливо“. Кроме того, автомобили, переведенные с жидкого топлива на генераторный газ, освобождаются от государственного налога на 5 лет; позже, специальным решением правительства для владельцев газогенераторных автомобилей, в зависимости от их тоннажа, были установлены государственные субсидии до 9000 лир при покупке автомашин.

Германское правительство аналогичным способом поощряет перевод автотранспорта на „национальное топливо“, назначив государственную субсидию до 1000 марок при покупке газогенераторных автомобилей и 300 марок на переоборудование старых бензиновых машин под газогенераторы. Одновременно владельцам выдается 1 т топлива бесплатно и предоставляются льготы по уплате налогов.

Япония для внедрения газогенераторных автомобилей избрала тот же путь материального поощрения владельцев, выдавая им по 300 иен.

Франция и ряд других стран также поощряют производство газогенераторных автомобилей и правительственными постановлениями способствуют переводу работающих бензиновых машин на местное топливо.

Необходимо отметить, что указанные мероприятия в ряде стран значительно способствовали внедрению газогенераторных автомобилей. В последние годы (1936—1937) в упомянутых странах насчитывается большое количество газогенераторных машин, успешно эксплуатируемых не только в качестве грузовиков и автобусов, но даже и легковых автомобилей.

Для обслуживания автопарка с газогенераторным топливом во Франции и в Германии организуются древесноугольные и дровяные раздаточные станции.

Эти мероприятия вызваны главным образом опасением создания тяжелых условий, в которые могут попасть Франция и Германия со своими механизированными армиями в случае войны при отсутствии собственной добычи жидкого топлива.

Несмотря на большие запасы жидкого топлива в СССР, СНК СССР и ЦК ВКП(б) специальным решением в 1935 г. обязали перевести на твердое топливо автотракторный парк, занятый на лесоразработках. Это решение дало перелом в области конструирования и применения автотракторных газогенераторов в СССР, так как, кроме проф. Наумова, проф. Карпова, инж. Мезина, инж. Введенского, Декаленкова и других конструкторов, этим начали заниматься Научный автотракторный институт — НАТИ, завод ЗИС, Лесотехническая академия Наркомлеса, а также ряд научных работников в некоторых институтах отдельных наркоматов.

Решение СНК СССР в 1938 г. в области газогенераторов кладет начало нового этапа в деле развития транспортных газогенераторов в СССР.

В соответствии с этим решением многие автотракторные хозяйства, располагающие большими запасами местного топлива, безусловно должны, если не полностью, то в значительной степени сократить расходование ценного жидкого топлива. Важно отметить, что это может иметь место не только в лесных районах, где перевод двигателей на дровяное и древесноугольное топливо просто необходим, но также и в других районах, особенно при эксплуатации автомобилей и тракторов в сельском хозяйстве.

Совершенно очевидно, что использование местного топлива в значительной мере освобождает ж.-д. транспорт, необходимый для перевозки жидкого топлива от мест добычи к местам его потребления. Учитывая особенно удаленные районы Сибири с маршрутом до них от нефтяных месторождений в несколько тысяч километров и одностороннее использование наливных цистерн, приходится придавать этому весьма важное значение. Наконец, совершенно не требует доказательств огромное значение газогенераторных автомобилей для нужд обороны СССР.

Ввиду новизны этой области техники необходимо шире развернуть научно-исследовательскую работу по газогенераторам. Это позволит организовать перевод значительной части двигателей на твердое топливо во всех областях транспорта, в том числе на водном и железнодорожном.

Общеизвестен лозунг товарища Сталина „Кадры решают все“. Учитывая, что техника газификации транспорта совсем молода, созданию кадров для этой области необходимо уделить наибольшее внимание.

Нужно срочно усилить подготовку кадров как инженерно-технических работников, так и водительского состава, тем более что уже в 1938 г. в СССР будут выпущены тысячи газогенераторных автомашин ЗИС-13, НАТИ Г-14 и др. В ряде институтов уже практически начали разрешать проблему создания кадров; так, например, в автодорожных институтах Гушоссдора НКВД курс „Транспортные газогенераторные установки“ является обязательным в учебном плане подготовки инженера. Цель этого учебного пособия — помочь студентам автодорожных институтов и техникумов, а также инженерно-техническим работникам автотранспорта в деле изучения основ теории и конструкций транспортных газогенераторов. Книга написана применительно к программе, установленной в Московском автодорожном институте им. тов. Молотова — МАДИ НКВД.

ГЛАВА I

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОПЛИВЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Основными требованиями, которым должно удовлетворять топливо для транспортных газогенераторов, являются следующие:

1. Топливо должно быть распространенным, т. е. таким, чтобы его можно было найти почти всюду.
2. Топливо должно быть плотным (компактным), чтобы запас его не отнимал много места на автомашине и обеспечивал радиус действия не менее 200—250 км.
3. Топливо должно отличаться легким и быстрым воспламенением для обеспечения готовности к действию машины, а следовательно, быстрого и надежного получения газа.
4. Топливо должно быть малогигроскопичным, выдерживать длительные перевозки и упрощенное хранение.

Кроме этих весьма общих требований, к топливу для газогенераторов необходимо предъявить еще ряд специальных требований, вытекающих из сущности процесса его газификации. С этой точки зрения газогенераторное топливо должно содержать значительный процент углерода, минимум смол и золы. Не допускается наличие серы в топливе. Содержание гигроскопической влаги, как правило, не должно превышать 20%, а в некоторых случаях 15% (древесный уголь).

Для удобства ведения процесса, а также равномерности и однородности состава газа необходимо применять однородное топливо, лишенное мелочи, пыли и примеси земли. С целью получения однородности и удаления примесей желательно пропускать топливо через грохот или решета. Размеры кусков топлива устанавливаются в основном конструкцией газогенератора, но обычно не превосходят 30×70×100 мм.

В силу высказанных соображений наиболее распространенным топливом для транспортных газогенераторов в настоящее время служат дрова лиственных пород. Древесный уголь также находит применение, но имеется тенденция перехода к брикетам из него, не имеющим некоторых отрицательных качеств угля (хрупкость, большая гигроскопичность и др.). Непрерывно ведутся работы и по использованию антрацита, торфа и других горючих в газогенераторах, а потому в дальнейшем приводятся данные по этим топливам и по некоторым суррогатам.

Топливо разделяется по происхождению на естественное и искусственное.

К естественному относятся: природные газы, нефть, антрацит, горючие сланцы, торф, дрова, солома, камыш и т. п.

К искусственному относятся: газы — генераторный, воздушный, водяной, светильный, коксовальный, колошниковый, продукты перегонки нефти и углей и их смеси: бензин, керосин, соляровое масло, бензол, кокс, древесный уголь, древесные и винные спирты, брикеты, синтетическое топливо.

Основными горючими элементами топлив являются: углерод (С), водород (Н) и сера (S).

В жидкие топлива входят главным образом углеводороды вида C_nH_m . Подавляющая часть жидкого топлива содержит только С и Н, а угли, торф, дрова и др., кроме того, и серу S. Кроме этих элементов, топливо может содержать азот (N), а также золу — А (минеральные вещества или чаще всего окислы металлов). Совершенно очевидно, что виды топлив, а также их качества и количества играют решающее значение для развития энергетики страны или района при проектировании и строительстве тепловых установок и двигателей как стационарных, так и транспортных.

Ниже приводятся сравнительные табл. 1 и 2, показывающие запасы разных видов топлив и их географическое размещение в СССР. Из этих таблиц видна целесообразность развития транспортных газогенераторов в СССР с использованием дров, древесного угля, каменного угля, торфа,

Таблица 1

Род топлива	Мировые запасы в условных 7000 кал	
	10^9 м	% от общей
Ископаемые угли	5772,7	93,47
Нефть	13,4	0,23
Торф	76,0	1,30
Всего	5862,1	100

Таблица 2

Часть СССР	Общая площадь лесов в млн. га	Из нее удобной для лесоразработок	
		млн. га	в %
Европейская часть, включая Урал с Азиатской частью	203,2	136,5	67,2
Сибирь	263,8	147,4	56,0
Дальневосточный край	119,0	90,1	75,7
В других частях СССР	346,0	244,0	70,5
	932,0	618,0	66,3

соломы, брикетов для освобождения на другие нужды значительного количества жидкого топлива.

В дальнейшем основное внимание уделяется топливу, пригодному для транспортных газогенераторов, но для сравнения указываются и другие виды топлива.

Дрова

Дерево, обработанное на отрезки или части и предназначенное в качестве топлива, называется дровами.

Дрова являются наиболее распространенным и универсальным видом горючего и имеют широкое применение во всех видах народного хозяйства СССР.

СССР на своей территории располагает большими запасами древесины, особенно в Сибири, в Северном крае, на Урале и Дальнем Востоке; по запасу древесного топлива СССР занимает первое место в мире. Положительным фактором для использования дровяного топлива является восстановление запасов древесины в силу естественного роста лесов.

Главными составными частями органической массы дерева являются:

Клетчатка (целлюлоза)	$C_6H_{10}O_5$
Лигнин (склеивающее вещество)	$C_{19}H_{24}O_{10}$
Смолистые вещества	(смесь углеводородов и кислородных органических соединений)

На фиг. 2 приводятся данные о продуктах сухой перегонки дерева и их использовании для получения различных ценных веществ.

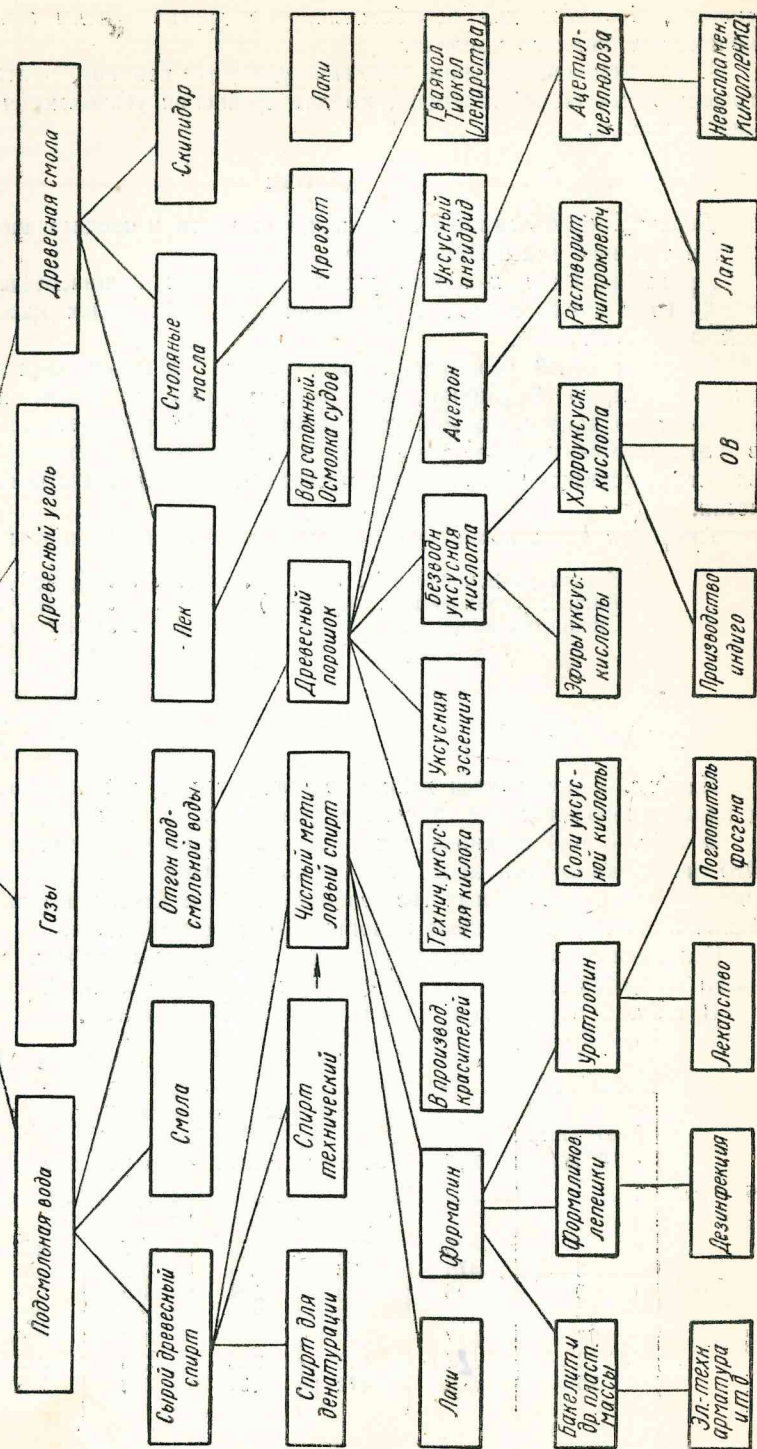
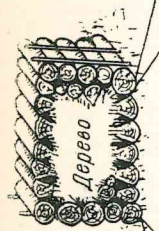
В табл. 3 и 4 сравниваются веса и влажности разных пород дров. Это необходимо учитывать при использовании древесины в качестве топлива для транспортных газогенераторов, так как значительное содержание влаги делает топливо непригодным для этой цели.

Как видно из таблиц, наилучшими дровами в смысле содержания влаги являются дрова полутора- и двухгодичной воздушной сушки.

В табл. 5 приводится примерный состав древесины.

Таблица 3

Влажность в %	Вес 1 м ³ дров в кг				
	дуб	береза	осина	сосна	ель
0	405	354	270	287	253
5	426	373	284	302	266
10	445	389	297	315	278
15	477	417	318	338	298
20	507	443	338	359	316
22	528	453	346	364	324
25	540	472	360	383	337



Фиг. 2. Продукты сухой перегонки дерева и их использование (схема).

Таблица 4

Порода дров	Содержание влаги в % после рубки			
	через 6 месяцев	через 1 год	через 1,5 года	через 2 года
Дуб	29,6	23,8	20,7	19,2
Береза	23,3	18,1	16,0	17,2
Осина	31,0	21,6	15,9	17,2
Ель	29,3	18,5	15,8	17,8
Сосна	29,3	18,5	15,8	18,0

Таблица 5

Состав золы	Породы	
	Сосна в %	Береза в %
Растворимая часть		
Углекислые соли	2,80	2,72
Сернокислые	1,68	0,37
Хлористые	0,98	0,03
Кремнекислые	0,18	0,16
Поташ	4,48	12,72
Сода	3,55	
Всего	13,67	16,00
Нерастворимая часть		
Углекислые соли	32,57	26,04
Фосфорнокислые	0,91	3,61
Кремнекислые соли	4,59	4,62
Соли известковые	38,31	43,85
" магнезия	9,50	2,52
" окиси железа	0,09	0,42
" окиси марганца	0,36	2,94
Всего	86,33	84,00

Табл. 6 показывает влияние влажности на содержание основных элементов в древесине и на ее теплотворность. Из таблицы нетрудно видеть рост теплотворной способности дров по мере уменьшения в них влаги.

В табл. 7 показано различие между сортами дров, что нужно учитывать как при проектировании газогенераторной установки, так и при эксплуатации газогенераторного парка.

Таблица 6

Влага W в %	Содержание углерода С в %	Содержание водорода Н в %	Содержание кислорода и азота O+N в %	Содержание золы А в %	Низшая теплотворная способность Q _n в кал/кг	Удельный вес кг/м ³	Низшая теплотворная способность в кал/м ³ (в тыс. кал.)
0	49,4	6,2	43,3	1,10	4400	315	1386
5	46,8	5,9	41,25	1,05	4150	331	1375
10	44,4	5,61	39,0	0,99	3900	350	1365
15	41,94	5,29	36,82	0,95	3650	371	1355
20	39,5	4,98	34,64	0,88	3400	394	1340
22	38,48	4,86	33,8	0,86	3300	404	1334
25	37,0	4,67	32,5	0,83	3150	420	1323

Таблица 7

Порода	Органическая масса				Сухое топливо W=0			Рабочее топливо		
	углерод С в %	водород Н в %	кислород и азот O+N в %	выход летучих веществ при газификации в % от общего веса газифицируемого продукта	Q _n теплотворная способность в кал/кг	зола А в %	влажность W в % H ₂ O	зола А в %	горючая масса В в %	Q _n теплотворная способность в кал/кг
Дуб . . .	50,7	6,0	43,3	82,0	4530	3,9	34,7	2,1	63,2	2130
Береза . . .	49,3	6,1	44,6	85,7	4590	1,4	30,8	0,7	68,55	1940
Осина . . .	48,8	6,1	45,1	87,0	4450	1,9	42,4	1,1	56,5	2180
Сосна . . .	50,2	6,0	43,8	85,0	4740	3,2	38,2	1,4	60,4	1700

Наиболее пригодными топливами с точки зрения газификации их в газогенераторах являются дуб и береза ввиду их значительной плотности, а также большой рабочей теплотворной способности. Осиновые дрова по сравнению с дровами других пород обладают малым содержанием углерода, малой плотностью и часто содержат много влаги.

Хвойные породы обладают меньшей теплотворной способностью по сравнению с лиственными, менее плотны, и, кроме того, дают много смол, что является, как указывалось, большим недостатком топлива, применяемого для газификации.

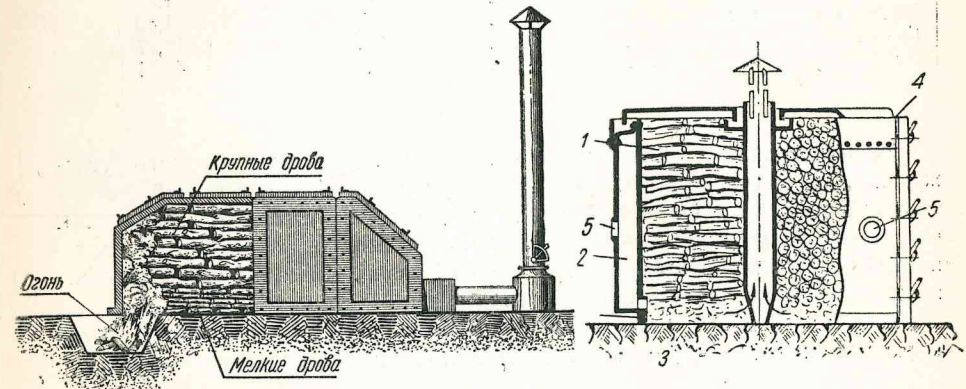
Дерево для газификации необходимо использовать в виде небольших чурок. Желательными размерами являются 20×40×60 или 30×50×80 мм.

Одновременно нужно указать на необходимость использования дров (чурок) с влажностью не выше 15—20%, так как в противном случае, если в конструкции не предусмотрены какие-либо устройства для удаления водяных паров, мощность двигателя резко снижается.

Щепа, отходы лесного стройматериала также могут быть использованы для газогенераторов, но требуют предварительно соответственной подготовки. Практика указывает на повышенный выход смол и золы при работе на щепе.

Древесный уголь

Древесный уголь в сравнении с дровами обладает большой теплотворной способностью, меньшей влажностью в нормальных условиях хранения, легче по весу, но требует специального приготовления, упаковки и хранения. К числу отрицательных свойств следует отнести



Фиг. 3. Печь Триана системы „Туннель“.

Фиг. 4. Разрез печи системы Барбье:

его маркость, хрупкость и гигроскопичность.

В сравнении с дровами уголь обладает большей стоимостью, но при хорошо организованном топливном хозяйстве бесспорно является весьма желательным топливом для транспортных газогенераторов, так как содержит большое количество углерода, почти лишен смол и легко воспламеняется. На фиг. 3 и 4 представлены печи для выжигания древесного угля из дров.

Состав древесного угля разных пород дерева приведен в табл. 8, а состав продуктов, получаемых при углежжении, дан в табл. 9.

Таблица 8

Обозначение угля	Содержание в %				Низшая теплотворная способность Q _n в кал/кг
	углерода С	водорода Н	кислорода О	зола А	
Березовый печной	78,9	3,2	16,2	1,7	6512
Березовый кучной	88,3	2,0	7,9	1,8	7320
Сосновый печной	78,6	3,9	16,6	0,9	6646
Сосновый кучной	87,0	2,5	9,1	1,4	6312
Еловый печной	77,6	3,7	17,7	1,0	6501

Таблица 9

Название продуктов	Выход продуктов при углежжении; влажность древесины 30%	
	из 1 м ³ в кг	из расчета 30% влажности
Уголь	115,0	24,75
Смола	15,2	3,27
Углекислая кислота	14,8	3,19
Смазочные масла	8,4	1,81
Метиловый спирт	6,5	1,40
Газы	87,2	18,77
Вода	217,5	46,81

Из приведенных таблиц усматривается преимущество кучного углежжения, так как при этом получается уголь с более высокой теплотворной способностью и с большим содержанием углерода. Из табл. 8 видно, что наилучшим топливом как по плотности, так и по содержанию С и калорийности является березовый уголь. Смесь из углей лиственных пород также дает хорошие результаты.

В табл. 10 и 11 приводятся данные по выходу угля при выжиге в разных печах (в %) и влияние на выход угля температур выжигания.

Таблица 10

Системы печей	Продукты		
	Мейера	Вансбро	Шварца
Древесного угля	55	55,0	45
Уксуснокислой извести	10	9,0	0,65
Метилового (древесного) спирта	1,6	1,45	5,50
Смолы	12	11,0	6,0
Зольный остаток и потери при сжигании	21,4	23,55	42,85
Всего	100	100	100

Кроме специальной организации подготовки древесного угля как топлива для газогенераторных машин, следует использовать и колоссальные отходы его. Так, например, только за 1936 г. (по материалам ГУМП НКТП) на местах выжигания древесного угля для нужд металлургии Урала остается свыше 100 тыс. т мелочи-крошки, которая после брикетирования является вполне пригодной для газогенераторных автомобилей. В газогенераторах специальной конструкции крошка может быть использована и без предварительного брикетирования.

Таблица 11

Температура нагрева угля	Углерод С в %	Водород Н в %	Кислород и азот О + N в %	Выход угля в %
200	52,3	6,3	41,4	91,8
250	70,6	5,2	24,2	65,2
300	73,2	4,9	21,9	51,4
400	77,7	4,5	18,10	40,6
500	89,2	3,1	6,7	31,0
600	92,2	2,6	5,2	29,1
700	92,8	2,4	4,8	27,8
800	92,8	1,0	3,3	26,7
900	95,7	0,7	3,2	26,6
1000	96,6	0,5	2,9	26,5

Торф

Виды торфа по происхождению могут быть следующие: камышевый и тростниковый, осоковый, волокнистый, валежниковый, боровой, болотного льна.

Залежи торфа находятся в СССР почти во всех областях, особенно в северных, с общей площадью в несколько десятков миллионов гектаров.

Примерный состав горючей массы торфа может быть представлен следующими данными:

Углерода	от 44 до 61%
Водорода	от 3,4 до 9,4%
Кислорода	от 28,5 до 38%
Азота	от 1,00 до 2,5%
Серы	от 0,12 до 1,07%

Влажность воздушно-сухого торфа 14—25%.

В зависимости от возраста торфа изменяется его состав.

Чем более раннего происхождения торф, тем выше его теплотворная способность.

В табл. 12 приведены составы торфов разных возрастов, а также теплотворные способности их.

Таблица 12

Возраст	Углерод С в %	Водород Н в %	Кислород и азот О + N в %	Низшая теплотворная способность Q _н в кал/кг
Молодой	52	6	42	4807
Средний	58	6	35	5200
Старый	62	6	32	5800

В качестве одного из продуктов, получаемых из торфа и могущего также быть использованным как топливо, является так называемый торфяной кокс.

Состав двух видов торфяного кокса приведен в табл. 13.

Таблица 13

Виды торфяного кокса	Состав органической массы				Рабочее топливо		
	углерод С в %	водород Н в %	кислород О в %	высшая теплотворная способность Q_v в кал/кг	зола А в %	влага W в %	низшая теплотворная способность Q_n в кал/кг
Черный . .	91	2,1	6,9	7755	3,0	5,5	7077
Бурый . .	80,5	3,9	15,6	7115	2,5	6,0	6464

Большая зольность торфа затрудняет его применение как топлива для газогенераторов. Кроме того, торф часто требует длительной сушки.

Наиболее рентабельно могут быть использованы малозольные сорта торфа в виде брикетов специальной заготовки.

Солома-брикет

В качестве возможного, но пока проблематичного топлива для транспортных газогенераторов следует отнести огромные количества соломы, являющейся отходом сельского хозяйства. Хотя часть соломы идет для сельскохозяйственных нужд, в качестве стройматериалов и топлива, все же большое количество соломы не используется, несмотря на относительно высокую ее калорийность как топлива ($Q_n - 5000$ кал/кг). В СССР при коллективном ведении хозяйства имеются самые благоприятные условия для использования соломы в качестве топлива в виде брикетов для газогенераторных автомобилей и тракторов. По предложению изобретателя т. Глотова, мелконарубленная солома нагревается в автоклаве до температуры около 300°C и при большом давлении прессуется в брикеты за счет связывающей смолы, содержащейся в самой соломе. Брикеты имеют призматическую форму (несколько крупнее спичечной коробки) при удельном весе около 0,9; Q_n около 5000 кал. Предположительно расход соломы-брикета в газогенераторе составит около 0,7 кг на 1 л. с./час.

Для брикетирования возможно также использовать и другие суррогаты топлива, как-то: лузгу, опилки, хвою, жмых, отбросы хлопчатника и т. п.

В табл. 14 приводятся данные среднего элементарного состава соломы, а в табл. 15 — других топливных суррогатов. Эти данные указывают на то, что при использовании соломы и указываемых суррогатов в виде брикетов образующийся при их газификации генераторный газ не уступает газу, получаемому из дров.

Таблица 14

Виды соломы	Средний элементарный состав соломы				Высшая теплотворная способность Q_v в кал/кг	Влажность W в %	Удельный вес соломы кг/м ³
	углерод С в %	водород Н	азот и кислород N + O в %	зола А в %			
Лен	47,6	5,8	43,3	3,3	4500 до 5000	от 7 до 9	≈ 1,68
Озимая пшеница . .	46,1	5,6	43,9	4,1			
Яровая . .	45,8	5,6	43,7	4,9			
Рожь . . .	45,8	5,7	45,0	3,5			
Просо . . .	44,6	5,2	44,3	5,9			
Овес . . .	44,4	5,2	43,2	7,2			
Ячмень . .	42,7	5,3	45,5	6,5			
Гречиха . .	42,0	5,1	45,7	7,2			

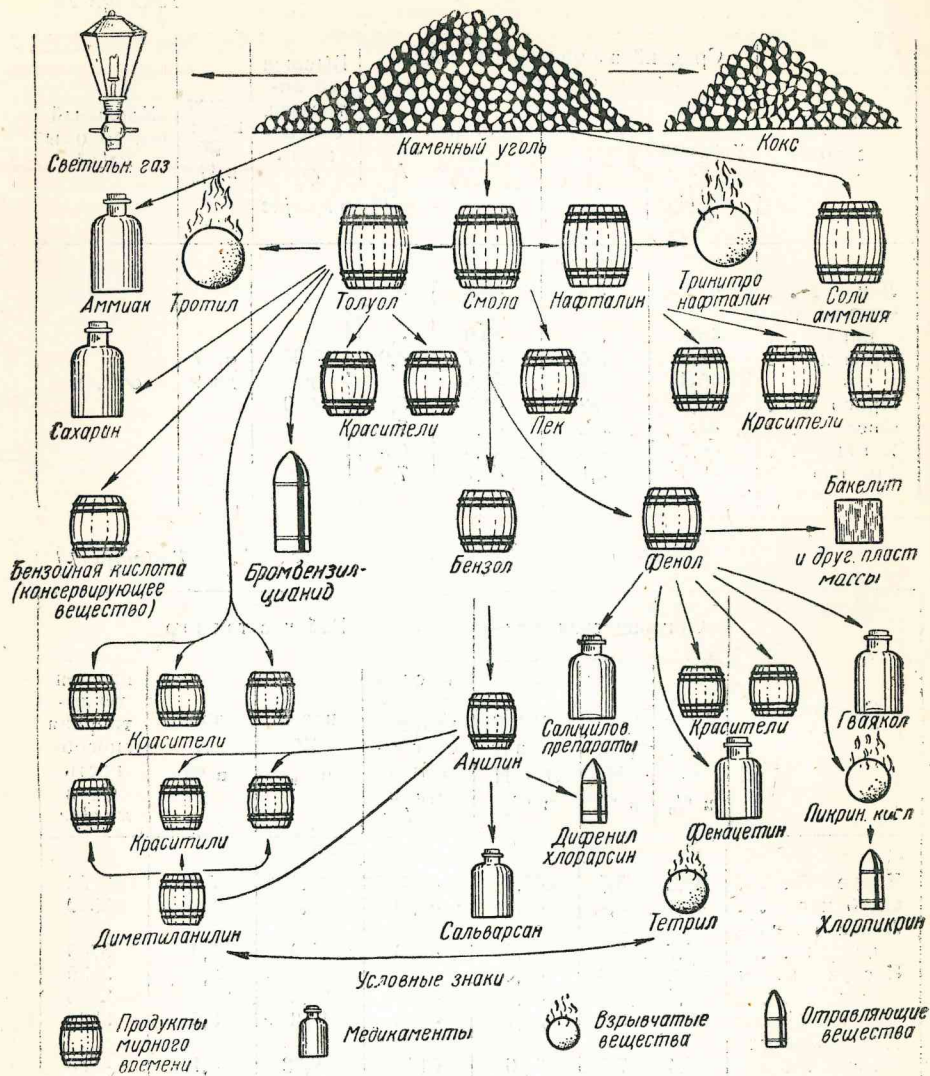
Таблица 15

Суррогаты	Органическая масса			Рабочее топливо			
	углерод С в %	водород Н в %	кислород и азот O + N в %	высшая теплотворная способность Q_v в кал/кг	влага W в %	зола А в %	низшая теплотворная способность Q_n в кал/кг
Корье	49,2	5,5	45,3	4500	40,3	5,0	2230
Одублина . . .	49,4	5,7	44,9	4520	69,4	2,3	2860
Лузга подсолнечная . . .	51,7	6,3	42,0	4570	15,0	2,0	3700
Костра льняная	47,6	5,8	46,6	4070	8,0	2,0	3530
Кизяк	48,4	6,0	45,6	4210	25,0	20,0	2580
Чингалак ¹ . . .	43,0	5,9	51,1	4980	14,8	8,9	3586
Хлопковые семена	54,4	7,0	33,6	6140	9,28	4,13	4900
Хлопковая лузга	46,3	6,0	47,7	5020	14,39	2,12	3900

Каменный уголь

Имея в виду значительные запасы каменного угля и географическое расположение угольных районов в СССР, использование угля как топлива для газогенераторных транспортных двигателей весьма целесообразно. Сравнение объема, занимаемого единицей веса каменного угля, с объема-

¹ Чингалак — шелуха коробочек хлопчатника.



Фиг. 5. Схема использования продуктов, получаемых при перегонке каменного угля.

ми, занимаемыми дровами и древесным углем, выгодно выделяет каменный уголь как топливо для транспортных газогенераторных установок. Преимущество угля выступает еще резче при сравнении теплотворных способностей указанных топлив. На фиг. 5 представлена схема получения различных продуктов из каменного угля. С точки зрения наиболее рационального использования угля желательно газифицировать кокс, но последний требует сильного дутья для горения, трудно загорается и не всегда может быть получен.

К сожалению, до сих пор были лишь не совсем удачные попытки к использованию каменных углей и, в частности, антрацита, так как нет пока ни одной газогенераторной установки, работающей на каменном угле и могущей быть рекомендованной для массового производства в СССР.

Необходимо указать, что, кроме положительных качеств каменного угля как топлива (большая плотность, большое содержание углерода, высокая теплотворная способность), он имеет ряд отрицательных свойств. К числу их относятся: образование шлаков в газогенераторе, трудность розжига, относительно высокая температура при газификации и содержание серы. Все это и препятствует широкому использованию каменного угля как топлива для газогенераторов.

В табл. 16 приведены составы углей разных сортов.

Таблица 16

Сорт угля	Состав угля в %					Продукты сухой перегонки в %		Низшая теплотворная способность Q_n в кал/кг
	углерод С	водород Н	кислород О	влаги W	зола А	летучие	кокс	
Пламенный . . .	74,73	5,17	11,76	3,50	4,84	39,4	60,6	7408
Газовый . . .	76,55	6,01	8,80	3,94	4,70	33,0	67,0	7703
Коксовый . . .	85,69	4,17	5,24	0,90	4,00	14,00	86,0	8417
Антрацит . . .	86,45	2,00	2,20	3,45	5,90	3,0	97,0	7484

Количество золы в отдельных сортах угля может достигать до 20%. Кроме указанных элементов, в углях содержится сера, процентное содержание которой может колебаться от 0,85 до 4%.

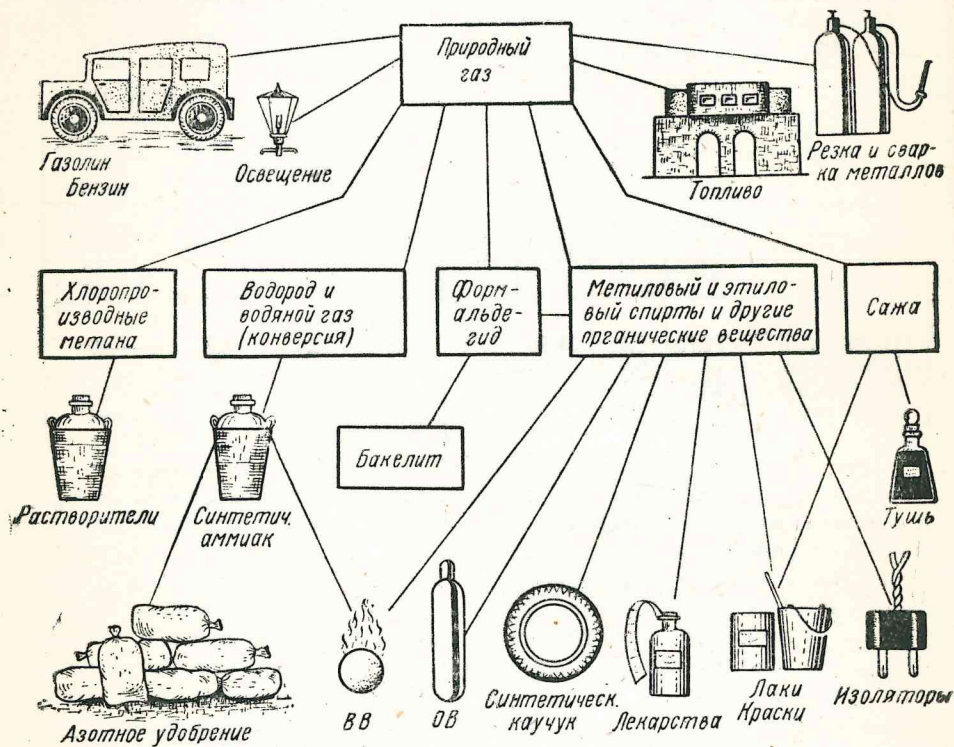
Из табл. 16 не трудно усмотреть, что одним из положительных качеств каменных углей является малое содержание влаги. Вообще каменные угли относительно мало гигроскопичны. Последнее побуждает к принятию мер для обогащения газа водородом в процессе газификации. Это делается обычно путем присадки водяного пара, что попутно облегчает борьбу со шлаками. Присадка водяного пара, разумеется, усложняет ведение процесса, конструктивное устройство и обслуживание установок. Применение каменноугольного кокса требует принятия таких же мер.

Элементарный состав кокса приведен в табл. 17.

Таблица 17

Названия кокса	Состав в %						
	углерод С	водород Н	кислород О	азот N	сера S	зола А	влаги H ₂ O
Доменный . . .	87,95	0,35	1,17	—	1,15	8,88	0,50
Литейный . . .	87,63	0,56	1,39	—	1,03	9,17	0,22
Газовый . . .	88,70	0,80	1,19	1,2	1,2	3,7	3,2

Приведенные краткие данные по топливам для транспортных газогенераторов знакомят читателя с характеристикой топлив и дают некоторое представление о целесообразности использования того или иного топлива, конечно, в сочетании с экономикой. Одновременно следует указать на ошибочное суждение, имеющее место среди некоторых автоработников, заключающееся в том, что транспортные газогенераторы допускают работу на любых видах топлив почти без изменения в качестве получаемого газа. Отсюда вытекает вредное пренебрежение как к выбору топлива, так и к его подготовке и хранению.



Фиг. 6. Схема возможных применений земляного (природного) газа.

Подготовка местного твердого топлива для транспортных газогенераторов требует во всех случаях самого внимательного отношения. Двигатель, питающийся генераторным газом, немедленно реагирует на упущения в выборе, подготовке или хранении топлива снижением мощности и неустойчивым режимом, засмолением клапанов и т. п. Последнее нередко выводит автомашину из эксплуатации на некоторый срок.

Не касаясь подробностей, следует в заключение отметить, что в настоящее время находит применение использование сжатых газов (светильного или городского) для работы автомобилей в городах. Для этих целей автомобили снабжаются баллонами, в которые накачивается газ из городской питательной сети под давлением 200—300 атм.

Для обеспечения непрерывной работы в городах устраивается ряд компрессорных станций, от которых автомобили получают горючее.

Таблица 18

Составные части светильного газа	Процентное содержание
Водород	51,0
Метан	27,5
Тяжелые углеводороды	4,1
Оксись углерода	8,5
Углекислый газ	1,9
Кислород	0,7
Азот	6,3
Всего	100,0

Таблица 19

Составные части природного газа из нефти (Грозный)	Процентное содержание
Водород	33,10
Метан	49,38
Этан, пропан, бутан	15,20
Оксись углерода	0,90
Кислород	0,21
Азот	1,20
Углекислота	0,10
Всего	100

В табл. 18 и 19 приводятся составы светильного и природного газов. Из природного газа путем переработки может быть получен ряд полезнейших веществ. На фиг. 6 представлена схема возможных применений природного газа.

ГЛАВА II

ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема газогенераторного процесса

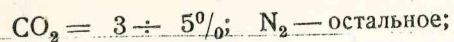
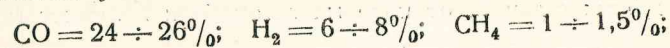
Процесс сгорания топлива состоит в окислении органической его массы, результатом чего получаются углекислота CO_2 , пары воды H_2O и сернистый ангидрид SO_2 . В условиях реальной эксплуатации топочных устройств процесс окисления горючих элементов топлива никогда не протекает полно. Практически всегда будет иметь место недожог, выражающийся в основном в том, что на выходе в топочных газах содержится окись углерода CO , а также иногда водород H_2 и метан CH_4 ; кроме того, наблюдается содержание в газах чистого углерода в виде сажи.

Большее или меньшее количество продуктов неполного сгорания зависит от конструкции топочного устройства, а также от избытка воздуха, участвующего в процессе. Специальное устройство топки газогенератора создает такие условия процесса окисления горючих элементов топлива (при соответственном подведении воздуха), при которых на выходе газов из зоны контакта их с нагретым топливом продукты полного сгорания получают в них минимальное содержание.

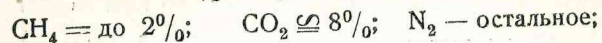
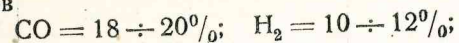
Состав генераторного газа во многом зависит от сорта горючего, размеров его кусков, способа ведения процесса, интенсивности дутья, конструктивных параметров газогенератора и т. д.

Например, генераторный газ может иметь следующий состав в объемных процентах:

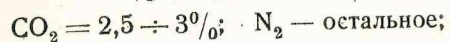
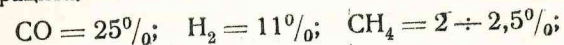
из древесного угля:



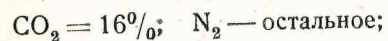
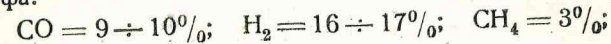
из дров



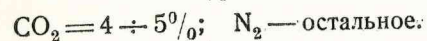
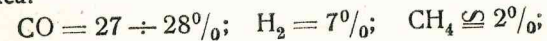
из антрацита:



из торфа:



из кокса:



Каким бы путем ни был получен газ в газогенераторе, всегда на выходе из зоны контакта с накалившимся топливом он имеет высокую температуру и увлекает с собой мельчайшие частицы топлива, а также влагу, кислоты и иногда неразложившиеся в процессе смолы.

Совершенно ясно, что до использования в двигателе генераторный газ должен быть охлажден и очищен от вредных примесей. Поэтому газогенераторное устройство должно быть снабжено соответствующей аппаратурой для выполнения этих задач.

Таким образом газогенераторная установка, работающая под всасывающим воздействием двигателя внутреннего сгорания (газовсасывающая установка), должна включать охладитель-очиститель и собственно очиститель для удаления мельчайших твердых частиц и смол, причем при больших количествах последних применяют специальные смолоотделители.

Как указывалось, процесс газификации твердых горючих состоит в окислении органической массы топлива, основным элементом которой является углерод С. Кроме того, в генераторном процессе происходит реакция разложения паров воды в присутствии накалившегося углерода. При этом выделяется водород, а освобожденный кислород присоединяет частицу углерода и образует окись углерода или угольную кислоту, в зависимости от температурных условий в топке газогенератора. Наконец, в газогенераторном процессе имеют место реакции распада сложных углеводородов как продукты сухой перегонки топлива. Предельным продуктом такого распада обычно является метан CH_4 как наиболее стойкий углеводород при высоких температурах.

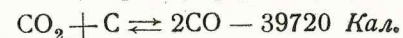
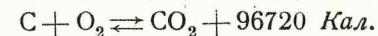
Метан в генераторном газе может образоваться также путем контакта свободного водорода с окисью углерода при высоких температурах в присутствии накалившегося углерода топлива.

Важнейший процесс окисления углерода в газогенераторе происходит главным образом вначале до угольной кислоты, с большим выделением тепла,

в так называемой основной или окислительной зоне активного слоя топлива, а далее совершается раскисление каждой частицы угольной кислоты до двух частиц окиси углерода в восстановительной зоне. Отсюда ясно, что для ведения газогенераторного процесса топливо должно быть расположено некоторым слоем, толщина которого зависит главным образом от физико-химических свойств топлива и интенсивности протекания процесса.

Общие термодинамические обоснования получения генераторного газа из углерода

Предполагая в простейшем случае в качестве топлива чистый углерод, необходимо иметь в виду наличие следующих реакций при окислении углерода кислородом:



В последнем случае реакция эндотермична — требует затраты теплоты. Однако количество теплоты, выделенное в основной экзотермической реакции, не только компенсирует указанную затрату, но и еще некоторая доля этой теплоты может быть использована для разложения паров воды в присутствии накалившегося углерода по одной из следующих реакций:

при высоких температурах:

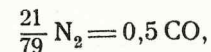
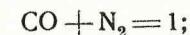


при низких температурах:



Обе эти реакции эндотермичны. В действительных условиях ведения процесса трудно установить, в какой мере имеет место та или иная из них и, пожалуй, правильнее допустить совместное их существование.

Итак, имея дело лишь с углеродом, при наличии чисто воздушного дутья, в теоретическом случае генераторный газ будет состоять из окиси углерода CO и азота N_2 . Поэтому для каждого кубического метра подобного газа (так называемого бедного газа Сименса), можно по Моллье написать два уравнения:



откуда легко определяются составные элементы газа: $\text{CO} = 0,347 \text{ м}^3$ и $\text{N}_2 = 0,653 \text{ м}^3$, т. е. при чистовоздушном дутье наибольшее теоретически возможное содержание окиси углерода в газе может составить 34,7% по объему. Однако необходимо отметить, что выход интересующей нас активной составляющей части бедного газа зависит в значительной мере от температуры. Опыты Моллье и Будуара (фиг. 7) показали, что наибольший выход CO отвечает температурам порядка 1000°C .

Как указывалось, при чистовоздушном дутье имеет место большой избыток теплоты, выделенной в основной реакции и не использованной в полной мере в реакции образования окиси углерода.

С целью использования этого избытка теплоты и обогащения генераторного газа водородом вводится в процесс водяной пар.

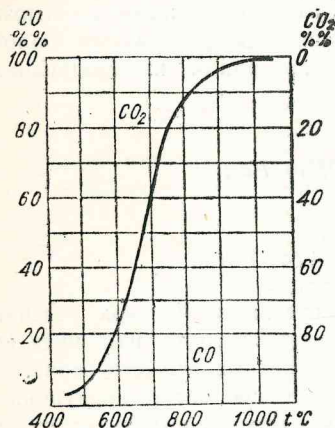
Для генераторного газа, содержащего водород, полученный в присутствии накаливаемого углерода, аналогично имеем также два уравнения: при низких температурах:

$$\begin{aligned} \text{CO} + \text{H}_2 + \text{CO}_2 + \text{N}_2 &= 1, \\ \frac{21}{79} \text{N}_2 &= 0,5 \text{CO} + \text{CO}_2 - 0,5 \text{H}_2, \end{aligned}$$

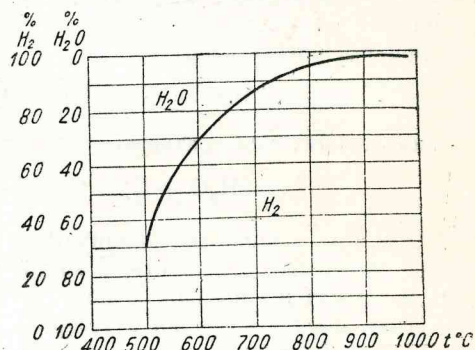
и для реакции при высоких температурах:

$$\begin{aligned} \text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2 &= 1, \\ \frac{21}{79} \text{N}_2 &= 0,5 (\text{CO} - \text{H}_2). \end{aligned}$$

Однако для обоих случаев решение системы двух уравнений, в отличие от предыдущего, невозможно при четырех, а в последнем случае трех неизвестных. Поэтому в условиях практики необходимо опре-



Фиг. 7. Изменение процентных содержаний CO и CO₂ в зависимости от температуры.



Фиг. 8. Изменение процентных содержаний H₂O и H₂ в зависимости от температуры.

делить опытным путем лишние неизвестные, каковыми, в частности, могут быть углекислота и окись углерода. На фиг. 8 представлен график условий получения H₂ в присутствии накаливаемого углерода из H₂O.

Общие соображения, только что высказанные о паровоздушном генераторном газе, могут быть дополнены введением термодимического коэффициента полезного действия. Последний представляет собой отношение количества теплоты, которое способен выделить газ — Q₂, к теплоте углерода Q_m, пошедшего на образование газа, т. е.

$$\eta_0 = \frac{Q_2}{Q_m}$$

Последнее положение не облегчает вопроса в смысле решения уравнений Моллье, так как η₀ требует также предварительного определения. Если принять высшие теплотворные способности одного моля CO и H₂ примерно одинаковыми и равными 68 000 Кал, то

$$Q_2 = \frac{68\,000}{24,4} (\text{CO} + \text{H}_2) \text{ при } 15^\circ \text{C и } 1 \text{ ат,}$$

а

$$Q_m = \frac{12}{24,4} (\text{CO} + \text{CO}_2) \frac{96\,720}{12},$$

где углерод определен по его содержанию в окиси углерода и в углекислоте.

Принимая во внимание значения для Q₂ и Q_m, найдем выражение термодимического к. п. д. через объемный состав газа:

$$\eta_0 = \frac{68\,000 (\text{CO} + \text{H}_2)}{96\,720 (\text{CO} + \text{CO}_2)} = 0,7 \frac{\text{CO} + \text{H}_2}{\text{CO} + \text{CO}_2}.$$

В случае бедного газа Сименса H₂ и CO₂ теоретически отсутствуют, а потому η₀ ≤ 0,7.

При получении водорода из водяного пара при реакции высоких температур

$$\eta_0 \leq 0,7 \frac{\text{CO} + \text{H}_2}{\text{CO}}.$$

Из последнего особенно легко усматривается, что присадка водяного пара ведет к повышению термодимического к. п. д. газогенераторного процесса.

Выше было указано, что качество генераторного газа зависит от количества воздуха, поступающего для его получения. Исходя из состава генераторного газа, содержащего в 1 м³ окиси углерода — CO м³; водорода — H₂ м³, углекислоты — CO₂ м³ и азота — N₂ м³, определим количество воздуха, участвовавшее в процессе получения этого газа:

$$\begin{aligned} l &= [0,5 (\text{CO} - \text{H}_2) + \text{CO}_2] + \frac{79}{21} [0,5 (\text{CO} - \text{H}_2) + \text{CO}_2] = \\ &= \frac{100}{21} [0,5 (\text{CO} - \text{H}_2) + \text{CO}_2] = \frac{100}{19} \text{N}_2 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Если обозначить выход генераторного газа по объему на 1 кг углерода как V м³, то количество воздуха, израсходованного на образование V м³ генераторного газа, получится путем умножения на V м³ предыдущего значения l, т. е.

$$L = \frac{100}{79} \text{N}_2 V \text{ м}^3.$$

Но выход газа на 1 кг углерода может быть определен по формуле:

$$V = \frac{1}{\frac{12}{24,4} (\text{CO} + \text{CO}_2)} \text{ м}^3,$$

а потому:

$$L = \frac{100 N_2}{79 \cdot \frac{12}{24,4} (CO + CO_2)} = \frac{100 \cdot 24,4 N_2}{79 \cdot 12 (CO + CO_2)} \text{ м}^3.$$

Для полного сгорания 1 кг углерода в углекислоту теоретически необходимое количество воздуха L_0 найдется согласно следующему:

$$L_0 = \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} \text{ м}^3.$$

Коэффициент избытка воздуха в газогенераторном процессе представится в виде отношения количества воздуха L , поступившего на образование газа, к количеству L_0 , теоретически необходимому для полного сгорания углерода в углекислоту, т. е.

$$\alpha = \frac{L}{L_0}.$$

Подставляя вместо L и L_0 найденные ранее их значения, получим:

$$\alpha = \frac{L}{L_0} = \frac{100 \cdot 24,4 \cdot 12 \cdot 0,21}{79 \cdot 12 \cdot 24,4 (CO + CO_2)} = \frac{21}{79} \frac{N_2}{CO + CO_2};$$

имея в виду, что

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

находим:

$$\alpha = \frac{21}{79} \frac{N_2 \eta_0}{0,7 (CO + H_2)},$$

а так как

$$N_2 = \frac{79}{21} \cdot (0,5 CO + CO_2 - 0,5 H_2),$$

то

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\eta_0}{0,7} \cdot \frac{(CO - 0,5 CO + CO_2 - 0,5 H_2)}{(CO + H_2)} = \frac{\eta_0}{0,7} \cdot \left[\frac{CO + CO_2}{CO + H_2} - \frac{0,5 (CO + H_2)}{CO + H_2} \right] = \\ &= \frac{\eta_0}{0,7} \cdot \left[\frac{0,7}{\eta_0} - 0,5 \right] = 1 - \eta_0 \cdot \frac{5}{7} \leq 1 - 0,714 \eta_0. \end{aligned}$$

Отсюда видно, что в газогенераторном процессе α должно быть меньше единицы, что и нужно было ожидать. При теоретическом газе Сименса $\eta_0 = 0,7$, а $\alpha \leq 0,5$.

Чем больше значение η_0 , тем меньше α ; так, при паровоздушном газе η_0 может иметь значение $\eta_0 \leq 0,8$, тогда $\alpha \leq 0,44$.

Газификация топлива. Схемы реакций, протекающих в активной зоне

Процесс превращения в газ твердых горючих протекает значительно сложнее, чем чистого углерода, хотя бы вследствие того, что топливо, кроме углерода, содержит связанный водород, гигроскопическую влагу, азот и серу, которые видоизменяют процесс, а также вносят в него новые активные и инертные элементы.

Так, например, состав 1 кг древесного угля 15%-ной влажности по Менделееву может быть дан в следующих весовых отношениях:

$$\begin{aligned} C &= 770 \text{ г}; O_2 = 40 \text{ г}; H_2 = 15 \text{ г}; N_2 = 5 \text{ г}; \\ H_2O &= 150 \text{ г}; \text{зола} = 20 \text{ г}. \end{aligned}$$

Состав 1 кг древесины:

$C = 465 \text{ г}; O = 40 \text{ г}; H = 35 \text{ г}; 420 \text{ г}$ воды Дюлонга + гигроскопическая влага: $H_2 = 10 \text{ г}; N_2 = 10 \text{ г}; \text{зола} = 20 \text{ г}$.

Состав 1 кг антрацита:

$$\begin{aligned} C &= 880 \text{ г}; O_2 = 20 \text{ г}; H_2 = 12 \text{ г}; N_2 = 8 \text{ г}; \\ S &= 5 \text{ г}; H_2O = 35 \text{ г}; \text{зола} = 40 \text{ г}. \end{aligned}$$

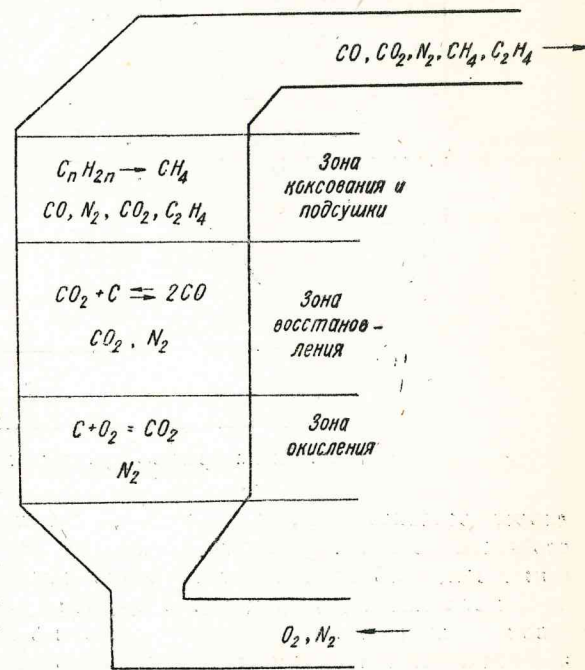
Приведенные составы достаточно наглядно иллюстрируют высказанное предположение об усложнении процесса в реальных условиях для различных топлив. Кроме того, существенное влияние на процесс оказывают побочные обстоятельства, а именно: размеры кусков топлива, интенсивность дутья, потери теплоты во внешнюю среду, ведущие к понижению температур в ходе процесса, способы подвода воздуха, отбор газа и т. п.

Все перечисленные обстоятельства мы пока исключим из рассмотрения, отнеся их в тот раздел, в котором будут изложены основные принципиальные схемы расположения активной зоны в разных случаях.

Представим, как и для случая чистым углеродом, что топливо, находящееся в состоянии газификации, расположено некоторым слоем (фиг. 9), являющимся активной зоной, где протекает газогенераторный процесс.

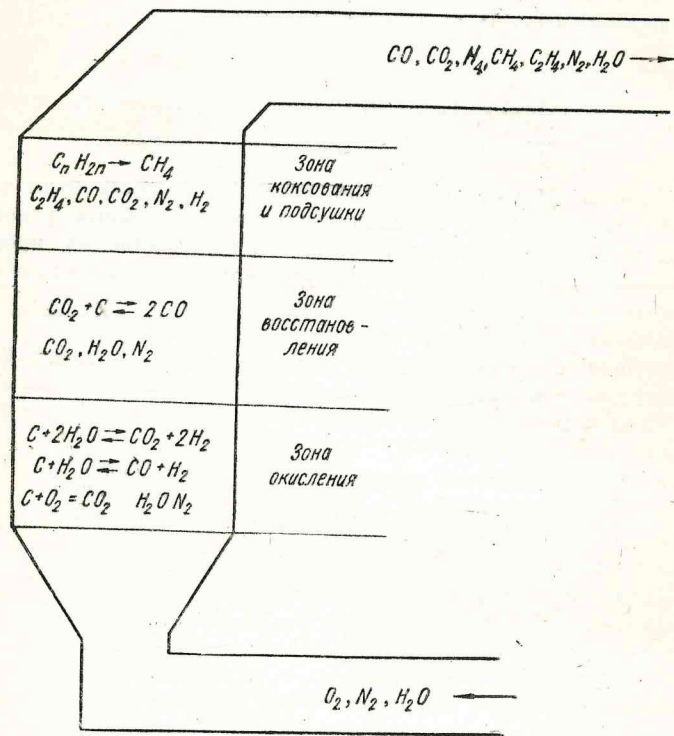
Предположим, что при чисто воздушном дутье воздух поступит снизу,

а отбор продуктов газификации производится сверху, как это указано стрелками на фиг. 9. Допустим далее, что топливо абсолютно сухое, т. е. не содержит гигроскопической влаги, а водород топлива связан лишь с углеродом в виде углеводородов различного состава. В таком



Фиг. 9. Схема прямого процесса.

случае, представляя условно активную зону в виде трех слоев, мы можем наметить в этих слоях области образования различных продуктов газификации топлива, обозначенные на фиг. 9. Здесь намеренно подчеркивается условность такого приема, имеющего большое методическое значение. В действительности, конечно, трудно предположить, что существует какая-либо достаточно резко очерченная грань при переходе от слоя к слою активной зоны в смысле наличия тех или иных интересных реакций. Итак, полагаем, согласно данной схеме, что в нижнем слое прева-



Фиг. 10. Схема прямого процесса с вводом пара.

лирует основная реакция окисления, при которой образуется углекислота с выделением большого количества теплоты. Азот, являясь инертным газом, требует лишь затраты теплоты на нагревание, а следовательно понижает температуру процесса. В среднем слое протекают главным образом реакции восстановления углекислоты в окись углерода, и в этой области восстановления можно фиксировать наличие CO, CO_2 и N_2 . При этом значительная часть ранее выделенной теплоты в области окисления будет затрачена на восстановление. Верхний слой (или область) будет характеризоваться более низкими температурными условиями вследствие указанного использования теплоты в зоне восстановления. Этой области присваивают обычно наименование зоны коксования. В этой зоне некоторая доля оставшейся теплоты используется на распад сложных углеводородных соединений до простейших типа C_2H_4 и CH_4 , как наиболее стойких

в условиях все же высоких температур. Кроме того, в реальных условиях в зоне коксования происходят испарение влаги и выделение смол.

В последней области можно фиксировать значительное сокращение восстановительных процессов, наличие коксования, а следовательно при выходе из активного слоя газ будет состоять из $CO, CO_2, N_2, CH_4, C_2H_4$. Если принять во внимание наличие гигроскопической влаги в топливе, воды Дюлонга, то по существу в действительности газогенераторный процесс всегда будет сопровождаться реакциями, связанными с разложением паров воды в присутствии накаливаемого углерода. При этом будет выделяться водород, а кроме того некоторое количество углекислоты или окиси углерода. В области коксования будет иметь место подсушка, а следовательно появление паров воды в генераторном газе неизбежно. Однако, следуя принятому методу, т. е. имея в виду топливо, лишенное гигроскопической влаги, обратимся к рассмотрению схемы, изображенной на фиг. 10, согласно которой воздух подается вместе с водяным паром. Здесь в зоне окисления имеют место реакции образования CO_2 , распада H_2O , получения CO и CO_2 . В зоне восстановления главная реакция — образование CO в присутствии H_2, N_2, CO_2 , а также неразложенных паров воды, вследствие несовершенства процесса. В зоне коксования дополнительно образуются C_2H_4 и CH_4 . Таким образом при выходе газ будет представлять смесь, состоящую из: $CO; CO_2; H_2; CH_4; C_2H_4; N_2$ и H_2O , т. е. генераторный газ, обогащенный содержанием водорода за счет избытка теплоты, полученной в реакциях окисления углерода.

Необходимо отметить, что в газогенераторном процессе в присутствии водяного пара образование метана CH_4 может протекать не только за счет распада сложных углеводородных молекул в температурных условиях зоны коксования, а также по реакции:



Во всяком случае желательно для полноты оценки при определении термохимического к. п. д. учесть полученный метан.

Термохимический к. п. д. газогенераторного процесса с учетом метана

Для учета метана необходимо исходить из предположения, что метан образуется в генераторном газе лишь за счет свободного водорода топлива. Приведенная выше иная реакция образования метана в практике получения генераторного газа при малых содержаниях водорода как продукта распада молекул воды оказывает ничтожное влияние.

Итак, если содержание свободного водорода в топливе обозначено через H , то максимально возможное его содержание в метане генераторного газа будет:

$$\frac{12}{24,4} (CO + CO_2) \frac{H}{C} \text{ кг,}$$

количество теплоты, которое он способен выделить при сгорании, составит:

$$\frac{68000}{2} \cdot \frac{12}{24,4} \cdot \frac{H}{C} (CO + CO_2) \text{ Кал.}$$

Имея в виду принятые ранее обозначения, получаем: теплоту 1 м³ генераторного газа

$$Q_z = \frac{68\,000}{24,4} (\text{CO} + \text{H}_2 + 3,14 \text{CH}_4) \text{ Кал}$$

и теплоту топлива, образовавшего данное количество газа:

$$Q_m = \frac{12}{24,4} (\text{CO} + \text{CO}_2) \frac{96\,720}{12} + \frac{68\,000}{2} \cdot \frac{12}{24,4} \cdot \frac{\text{H}}{\text{C}} (\text{CO} + \text{CO}_2) = \\ = \frac{96\,720}{24,4} (\text{CO} + \text{CO}_2) \cdot \left(1 + 4,2 \frac{\text{H}}{\text{C}}\right) \text{ Кал.}$$

Термохимический к. п. д.

$$\eta_0 = \frac{Q_z}{Q_m}$$

Подставляя найденные значения Q_z и Q_m , получаем:

$$\eta_0 \cong 0,7 \frac{\text{CO} + \text{H}_2 + 3,14 \text{CH}_4}{(\text{CO} + \text{CO}_2) \left(1 + 4,2 \frac{\text{H}}{\text{C}}\right)}$$

Так как отношение $\frac{\text{H}}{\text{C}}$ обычно мало, то числитель увеличивается за счет слагаемого $3,14 \text{CH}_4$ несколько больше знаменателя, а потому при наличии заметных количеств метана термохимический к. п. д. газогенераторного процесса получается больше.

Скорости химических реакций и их значение. Высота активной зоны

Из предыдущих рассуждений легко можно заключить, что активная зона в процессе образования генераторного газа играет исключительно важную роль, так как в ней начинаются и заканчиваются все реакции, связанные с его получением. Реакции получения генераторного газа и их течение — направление, при условии теоретического топлива, состоящего из чистого углерода, зависят главным образом от температурной напряженности процесса. Температурная напряженность процесса в свою очередь зависит от интенсивности дутья, а следовательно от скорости продвижения всей массы газов через слой активной зоны. Однако с увеличением скоростей движения газовых масс через активную зону сокращается время их контакта с накалившимся углеродом, что может отразиться на полноте интересующих нас реакций, а следовательно на изменении состава генераторного газа в смысле его ухудшения. Отсюда можно наметить общую тенденцию, состоящую в необходимости согласования вопроса скоростей протекания химических реакций в активной зоне со скоростями продвижения всей массы газов через эту зону.

Процесс в окислительном слое связан с образованием углекислоты. Образование этого исходного основного продукта в процессе получения генераторного газа может идти при малых или больших напряженностях дутья. В первом случае кислород воздуха диффундирует с накалившимся

углеродом, относительно медленно его окисляет и выделившаяся углекислота, отделяясь от углерода, заменяется новыми порциями кислорода. Но в этом случае удаление CO_2 , обволакивающей накалившийся углерод, происходит не интенсивно. При напряженном дутье имеет место интенсивное образование углекислоты, которая непрерывно сдувается с поверхности накалившегося углерода новыми порциями поступающего кислорода воздуха, а потому процесс протекает весьма активно. Наконец, при очень больших скоростях дутья, как показывает опыт, в известных условиях при контакте кислорода воздуха с накалившимся углеродом происходит непосредственно образование окиси углерода, т. е. окисление протекает не полно, как и при слишком слабых притоках воздуха во время процесса.

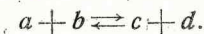
Таким образом с точки зрения обеспечения нормальных условий хода процесса возникают следующие вопросы: успеет ли произойти при данной толщине активной зоны и данной скорости продвижения масс газа восстановление углекислоты CO_2 в окись углерода 2CO и произойдут ли полностью реакции (высоких и низких температур) с водяным паром?

Как будет видно из дальнейшего, на эти существенные для целей практики вопросы, связанные с необходимостью аналитического определения отношения высоты активной зоны к ее ширине, не может быть пока дано исчерпывающего ответа. Причиной этого является отсутствие достаточно надежной оценки параметров, необходимых для решения данной задачи.

Допустим, что скорость продвижения газовых масс через активную зону для каждого конкретного случая может быть определена. Вопрос определения скоростей химических реакций представляется более сложным. Прежде всего достаточно сложным является уже установление самого понятия скорости реакции. Не менее сложной представляется оценка количественных соотношений полученных газообразных продуктов к исходным в каждом из слоев активной зоны по мере продвижения через нее газовых масс. Очевидно, скорость химических реакций может трактоваться как весовое или объемное количество образующихся продуктов в единицу времени, т. е. килограммов в секунду или куб. метров в секунду. Оценка же только что указанных количественных соотношений подлежит выяснению.

Предположим, что газообразные реагенты, заключенные в определенном объеме, химически взаимодействуют.

Обозначая их a, b, c и d , примем a и b за исходные продукты, а c и d — за конечные продукты газификации. В таком случае взаимодействие реагирующих веществ может быть представлено в виде следующей схемы:



Количество образующихся веществ, независимо от направления хода реакции, пропорционально скорости реакции, а скорость пропорциональна произведению масс или концентраций (закон действующих масс).

Если скорость образования продуктов c и d обозначить как ω_1 , а продуктов a и b как ω_2 , то при постоянной температуре имеет место термохимическое равновесие, т. е. равенство $\omega_1 = \omega_2$. Из этого условия

сопоставлением значений ω_1 и ω_2 можно получить так называемую константу равновесия:

$$K_c = \frac{C_c^z \cdot C_d^y}{C_a^e \cdot C_b^x}$$

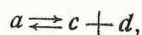
где C с соответствующими индексами обозначают отношение чисел кг-мол образующихся продуктов к общему числу кг-мол, участвующих в реакции, а z, y, e и x — числа кг-мол данных продуктов.

Величина K_c носит название константы термодимического равновесия по концентрации. Так как концентрации веществ пропорциональны парциальным давлениям, при которых они находятся, то константа термодимического равновесия может быть определена также по давлениям, т. е.

$$K_p = \frac{p_c^z \cdot p_d^y}{p_a^e \cdot p_b^x}$$

Между K_p и K_c может быть найдена следующая связь для данного случая: $K_p = K_c$.

Если же система, находящаяся в термодимическом равновесии, состоит из трех реагентов



то связь между K_p и K_c представится в следующем виде:

$$K_p = K_c R_m T.$$

Очевидно, при изменении температуры происходят колебания системы возле равновесного состояния в смысле образования тех или иных продуктов. Эти колебания протекают с выделением или поглощением тепла. При этом необходимо отметить, что то или иное действие вызывает в системе реакцию, направленную к сохранению теплового состояния. Так, например, если температура под влиянием каких-либо причин понижается, то система реагирует на этот фактор выходом таких продуктов, образование которых связано с выделением тепла, т. е. с повышением температуры, и наоборот.

Так, для реакции $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2 \text{CO}$ значительное образование CO связано с высокими температурными процессами; при понижении температуры количества CO уменьшаются и увеличиваются количества CO_2 , но образование последних связано с выделением теплоты, а следовательно определяется тенденция к сохранению начальных температурных условий.

Константы химического равновесия для данной системы без учета углерода, находящегося в твердом состоянии, представляются в следующем виде:

$$K_c = \frac{C_{\text{CO}} C_{\text{CO}}}{C_{\text{CO}_2}} = \frac{C_{\text{CO}}^2}{C_{\text{CO}_2}}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$$

Отсюда ясно, что K_c или K_p могут служить критериями протекания данной реакции в каждом слое активной зоны, если только определены C_{CO} и C_{CO_2} или P_{CO} и P_{CO_2} .

Особенно ясно данное положение вытекает из уравнения Вант-Гоффа:

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = - \frac{Q}{RT^2},$$

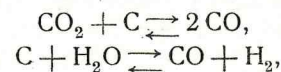
где левая часть представляет собой полную производную от $\ln K_p$ по температуре T . То или иное значение этой производной зависит от притоков теплоты Q в процессе и значения квадрата температуры при постоянных A и R . Действительно, если Q положительно, то теплота в процессе выделяется, реакция экзотермична и $\frac{d \ln K_p}{dT}$ меньше нуля. При этом $\ln K_p$ убывает, а следовательно K_p также убывает, в связи с чем уменьшается выход продуктов реакции в интересующем нас направлении.

В самом деле, для предыдущего примера уменьшение $K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$ связано с увеличением знаменателя и уменьшением числителя, так как выделение тепла происходит при образовании CO_2 за счет CO .

Если Q отрицательно — реакция эндотермична, $\frac{d \ln K_p}{dT}$ больше нуля, $\ln K_p$, а следовательно и K_p возрастают. Это соответствует увеличению образования окиси углерода — CO .

В действительных условиях, в активной зоне газогенератора, кроме указанной основной реакции образования из CO_2 двух частиц окиси углерода, имеют место реакции распада молекул паров воды при высоких и низких температурах.

Прилагаю приведенные рассуждения к более сложным случаям совместных реакций восстановления, имеем в случае высоких температур:



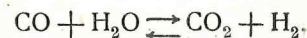
а следовательно,

$$K_p' = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} \quad \text{и} \quad K_p'' = \frac{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

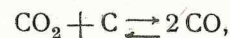
и отношение

$$K_p' = \frac{K_p''}{K_p} = \frac{P_{\text{CO}}^2 P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}} = \frac{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{CO}_2} P_{\text{H}_2}}$$

Последнее показывает, что в любом из слоев области восстановления активной зоны имеет место при высокой температуре равновесие:



При низких температурах:



$$K_p' = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}; \quad K_p'' = \frac{P_{CO_2} P_{H_2}^2}{P_{H_2O}^2};$$

$$K_p = \frac{P_{CO}^2 P_{H_2O}^2}{P_{CO_2} P_{CO_2} P_{H_2}^2} = \frac{P_{CO}^2 \cdot P_{H_2O}^2}{P_{CO_2}^2 P_{H_2}^2},$$

т.е., наличие равновесия $2 CO + 2 H_2O \rightleftharpoons 2 CO_2 + 2 H_2$ такого же вида, как и в предыдущем случае.

Из изложенного видно, что определение констант равновесия связано с газовым анализом реагентов в слоях активной зоны при высоких температурных процессах. А это требует большой и точной работы в условиях практической обстановки, реального осуществления газификации твердых горючих, протекающей весьма неравномерно не только по времени, а также в слоях и от слоя к слою. Однако пока этот практический путь лишь позволяет приблизиться к поставленной цели — определения изменений количества газообразных веществ, участвующих в газогенераторном процессе, а следовательно и скоростей химических реакций в реальных условиях.

Ранее указывалось на необходимость согласования скоростей движения газовых масс через активную зону со скоростями химических реакций. Имея в виду задачу определения высоты активной зоны H , допустим, что для любого ее сечения найдены реагирующие газообразные продукты, из которых часть x м³/сек разлагается, а часть y м³/сек не разлагается. Это положение, вообще говоря, справедливо для любого слоя активной зоны, так что для каждого из них сумма $(x + y)$ м³/сек представляет собой количество газообразных реагентов, появляющихся в любом из слоев. Если F — поперечное сечение зоны, то скорость прохождения этих реагентов через слой, при коэффициенте незаполнения зоны μ , учитывающем наличие свободного прохода газов кусками топлива, может быть определена как:

$$v = \frac{x + y}{\mu F} \text{ м/сек},$$

где μ зависит от сорта топлива и главным образом от размеров его кусков ($\mu \cong 0,2 - 0,25$).

Кроме того, скорость прохождения может быть определена по времени τ , необходимому для завершения реакции в активной зоне, т. е.

$$v = \frac{H}{\tau},$$

где H — высота активной зоны.

Имея в виду два выражения для одного и того же значения скорости, пишем, что:

$$\frac{x + y}{\mu F} = \frac{H}{\tau}.$$

Анализируя последнее равенство, легко представить, что, кроме значительных трудностей в правильном установлении сумм $x + y$, не меньшее практическое затруднение вызывает величина τ . Последнее

объясняется тем, что время контакта реагентов отвечает нескольким сотым долям секунды, и ошибка в данном случае может привести к значительным расхождениям в определении высоты H . В силу выказанных обстоятельств приведенные соображения не нашли еще применения. Поэтому в условиях реальных подсчетов высота активной зоны до сего времени устанавливается для каждого конкретного случая практически по данным опыта с учетом сорта газифицируемых топлив, интенсивности дутья и чисто конструктивных соображений.

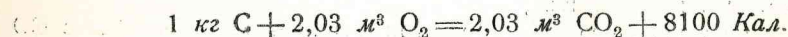
Однако изложенные здесь обстоятельства все же не являются бесполезными, а могут служить, хотя и не полной, но все же некоторой предпосылкой к движению по пути дальнейших научно-экспериментальных изысканий.

Практические значения высоты активной зоны для современных автотракторных газогенераторов для древесного угля колеблются от 280 до 400 мм, для дров составляют в среднем 350 мм и для антрацита 150—180 мм. Кроме того, на выбор высоты H не может не влиять поперечное сечение активной зоны, а потому отношение $\frac{H}{F}$ является одним из важнейших параметров, характеризующих газогенератор.

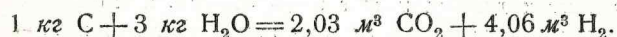
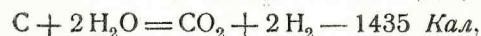
Термохимический расчет газогенераторного процесса

Для проведения термохимического расчета газогенераторного процесса необходимо иметь в виду следующие основные реакции.

Полное сгорание:



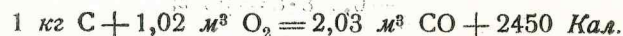
Реакция низких температур:



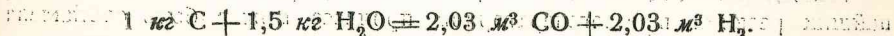
Так как при проведении такой реакции, с одной стороны, происходит выделение тепла: при образовании CO_2 — 8100 Кал, с другой стороны, — образование H_2O поглощает все это тепло и кроме того требует еще 1435 Кал, то можно сказать, что всего при этой реакции поглощается:

$$8100 + 1435 = 9535 \text{ Кал}.$$

Неполное сгорание:



Реакция высоких температур:



При образовании CO выделяется 2450 Кал. Разложение же H₂O поглощает всё это тепло и требует еще 2350 Кал, а всего поглощается при этой реакции

$$2450 + 2350 = 4800 \text{ Кал.}$$

Удельные объемы продуктов газификации при 1 атм и 15°С могут быть приняты следующие:

$$\begin{array}{ll} \text{O}_2 - 0,763 \text{ м}^3/\text{кг}, & \text{N}_2 - 0,871 \text{ м}^3/\text{кг}, \\ \text{CH}_4 - 1,521 \text{ м}^3/\text{кг}, & \text{CO}_2 - 0,551 \text{ м}^3/\text{кг}, \\ \text{CO} - 0,871 \text{ м}^3/\text{кг}, & \text{H}_2 - 12,13 \text{ м}^3/\text{кг}. \end{array}$$

При определении состава газа по топливу в термодимическом и тепловом расчетах процесса приходится все же задаваться некоторыми отправными величинами. Необходимость некоторых отправных данных, кроме состава самого топлива как исходного продукта, вполне согласовывается с предпосылками Моллье, которые выражены в двух уравнениях, содержащих четыре неизвестных. В число этих отправных данных приходится включать, конечно, такие, которые, с одной стороны, экспериментально достаточно точно установлены, с другой, — дающие при их отклонении от действительности меньшую ошибку в расчете.

К числу основных данных необходимо отнести следующие:

- 1) элементарный состав топлива,
- 2) выход сухого или влажного газа из 1 кг топлива,
- 3) содержание CO₂ в генераторном газе,
- 4) содержание CH₄ в генераторном газе,
- 5) предположение, что весь свободный водород топлива или доля его переходит в метан в газе,
- 6) предположение, что кислород топлива идет на образование CO в газе,
- 7) условия образования H₂ из H₂O по реакциям высоких и низких температур.

Количество этих данных может быть больше или меньше того, которое здесь указано, в зависимости от состава топлива и способа ведения процесса.

Пример. Дан состав древесного угля 15% влажности: С — 770 г; O₂ — 40 г; H₂O — 150 г; H₂ — 15 г; N₂ — 5 г; А — 20 г.

Допустим, что выход сухого газа из 1 кг составляет 5 м³ при 15°С и 1 атм. Содержание CO₂ в газе 3,8% и CH₄ — 1,5%. Водород образуется из гигроскопической влаги в реакции высоких температур.

При этих условиях из всего располагаемого количества углерода топлива затрачено:

$$\text{на CO}_2: \frac{12}{24,4} \cdot 0,038 \cdot 5 = 93 \text{ г};$$

$$\text{на CH}_4: \frac{12}{24,4} \cdot 0,015 \cdot 5 = 37 \text{ г}.$$

Исходя из этих соображений, при помощи ранее приведенных важнейших реакций в газогенераторном процессе может быть составлена

таблица, в которой предусматривается как выход продуктов, так и тепловой и материальный балансы процесса. Табл. 20 служит иллюстрацией к примеру.

Таблица 20

Совершающиеся процессы	Элементы, затрачиваемые для образования генераторного газа		Состав генераторного газа л				Калорий ±	
	углерод г	воздух или азот и кислород л	CO	CO ₂	CH ₄	H ₂		
								O ₂
Превращается в метан, H ₂ — свободн. 2,68 г . . .	37	—	—	—	75	—	—	
Превращается в CO с кислородом топлива	30	30,6	—	61	—	—	+ 74	
Превращается в CO с кислородом пара . . .	102	104	—	207	—	—	+ 250	
При разложении 150 г пара	—	—	—	—	—	203	— 480	
Превращается в CO с воздухом	508	520	—	1 030	—	—	+ 1 245	
Превращается в CO ₂ с воздухом	93	189	—	—	189	—	+ 753	
Остается без изменения	—	—	667	—	—	—	—	
Итого . . .	770	843,6	2 667	1 298	189	75	235	+ 1 842

Объемный состав генераторного газа в данном случае получен следующий: CO — 29,2%; CO₂ — 4,25%; CH₄ — 1,66%; H₂ — 5,3%; N₂ — 59,56%.

Выход сухого газа из 1 кг угля без учета провала 4,463 м³.

Таким образом произведенный подсчет достаточно удовлетворяет предварительным условиям. Путем соответствующего пересчета можно еще больше приблизиться к ним, но вряд ли это будет иметь практическую ценность, так как в действительности состав генераторного газа зависит, как указывалось, от многих обстоятельств, сопровождающих его получение.

Низшая теплотворная способность полученного газа определится по формуле:

$$Q_{\text{н}}^{\text{г}} = 23,6 \text{ H}_2 + 28 \text{ CO} + 78,2 \text{ CH}_4 \text{ Кал/м}^3,$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{г}} = 23,6 \cdot 5,3 + 28 \cdot 29,2 + 78,2 \cdot 1,66 = 1076 \text{ Кал/м}^3.$$

Термодимический к. п. д. газогенераторного процесса будет равен:

$$\eta_0 = 0,7 \frac{\text{CO} + \text{H}_2 + 3,14 \text{ CH}_4}{(\text{CO} + \text{CO}_2) \left(1 + 4,2 \frac{\text{H}}{\text{C}}\right)} = 0,7 \frac{29,2 + 5,3 + 3,14 \cdot 1,66}{(29,2 + 4,25) \left(1 + 4,2 \frac{15}{770}\right)} = 0,78.$$

Коэффициент полезного действия газогенератора η_z , определенный по высшей теплотворной способности генераторного газа и низшей теплотворной способности топлива с учетом 3—4% провала, называется истинным к. п. д. газогенератора:

$$\eta_z = \frac{Q_g^z \cdot V_z}{K \cdot Q_H}$$

где:

Q_g^z — высшая теплотворная способность генераторного газа, определяемая по формуле:

$$Q_g^z = 28(H_2 + CO) + 87 \cdot CH_4 \text{ Кал/м}^3,$$

V_z — выход газа из 1 кг топлива,

$K = 1,03 \div 1,04$ (коэффициент, учитывающий провал),

Q_H — низшая теплотворная способность топлива.

Для данного примера:

$$Q_g^z = 28 \cdot 345 + 87 \cdot 1,66 = 1110 \text{ Кал},$$

$$Q_H = 6700 \text{ Кал}.$$

$$\eta_z = \frac{1110 \cdot 4,463}{1,04 \cdot 6700} \cong 0,72.$$

К. п. д. газогенератора по двигателю η_d , т. е. по низшей теплотворной способности газа и низшей теплотворной способности топлива, является условным к. п. д., так как в данном случае исключается из учета расход тепла газогенератором на испарение воды в процессе.

К. п. д. газогенератора по двигателю для данного примера

$$\eta_d = \frac{1076 \cdot 4,463}{1,04 \cdot 6700} \cong 0,69.$$

Рассматривая графу теплового баланса табл. 20, нельзя не обратить внимание на то, что 1842 Кал составляют тепло, пошедшее на нагревание генераторного газа, выходящего при высоких температурах.

За счет присадки к поступающему в газогенератор воздуху некоторого дополнительного количества паров воды можно тем самым вполне рационально обогатить газ водородом и снизить температуру его на выходе. Указанное мероприятие приводит, как известно, к повышению термохимического к. п. д. процесса и обуславливает наличие в нем реакций разложения паров воды при низких температурах. Так, имея в виду данные предыдущего примера, дополним их следующими условиями:

1. Весь свободный водород топлива переходит в метан.
2. Дополнительно в процессе участвуют 255 г воды, кроме 150 г гигроскопической воды, разложение которой протекает в данном случае при низких температурах.

В качестве иллюстрации к примеру приводится табл. 21.

Совершающиеся процессы	Элементы, затрачиваемые для образования генераторного газа			Состав генераторного газа л				Калорий ±
	С	воздух л или кислород и азот		CO	CO ₂	CH ₄	H ₂	
		O ₂	N ₂					
Превращается в метан	45	—	—	—	—	91,5	—	—
Превращается в СО с кислородом топлива	30	30,5	—	61	—	—	—	+ 74
Превращается в СО ₂ с кислородом пара (150 г)	50	101	—	—	101	—	—	+ 405
Превращается в СО ₂ с кислородом пара (225 г)	85	175	—	—	175	—	—	+ 690
Расходуется на разложение пара (150+225)	—	—	—	—	—	—	5 6	— 1290
Превращается в СО с воздухом	560	570	2 150	1 140	—	—	—	+ 1370
Остается без изменения	—	—	2 150	—	—	—	—	—
Итого	770	876,5	4 300	1 201	276	91,5	546	+ 1 249

Объемный состав полученного газа: CO — 28,3%; CO₂ — 6,45%; CH₄ — 2,14%; H₂ — 12,75%; N₂ — 50,36%.

Выход сухого газа из 1 кг угля без учета провала: $V_z = 4,264 \text{ м}^3$.
Низшая теплотворная способность газа:

$$Q_H^z = 23,6 \cdot 12,75 + 28 \cdot 28,3 + 78,2 \cdot 2,14 = 1260 \text{ Кал/м}^3.$$

Как состав генераторного газа, так и его низшая теплотворность в данном случае близки к практическому пределу при газификации древесного угля.

Термохимический к. п. д.:

$$\eta_0 \cong 0,7 \frac{28,3 + 12,75 + 3,14 \cdot 2,14}{(28,3 + 6,45) \left(1 + 4,2 \frac{15}{770}\right)} \cong 0,893.$$

Истинный к. п. д.:

$$\eta_z = \frac{Q_g^z V_z}{1,04 \cdot Q_H} = \frac{1336 \cdot 4,264}{1,04 \cdot 6700} \cong 0,815.$$

К. п. д. газогенератора по двигателю:

$$\eta_d = \frac{Q_H^z \cdot V_z}{1,04 \cdot Q_H} = \frac{1260 \cdot 4,264}{1,04 \cdot 6700} \cong 0,77.$$

Таким образом присадка водяного пара привела к значительному повышению к. п. д. газогенераторного процесса.

Необходимо все же отметить, что в реальных условиях процесс не протекает совершенно, ибо часть водяных паров не разлагается и лишь охлаждает процесс, а потому газ содержит влагу. Кроме того, имеет место отдача тепла в окружающую среду, в силу чего истинный к. п. д. редко достигает 80%, не превосходя обычно 75—76%.

Приведенные примеры расчета газогенераторного процесса достаточно удобны при топливах, содержащих относительно небольшое количество влаги, так как в обоих случаях допускалось, что вся влага в процессе разлагается, а газ получается сухим. При дровяном газе значительное количество паров выпадает в холодильниках системы. Генераторный газ получается влажный, следовательно, водяные пары в полной мере не разлагаются. В силу указанного обстоятельства приходится задаваться еще дополнительным условием, определяющим степень распада водяных паров с учетом воды Дюлонга. Это в большой мере усложняет приведенный метод расчета, хотя, конечно, не исключает его.

Термохимический расчет газогенераторного процесса методом баланса

Кроме рассмотренных приемов расчета, предусматривающих определение состава газа по составу топлива, применяется расчет методом баланса на 100 кг-мол газа. Сущность последнего приема состоит в следующем.

Принимают, что:

- 1) весь углерод в газе получен из углерода топлива;
- 2) водород в газе получен из свободного водорода топлива и водорода воды;
- 3) азот в газе получен из азота воздуха и азота топлива (последним иногда пренебрегают);
- 4) кислород в газе получен из кислорода воздуха, топлива и воды.

Затем задаются составом генераторного газа по данным опыта, составом топлива и сводят баланс по указанным элементам, а также тепловой и материальный балансы с учетом провала, золы и всей влаги.

Пример. Дан следующий состав генераторного газа в объемных долях: $\text{CO} = 26,2\%$; $\text{H}_2 = 9,7\%$; $\text{CH}_4 = 0,9\%$; $\text{CO}_2 = 3,7\%$; $\text{N}_2 = 59,9\%$.

Состав топлива по весу в процентах:

$$C_m = 78\%; \quad H_m = 2,3\%; \quad N_m = 1\%; \\ (H_2O)_m = 17,1\%; \quad A_m = 1,6\%.$$

Определяем содержание в 100 кг-мол газа углерода, водорода, кислорода и азота также кг-мол:

$$\Sigma C_2 = 3,7 + 26,2 + 0,9 = 30,8 \text{ кг-мол,}$$

$$\Sigma H_2 = 1,8 + 9,7 = 11,5 \text{ кг-мол,}$$

$$\Sigma O_2 = 3,7 + 13,1 = 16,8 \text{ кг-мол,}$$

$$\Sigma N_2 = 59,9 \text{ кг-мол.}$$

Оцениваем провал углерода в 3% и определяем выход газа на 1 кг топлива:

$$V_2 = \frac{0,97 \cdot C_m \cdot 100}{24,4 \cdot C_2} = \frac{0,97 \cdot 0,78 \cdot 100}{0,492 \cdot 30,8} \cong 5 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

На получение 100 кг-мол газа при 15° С и 1 ат необходимо затратить G_m кг топлива, т. е.

$$G_m = \frac{24,4}{V_2} \cdot 100 \text{ кг} = \frac{24,4}{5} \cdot 100 \cong 490 \text{ кг.}$$

Баланс водорода

На 100 кг-мол газа в газогенератор будет введено воды

$$W = G_m \cdot (H_2O)_m = 490 \cdot 0,171 \cong 84 \text{ кг,}$$

ли

$$\frac{84}{18} \cong 4,66 \text{ кг-мол.}$$

Полученные 4,66 кг-мол будут соответствовать только водороду, олученному из воды. Кроме него, в газ поступает свободный водород отплива в количестве:

$$G_m \cdot \frac{H_m}{2} = 490 \cdot \frac{0,023}{2} \cong 5,42 \text{ кг-мол.}$$

Всего из топлива и воды перейдет водорода в газ:

$$4,66 + 5,42 = 10,08 \text{ кг-мол,}$$

содержится в газе водорода — 11,5 кг-мол.

Баланс по водороду не сходится на 1,4 кг-мол на 100 кг-мол газа. Этот недостаток может быть отнесен за счет влаги, поступающей из воздуха.

Баланс азота

Определяем воздух, поступивший в процессе.

Количество азота в топливе определяется как:

$$G_m \cdot \frac{N_m}{28} = \frac{490 \cdot 0,01}{28} \cong 0,175 \text{ кг-мол.}$$

Подведено азота с воздухом:

$$59,9 - 0,175 \cong 59,7 \text{ кг-мол.}$$

Подведено воздуха:

$$\frac{100}{79} \cdot 59,7 = 75,6 \text{ кг-мол.}$$

Баланс кислорода

Подведено кислорода с воздухом:

$$\frac{21}{79} \cdot 59,7 = 15,9 \text{ кг-мол.}$$

Содержание кислорода в газе $\Sigma O_2 = 16,8 \text{ кг-мол.}$

В разложенной в процессе воде содержалось кислорода:

$$16,8 - 15,9 = 0,9 \text{ кг-мол.}$$

В данных условиях получается, что в процессе разложено всего: $0,9 \times 2 = 1,8$ кг-мол воды, а по балансу водорода количество воды равно 4,66 кг-мол. Следовательно, баланс не сходится, и необходимо изменить несколько раз состав газа и путем ряда подсчетов получить удовлетворительное решение. Для практики технического расчета можно считать приемлемым расхождение баланса на 2—3%.

Основные способы получения генераторного газа в транспортных конструкциях газогенераторов

В настоящее время для получения генераторного газа на транспорте применяют в качестве топлива главным образом древесный уголь дрова в силу того, что эти топлива наиболее доступны.

Применительно к указанным сортам горючего и разработаны основные приемы их газификации. В условиях транспортной установки приемы должны отличаться простотой как в смысле конструктивной реализации, так и в отношении удобств в эксплуатации установок в целом.

Кроме того, значительное различие физических свойств и химического состава древесного угля и древесины заранее предопределяет коренное различие в методах сжигания их в газогенераторах, хотя всегда эти методы внешне резко могут быть разграничены.

В практике получения генераторного газа на транспорте применяют процессы: прямой, обратный или опрокинутый и горизонтальный. Следует оговорить, что последний не является каким-либо особым видом процесса, а включает в основном прямой или обратный процессы, в которых течение газов в активной зоне происходит горизонтально, что в известных случаях облегчает конструктору композицию системы на автомобиль или трактор.

На фиг. 11 представлена принципиальная схема прямого процесса. Путь движения газов указан на схеме стрелками.

Воздух поступает под колосниковую решетку снизу; продукты газификации отбираются сверху, над активной зоной. В данном случае расположение важнейших областей газообразования будет следующее:

- зона основной реакции (окисления) внизу над решеткой,
- зона восстановления и
- зона коксования и подсушки.

Совершенно ясно, что данный прием может быть просто осуществлен при использовании топлив, не содержащих большого количества смол.

Характерными представителями таких топлив являются древесный уголь, карбонит и отчасти антрацит.

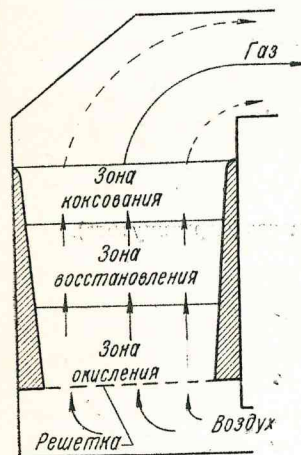
На фиг. 12 приведена схема опрокинутого процесса. Направление движения газов, как и в первом случае, указано стрелками. Воздух подводится сверху в зону окисления, обычно через ряд фурм. Затем продукты газификации, пройдя область восстановления, движутся сквозь решетку и через нижнюю коробку газосборника отбираются к месту

потребления. Расположение областей по характеру протекания реакций в опрокинутом процессе иное, а именно:

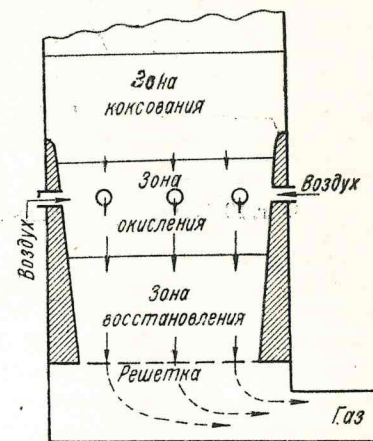
- выше зоны окисления, над фурменным поясом, расположена зона коксования и подсушки, затем
- зона окисления и
- зона восстановления.

Указанное расположение областей по существу не является строго обратным предыдущему процессу, а потому принятое наименование отвечает скорее внешним признакам (дутье сверху), чем внутреннему содержанию, но тем не менее это наименование в технике утвердилось.

При осуществлении обратного процесса, очевидно, образующиеся в надфурменной области продукты коксования и возгонки, устремляясь



Фиг. 11. Схема прямого процесса.



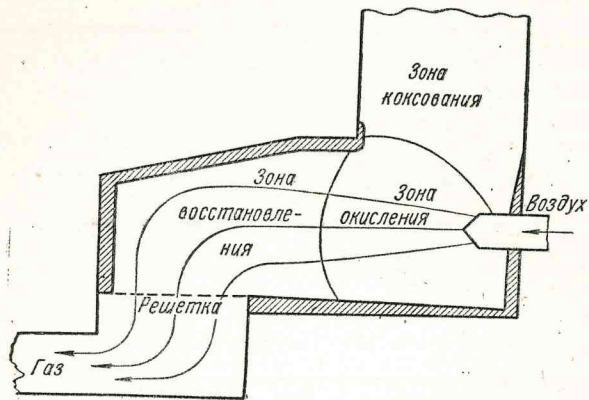
Фиг. 12. Схема опрокинутого процесса.

в область окисления, в большей части сгорают или частично распадаются под влиянием высоких температур. Поэтому, в частности, при правильно подобранном отношении $\frac{H}{F}$ активной зоны можно иметь гарантию в том, что пары смол в газе будут отсутствовать, в силу чего указанный прием нашел применение при газификации древесины.

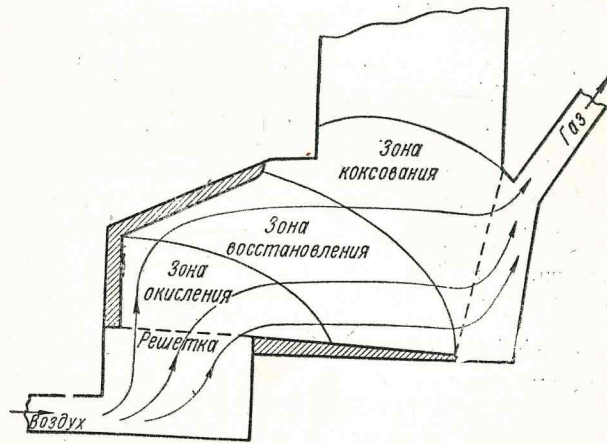
Однако во многих случаях сжигают и древесный уголь также в опрокинутом процессе. Это находит себе иные обоснования, состоящие главным образом в больших удобствах обслуживания газогенераторов, осуществляющих подобный процесс, но надо отметить, что при древесном угле повышенной влажности газификация его в данном случае будет более затруднительна, чем в прямом процессе. При опрокинутом процессе значительное количество паров, выделяющихся из топлива, устремляется непосредственно в зону фурменного пояса, где они отнимают большое количество теплоты и, понижая температуру процесса, нарушают благоприятное течение реакций. При прямом процессе указанное обстоятельство не так резко сказывается, так как топливо посту-

пает в зоны восстановления и окисления, пройдя зону подсушки и коксования.

И, наконец, представленные на фиг. 13 и 14 схемы так называемого горизонтального процесса, как указывалось, по существу являются лишь разновидностью предыдущих. Основное удобство, которое дает при-



Фиг. 13. Схема горизонтального процесса (опрокинутого).

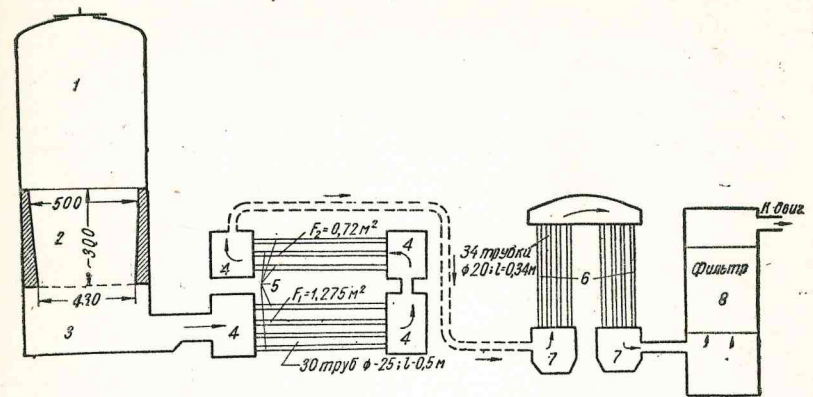


Фиг. 14. Схема горизонтального процесса (прямого).

водимое расположение, состоит в возможности снижения общей высоты газогенератора, что, конечно, весьма существенно для транспортной установки.

Не останавливаясь подробнее на деталях топливников различных типов, которые включают собственно активную зону процесса, относим этот вопрос в отдел современных конструкций, укажем лишь еще на следующие основные элементы устройства в целом.

На фиг. 15 представлена разернутая схема газогенераторной установки для тяжелой грузовой машины или трактора.



Фиг. 15. Общая схема газогенераторной установки:

1 — бункер, вмещающий запас топлива на 70—120 км; 2 — топливник или шахта; 3 — зольник-газосборник; 4 — пылесадочные коробки; 5 — охладители первичного охлаждения газа; 6 — радиатор для вторичного охлаждения газа, устанавливаемый перед водяным радиатором машины; 7 — грязевые коробки; 8 — фильтр холодного газа.

Определение основных размеров газогенераторной установки по двигателю

Переходя к изложению принципов определения основных размеров системы, необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Много из того, что будет здесь рекомендовано, хотя и является продуктом опыта, но, конечно, не стабильно. Бурное развитие вопроса применения твердых горючих в условиях транспорта продолжает привлекать к себе значительное внимание со стороны отдельных экспериментаторов и научно-исследовательских учреждений как у нас, так и за рубежом.

Основные размеры системы, как заранее можно предполагать, определяются мощностью приключенного к ней потребителя, в данном случае двигателя внутреннего сгорания автомобильного или тракторного типа.

Для определения расхода газа по двигателю найдем количество смеси (газа и воздуха), засасываемой четырехтактным двигателем в час:

$$V_{см} = \eta_v V_h \frac{n}{2} 60 \text{ м}^3/\text{час},$$

где: η_v — коэффициент наполнения двигателя,

V_h — рабочий объем двигателя в м^3 ,

n — число оборотов в минуту, обычно для режима максимальной мощности.

Указанный объем $V_{см}$ включает объем сухого генераторного газа V_2 , необходимый объем воздуха для его сгорания и некоторую долю w водяных паров, нормально составляющих около 10%.

При этих условиях $V_{см}$ можно выразить в виде суммы:

$$V_{см} = V_2 + \alpha L_0 V_2 + \omega V_2 \text{ м}^3/\text{час},$$

где: α — коэффициент избытка воздуха,

L_0 — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ газа.

Из последнего равенства определяется объем газа, засосанный двигателем в 1 м³/час, а именно:

$$V_2 = \frac{V_{см}}{1 + \alpha L_0 + \omega} \text{ м}^3/\text{час}.$$

В данном выражении α = от 1 до 1,2; ω = 0,1, а L_0 определяется по составу генераторного газа:

$$L_0 = \frac{100}{21} [0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 - \text{O}_2] \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа}.$$

Пример. Дано $V_2 = 0,009 \text{ м}^3$; $n = 2000 \text{ об/мин.}$; $\eta_p = 0,85$; $\omega \cong 0,1$; $\alpha = 1,1$; $\text{CO} = 14\%$; $\text{H}_2 = 15\%$; $\text{CH}_4 = 2\%$.

Определяем объем смеси:

$$V_{см} = 0,85 \cdot 0,009 \cdot 1000 \cdot 60 \cong 460 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Теоретически необходимое количество воздуха:

$$L_0 = \frac{100}{21} [0,5(0,14 + 0,15) + 0,04] = 0,88 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа}.$$

Объем газа, засосанный двигателем в час:

$$V_2 = \frac{460}{1 + 1,1 \cdot 0,88 + 0,1} = 230 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Для определения основных размеров топливника газогенератора, включающего активную зону, задаются обычно напряженностью горения на решетке или в зоне фурменного пояса. Напряженность горения представляет собой количество топлива, сжигаемого в час на квадратном метре площади колосниковой решетки или фурменного пояса, и выражается отношением:

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

Для древесного угля напряженность q принимается около 200—250; для древесины — от 600 до 1000.

Выбор той или иной напряженности зависит от сорта топлива, типа машины и условий ее эксплуатации.

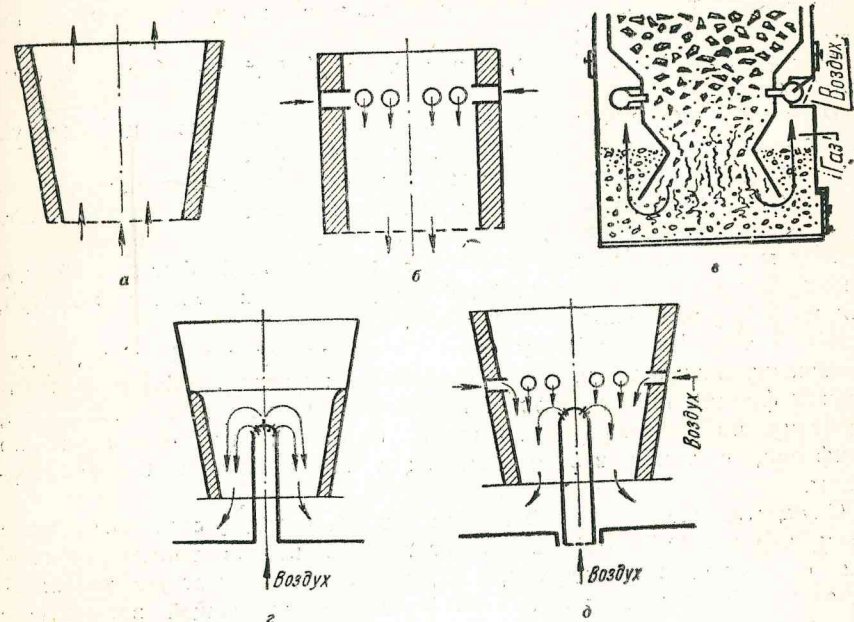
Таким образом, определяя по расходу генераторного газа расход топлива, исходя из выхода газа из 1 кг топлива, вычисляют площадь F .

Высотой активной зоны H задаются: для древесного угля $H \cong 300 \text{ мм}$, для древесины $H \cong 350 \text{ мм}$.

Размер бункера определяют, исходя из необходимости работы на режиме максимальной мощности в течение 1,5—2 часов, что в условиях

эксплуатации дает запас топлива на 70—120 км пробега. Размеры фурм определяются для средних скоростей воздуха порядка 20—25 м/сек.

Размеры зольника по высоте устанавливают обычно не меньше 150—200 мм, в зависимости от конструктивных деталей топчного



Фиг. 16. Типы топливников.

устройства для обеспечения суточной работы без чистки. Необходимо отметить, что должна быть учтена зольность топлива и 3—4% провала его в зольник.

Пример. Дано $V_2 = 182 \text{ м}^3/\text{час}$.

Выход сухого газа из 1 кг древесного угля 5 м³/кг. Определить F :

$$B = \frac{182}{5} \cong 36,5 \text{ кг/час}.$$

Задаем напряженностью горения: $q = 250 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$. Тогда

$$F = \frac{B}{q} = \frac{36,5}{250} \cong 0,145 \text{ м}^2.$$

Диаметр фурменного пояса

$$D = \left(\frac{4 \cdot F}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4 \cdot 0,145}{3,14}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ м} = 430 \text{ мм}.$$

При решении вопроса о размерах топливника газогенератора приходится предварительно задаваться конструктивной формой последнего.

На фиг. 16 представлены формы наиболее распространенных топливников или шахт:

a — простая коническая шахта для осуществления прямого процесса (древесный уголь, антрацит, кокс);

b — цилиндрическая шахта для опрокинутого процесса (древесный уголь, карбонит);

v — шахта типа „Имберт“ для опрокинутого процесса высокой напряженности (древесина);

z — шахта высокой напряженности типа „Дейц“ с центральной фурмой (древесина);

d — шахта смешанного типа с подачей воздуха через центральную фурму и через ряд небольших фурм по периферии.

Последний тип допускает переход от высокой напряженности к более низкой и обратно, если конструктивно предусмотрена возможность удаления или постановки центральной фурмы.

Шахты типа *a*, *b*, *z* и *d* снабжены жароупорной футеровкой для предохранения металлических частей от действия высоких температур, а также для уменьшения потерь тепла.

Шахта типа Имберт (*v*) выполняется из жароупорной стали, а для уменьшения потерь тепла может снабжаться экранами. Шахты с центральной фурмой имеют наиболее напряженный режим в средней части, а потому по сравнению с шахтами, имеющими подачу воздуха по периферии, с точки зрения меньших тепловых потерь более совершенны.

Осуществление смешанной подачи воздуха находит свое объяснение в том, что при ней лучше протекает горение кусков топлива, омываемых со всех сторон воздухом, а следовательно отсутствует так называемая непрогорающая зона. Появление непрогорающей зоны может наблюдаться даже при шахтах высоких напряженностей типа „Имберт“. При этом через активную зону в зольник проникают куски необугленной древесины. Последнее приводит к появлению смолы в газе, особенно на режимах двигателя, близких к холостому ходу.

Генераторный газ при выходе из газосборника (зольника) по возможности быстро охлаждают (закалывают) во избежание обратного хода реакций, сопровождаемых образованием CO_2 и выпадением углерода в виде сажи. Температура газа при выходе из активного слоя довольно высока и практически для древесноугольного процесса составляет $600-700^\circ C$, а для дровяного $350-400^\circ C$.

Газ такой температуры нерационально направлять в двигатель, так как коэффициент наполнения, а следовательно мощность двигателя будут снижены. Конструкция, расположение и даже поверхность охлаждающих устройств во многом определяются габаритами машины, и рядом пробных расчетов обычно находится наиболее рациональное решение вопроса.

Скорости движения горячего газа в системе охладителей нормально не допускают выше $4-5$ м/сек. Проверка запроектированных поверхностей охлаждения для трубчатых радиаторов может быть проведена по известной формуле:

$$z \cdot \pi \cdot l \left[\frac{1}{a_1 d} + \frac{1}{a_2 D} + \frac{1}{2\lambda \ln \frac{D}{d}} \right] = G_2 c_p (t_1 - t_2),$$

где:

z — число трубок охладителя;

l — длина трубок;

$$\vartheta_1 = \frac{t_1 - t_2}{2} \text{ — средняя температура газа;}$$

ϑ_2 — температура воздуха (наружная температура);

a_1 — коэффициент теплопередачи от газа к трубке;

a_2 — коэффициент теплопередачи от трубки к воздуху;

d — внутренний диаметр трубки;

D — наружный диаметр трубки;

λ — коэффициент теплопроводности материала трубки;

G_2 — весовое количество газа, проходящее в час через охладитель;

c_p — средняя теплоемкость газа при $p = \text{const}$;

t_1 и t_2 — температура газа при входе и выходе из охладителя.

Из приведенной формулы баланса отдачи тепла охладителем окружающей среде и потери его газом, проходящим через охладитель, может быть определена интересующая нас температура выхода газа из первой секции (см. фиг. 15). Коэффициенты a_1 и a_2 вычисляются с учетом скоростей газа и воздушного потока, омывающего трубки, например по формуле:

$$a = 2 + 10 \sqrt{v},$$

где *v* — скорость газа или потока воздуха в м/сек.

Последняя должна определяться с учетом температуры газа, поступающего в охладитель.

Проверка подсчета по каждой секции может быть произведена также по формуле:

$$KF \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - \vartheta_2 \right) = G_2 c_p (t_1 - t_2),$$

где:

K — коэффициент теплоперехода;

F — поверхность охлаждения в m^2 ;

G_2 , c_p , t_1 , t_2 и ϑ_2 — имеют ранее указанные значения.

Значения коэффициента *K* для средних условий при установке охладителей (выполненных из железных трубок) под платформой грузовой машины или на тракторе, примерно, равны $6-7$ Кал/м² час 1°С.

Для лобового радиатора, состоящего из железных трубок, величина *K* может возрасти вследствие улучшения условий охлаждения до $25-30$ Кал/м² час 1°С.

Пример. Произвести расчет охладителя по следующим данным. Вес газа, выходящего из газогенератора в охладитель, $G_2 = 63,5$ кг/час. Удельный вес $\gamma_2^0 = 1,158$ кг/см³ (при 0°С и 760 мм рт. ст.); температура газа $T = 625^\circ C$.

Охладители проектируются из железных трубок по схеме фиг. 15. Определяем объем газа при $T_0 = 273^\circ$ ($t_0 = 0^\circ C$):

$$V_2^0 = \frac{63,5}{1,158} = 55 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Объем газа при $T = 625^\circ \text{C}$ ($t = 352^\circ$)

$$V_2 = 55 \frac{T}{T_0} = 55 \frac{625}{273} = 181 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Определяем температуру газа при выходе из первой секции охладителя.

Поверхность трубок секции $F_1 = 1,275 \text{ м}^2$; площадь прохода $f_1 = 0,0147 \text{ м}^2$.

Скорость входа газа в первую секцию:

$$v_1 = \frac{V_2}{f_1} = \frac{181}{0,0147 \cdot 3600} \approx 3,43 \text{ м/сек}.$$

Температура газа t_2 найдется по ранее указанной формуле:

$$z\pi l \cdot \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\frac{1}{a_1 d} + \frac{1}{a_2 D} + \frac{1}{2\lambda \ln \frac{D}{d}}} = G_2 c_p (t_1 - t_2),$$

где:

$$\vartheta_1 = \frac{352 + t_2}{2};$$

$\vartheta_2 = 30^\circ$ — температура наружного воздуха,

$$\alpha_1 = 2 + 10 \sqrt{v_1} = 2 + 10 \sqrt{3,43} = 20 \text{ Кал/м}^2 \text{ час } 1^\circ \text{C},$$

$$\alpha_2 = 6 \text{ Кал/м}^2 \text{ час } 1^\circ \text{C};$$

$$\lambda = 40.$$

$$30 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot \frac{\frac{625 + t_2}{2} - 30}{\frac{1}{20 \cdot 0,025} + \frac{1}{6 \cdot 0,027} + \frac{1}{2 \cdot 40 \ln \frac{0,027}{0,025}}} = 63,5 \cdot 0,241 (625 - t_2).$$

При данных условиях $t_2 \approx 345^\circ \text{C}$.

Проверка по второй формуле: для $K = 6 \div 7 \text{ Кал/м}^2 \text{ час } 1^\circ \text{C}$ дает значение, близкое к 400°C .

Принимая во внимание охлаждение газа в пылеосадочных коробках первой секции, имеющих общую поверхность охлаждения $0,72 \text{ м}^2$, при $K = 6 \div 7$ найдем, что температура может быть близка к 350°C .

Проводя таким же путем расчет второй секции при общей поверхности трубок $F_2 = 0,72 \text{ м}^2$, получим понижение температуры газа до 200°C .

При этой температуре газ поступает в лобовой радиатор, который состоит из двух одинаковых секций. В каждой секции по 34 трубки по 20 мм диаметром и длиной 340 мм.

$$f_3 = 0,010 \text{ м}^2; F_3 = 1,4 \text{ м}^2,$$

$$V_2^{473^\circ} = 55 \frac{473}{273} \approx 100 \text{ м}^3/\text{час},$$

$$v_3 = \frac{100}{0,0107 \cdot 3600} \approx 2,5 \text{ м/сек}.$$

При условии установки на тракторе коэффициент теплоперевода K может быть оценен в $12\text{—}14 \text{ Кал/м}^2 \text{ час } 1^\circ \text{C}$. Температуру на выходе из первой секции лобового радиатора определяем по второй формуле:

$$12 \cdot 1,4 \left(\frac{200 + t_4}{2} - 30 \right) = 63,5 \cdot 0,24 (200 - t_4).$$

$$t_4 \approx 80^\circ \text{C}.$$

При тех же размерах второй секции находим температуру газа t_5 при выходе из нее к очистителю холодного газа.

$$\text{Объем газа } V_2^{353^\circ} = 55 \frac{353}{273} \approx 71 \text{ м}^3/\text{час}; v_4 = 1,84 \text{ м/сек}; K \approx 12.$$

$$12 \cdot 1,4 \left(\frac{80 + t_5}{2} - 30 \right) = 63,5 \cdot 0,24 (80 - t_5);$$

$$t_5 = 45^\circ \text{C},$$

что и нужно принять при условиях наружной среды ($\vartheta_2 = 30^\circ \text{C}$) вполне удовлетворительным, тем более, что до подхода к смесителю двигателя газ дополнительно охладится в очистительном устройстве и газопроводах.

Вопрос расчета очистительных устройств до сего времени не имеет достаточных обоснований и ждет еще глубокого исследования. Разнообразные приемы очистки газа оформляются конструкторами различно. Необходимо лишь отметить, что очистка при помощи матерчатых фильтров с предварительным охлаждением газа до сего времени дает наилучшие решения, но применяется пока лишь для угольных газогенераторных устройств. Другие виды очистки — кольца Рашига, циклоны, стеклянная вата, пробка и т. п. — применяются для дровяного газа и требуют почти всегда экспериментальной проверки надежности их действия.

Для матерчатых фильтров можно указать для расчета следующие отправные данные. Общая поверхность фильтров для машин с двигателями до 40 л. с. должна составлять от 0,7 до 1 м²; для машин с двигателями до 70 л. с. от 1,8 до 2 м²; для мощностей 100 ÷ 200 л. с. поверхность должна быть равна примерно 3 м².

Указанные ориентировочные размеры фильтров обеспечивают удовлетворительную и бесперебойную работу силовых агрегатов в приемлемых эксплуатационных условиях.

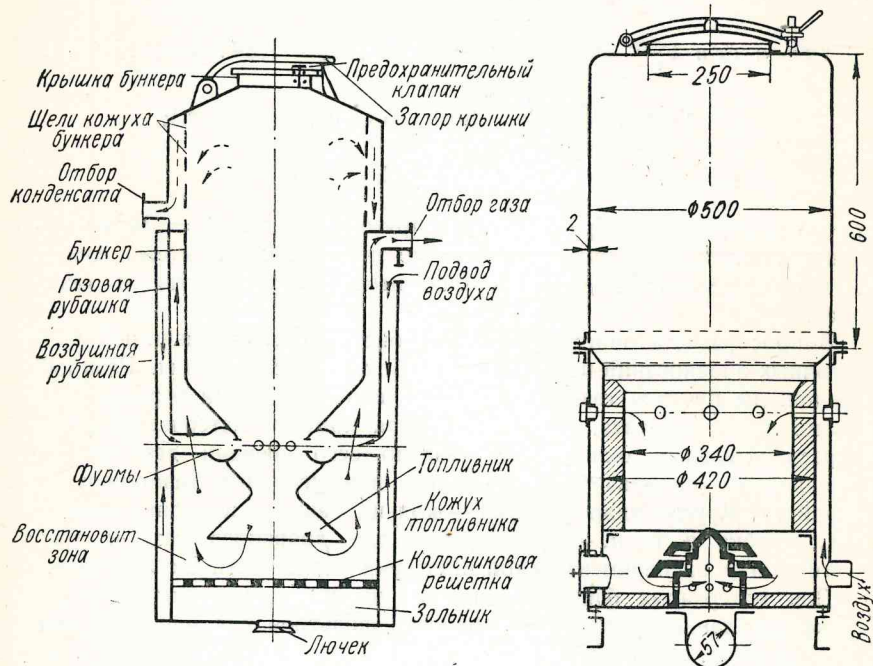
Общие сведения об основных деталях газогенераторов

В целях ознакомления с основными деталями газогенераторов, обычно встречающихся в различных вариантах газогенераторных установок, и для уменьшения повторений названий деталей при описании разных типов газогенераторов ниже приводится общая схема (фиг. 17) современного газогенератора опрокинутого процесса.

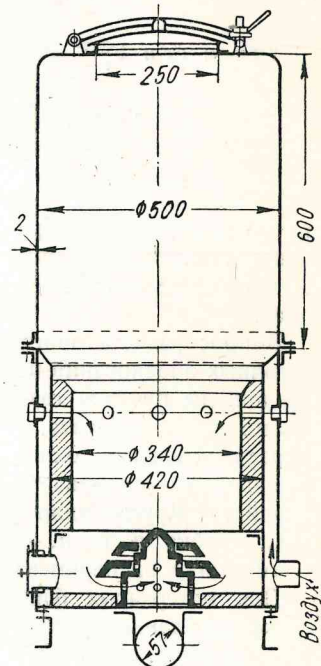
Бункеры газогенераторов выполняются цилиндрического или прямоугольного типа (последние для лучшего вписывания в габариты автомашины или трактора).

Топливники, как видно при рассмотрении конструкции, бывают различных конфигураций и делятся на металлические цельнолитые (жароупорные сталь или чугун) и керамические (шамотная футеровка) (фиг. 18). Последние менее удобны ввиду трудности их монтажа и менее долговечны, а также трудно выполнимы при сложной конфигурации. Нижняя часть топливника в некоторых конструкциях не имеет колосниковой решетки.

Так как опрокинутый процесс с дровами (фиг. 19) требует восстановительной зоны (древесный уголь), то загрузка газогенератора дровами происходит



Фиг. 17. Схема газогенератора.



Фиг. 18. Газогенератор с керамической футеровкой (центральный нижний отбор газа).

через верхний люк бункера, а углем — через специальные боковые лючки в кожухе топливника.

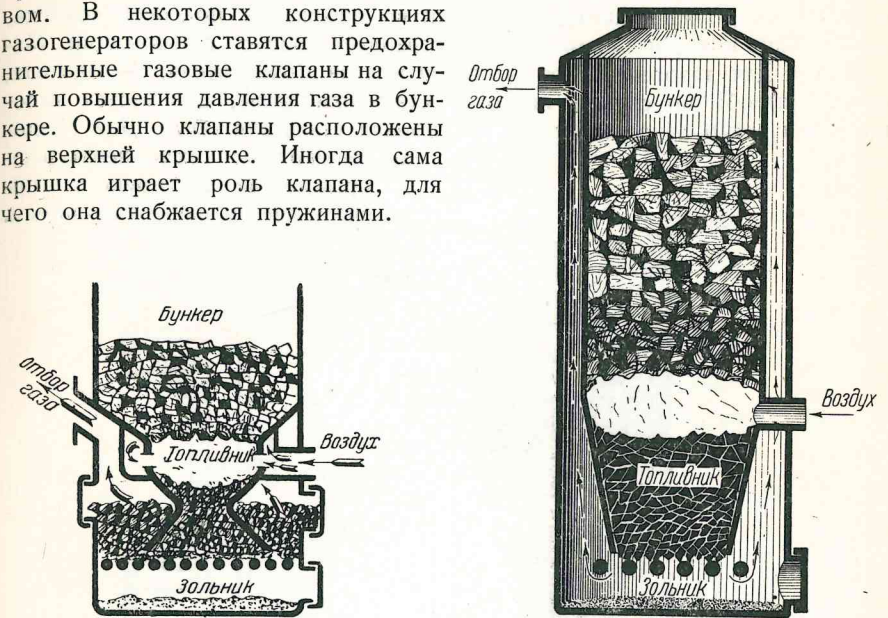
Топливник, так же как и бункер, часто располагают в кожухе с целью подогрева их отходящими газами (фиг. 20), что улучшает тепловоспользование при газификации топлива.

Подвод воздуха обычно осуществляется через фурмы различного диаметра. Для улучшения процесса газификации подводимый воздух также подогревают (фиг. 21).

В последних конструкциях большое внимание уделяется подогреву топлива отсасываемым газом; вследствие такого устройства одновременно охлаждается и газ за счет отдачи тепла через кожух бункера.

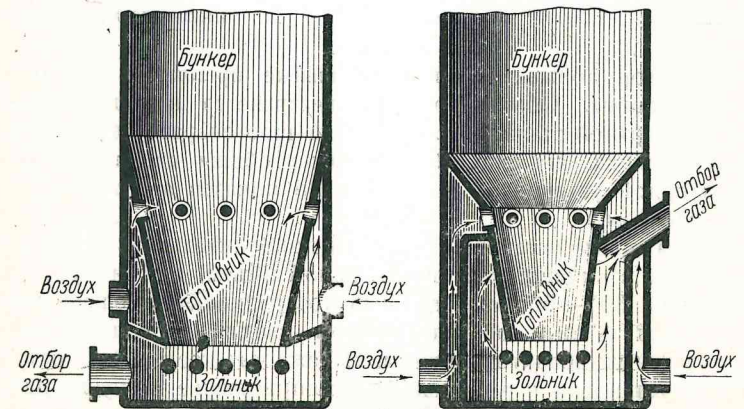
Некоторые конструкции газогенераторов имеют устройство для отбора конденсата из верхней части бункера. На фиг. 22 показано такое устройство. Как видно, оно состоит из дополнительного внутреннего

кожуха со щелями, через которые и происходит отбор конденсата. Загрузка топлива производится сверху через специальный герметически закрываемый люк, имеющий крышку с надежным приспособлением. Это приспособление должно обеспечивать быстрое открывание и закрывание крышки бункера во избежание подсоса воздуха и для экономии времени при зарядке газогенератора топливом. В некоторых конструкциях газогенераторов ставятся предохранительные газовые клапаны на случай повышения давления газа в бункере. Обычно клапаны расположены на верхней крышке. Иногда сама крышка играет роль клапана, для чего она снабжается пружинами.



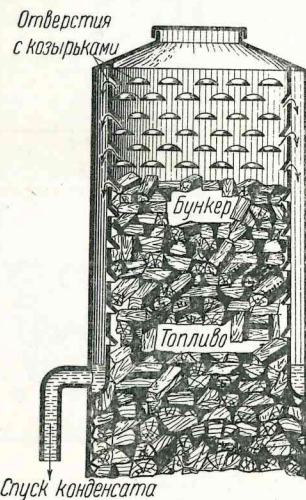
Фиг. 19. Схема газогенератора с добавочным слоем угля в восстановительной зоне.

Фиг. 20. Схема газогенератора опрокинутого процесса с подогревом бункера горячим газом.

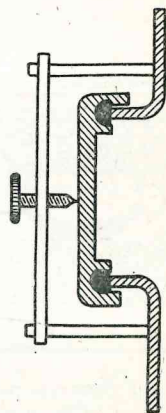


Фиг. 21. Схема подогрева воздуха (слева — теплом стенок топливника, справа — теплом выходящих из генератора газов).

Газогенераторы чаще всего состоят из двух частей — бункера и топливника, соединяемых болтами. Между бункером и топливником ставят прокладку (асбест с графитовой смазкой). Встречаются и цельные сварные конструкции. Загрузочный люк и вспомогательные лючки восстановительной зоны, а также лючок зольника и все трубопроводы установки должны иметь герметически запирающиеся крышки (фиг. 23). Крышки обязательно должны иметь прокладки во избежание подсосов воздуха, присутствие которого неминуемо расстраивает процесс газификации. Материалом для газогенератора и его агрегатов (очистителя, охладителя, смесителя) обычно служит листовая сталь или литье, а в местах высоких температур рекомендуется жароупорная сталь или чугун. Для предохранения от высоких температур некоторые детали алитируют, т. е. покрывают сверху ферроалюминием.



Фиг. 22. Схема устройства для отбора из бункера избытка паров воды.



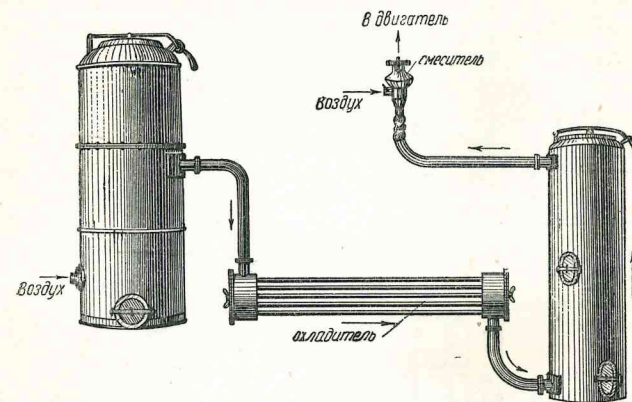
Фиг. 23. Схема устройства уплотнения крышки зольникового люка.

Газогенератор должен иметь специальные крепления для установки на шасси машины. Обычно оно осуществляется в виде бандажа из угловой стандартной стали, надеваемого на газогенератор в верхней части кожуха топливника. На фиг. 24 приведена общая схема транспортной газогенераторной установки, а на фиг. 25 показан автомобиль ЗИС-13 с газогенератором.

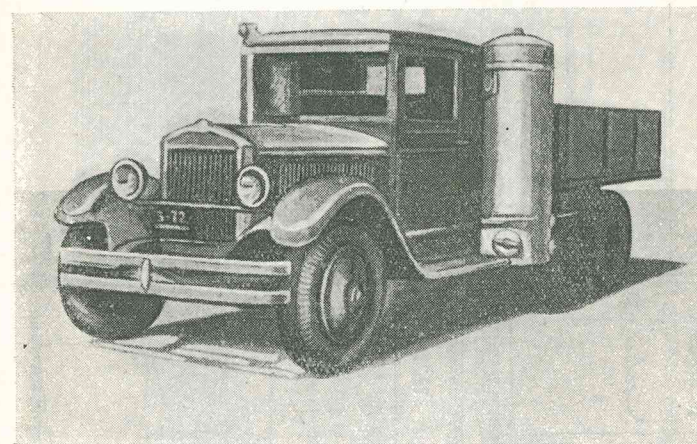
Газогенераторные установки являются дополнительным оборудованием на автомобиле, занимают довольно большой объем, а также увеличивают вес машины на 300—500 кг. Рациональное размещение элементов установки является важным обстоятельством ввиду необходимости сохранения стандартных габаритов машины. Надежность крепления, доступность к агрегатам установки и рациональное распределение нагрузки на колеса и отдельные узлы машины являются также серьезным вопросом для конструктора. На фиг. 26, 27, 28, 28а, 29, 30, 31 и 32 приводятся различные варианты размещения газогенераторной установки на автомашине.

Розжиг газогенератора может быть осуществлен различно, в зависимости от его конструкции и приспособлений для этих целей.

Наиболее простым и в то же время длительным является розжиг „самой тягой“, т. е. растопкой при открытой крышке бункера. В этом случае ожидают, пока вся или большая часть топлива в шахте будет охвачена



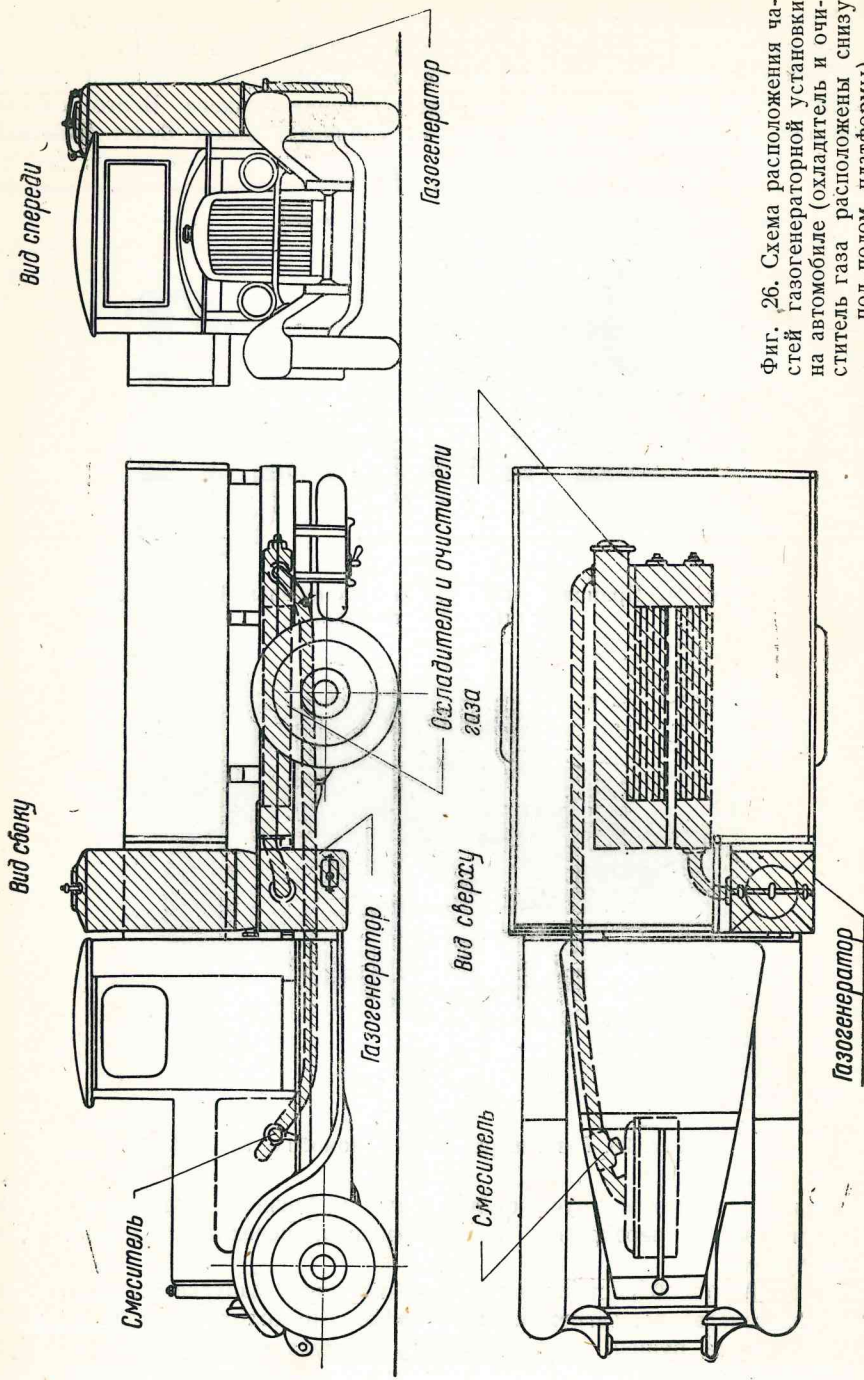
Фиг. 24. Принципиальная схема автомобильной газогенераторной установки.



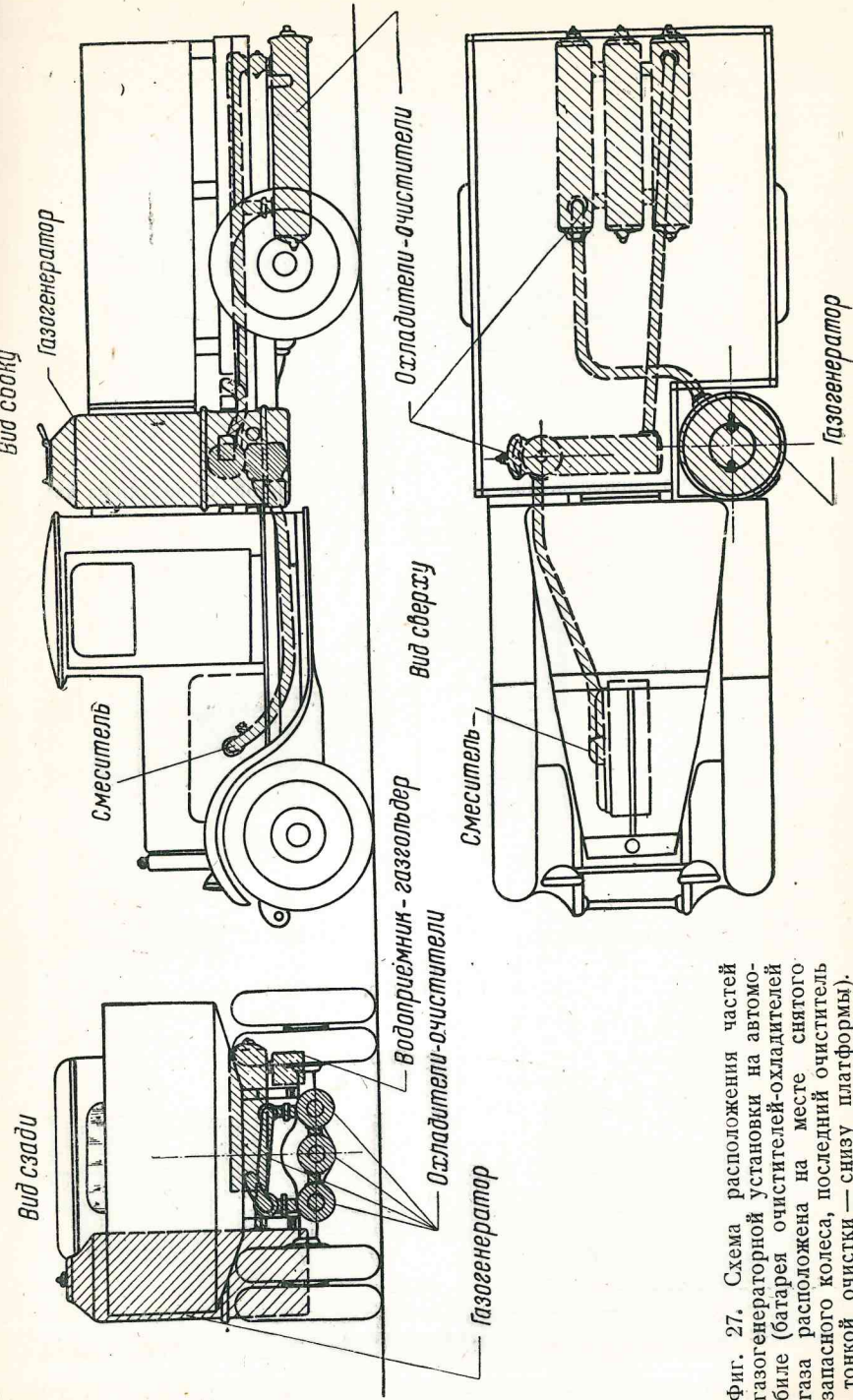
Фиг. 25. Газогенераторный автомобиль ЗИС-13.

пламенем. После этого пускают двигатель на бензине, постепенно подсаживают газ и, перекрывая подачу бензина, переходят на смесь газа с воздухом.

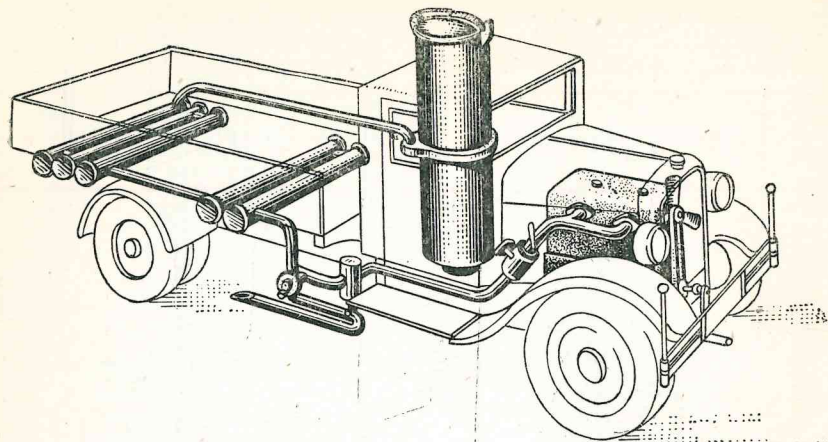
Второй способ состоит в том, что двигатель запускается на бензине при газогенераторе, загруженном топливом, но холодном, и, после того, как двигатель пущен, он создает тягу воздуха через газогенераторную систему. К топливу в газогенераторе, к фурме подносят огонь (факел), зажигают на решетке газогенератора растопку и т. д. При указанных



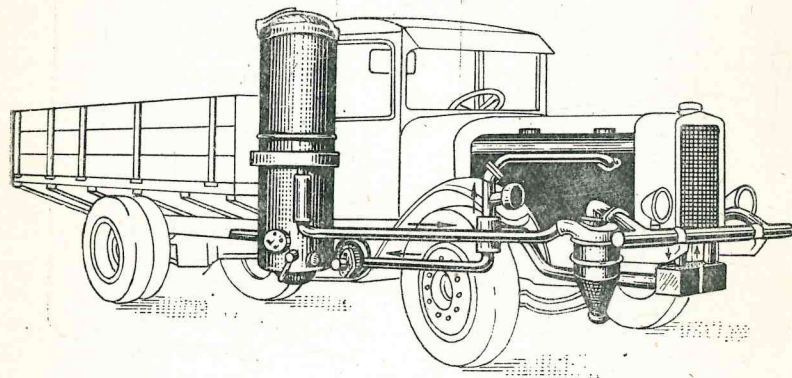
Фиг. 26. Схема расположения частей газогенераторной установки на автомобиле (охладители и очиститель газа расположены снизу под полом платформы).



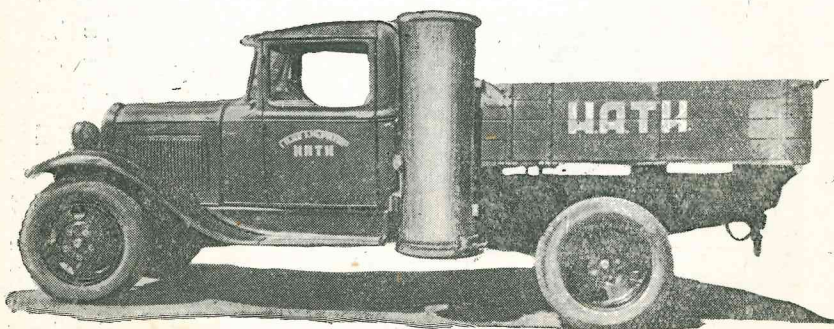
Фиг. 27. Схема расположения частей газогенераторной установки на автомобиле (батарея очистителей-охладителей газа расположена на месте снятого запасного колеса, последний очиститель тонкой очистки — снизу платформы).



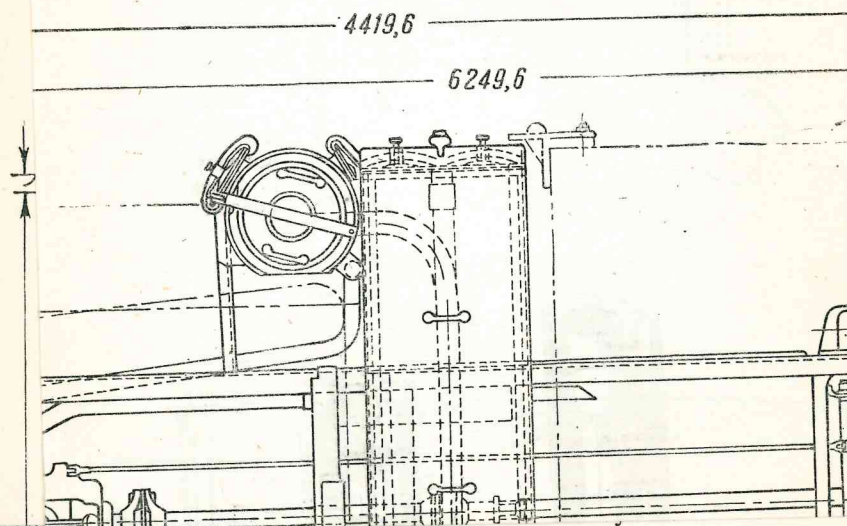
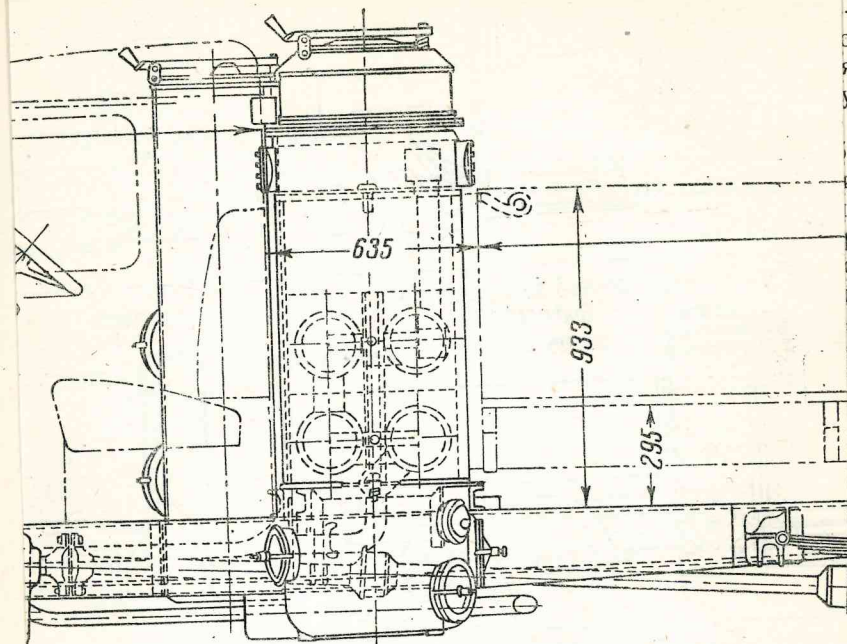
Фиг. 29. Схема расположения частей газогенераторной установки на автомобиле.



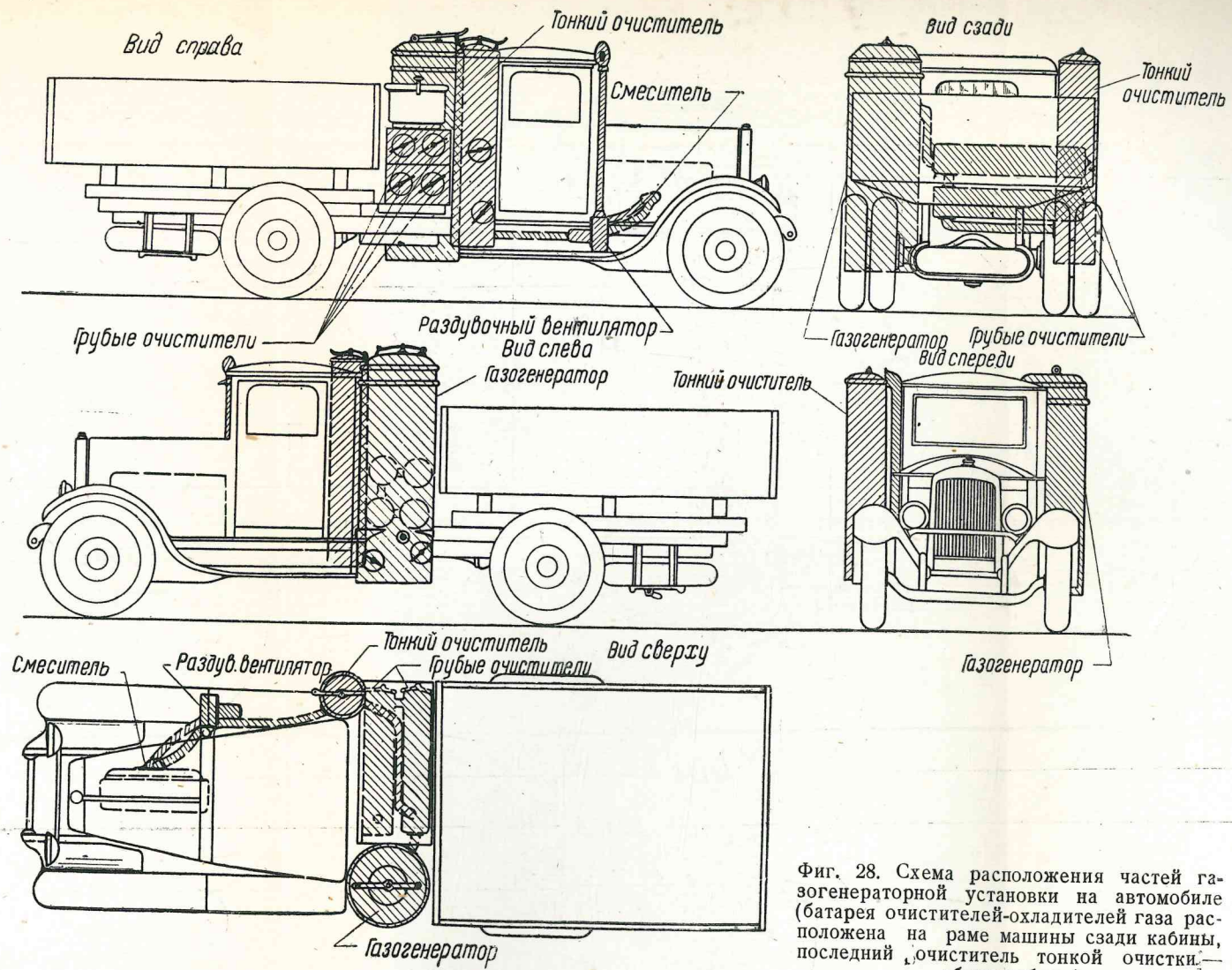
Фиг. 30. Схема расположения частей газогенераторной установки на автомобиле.



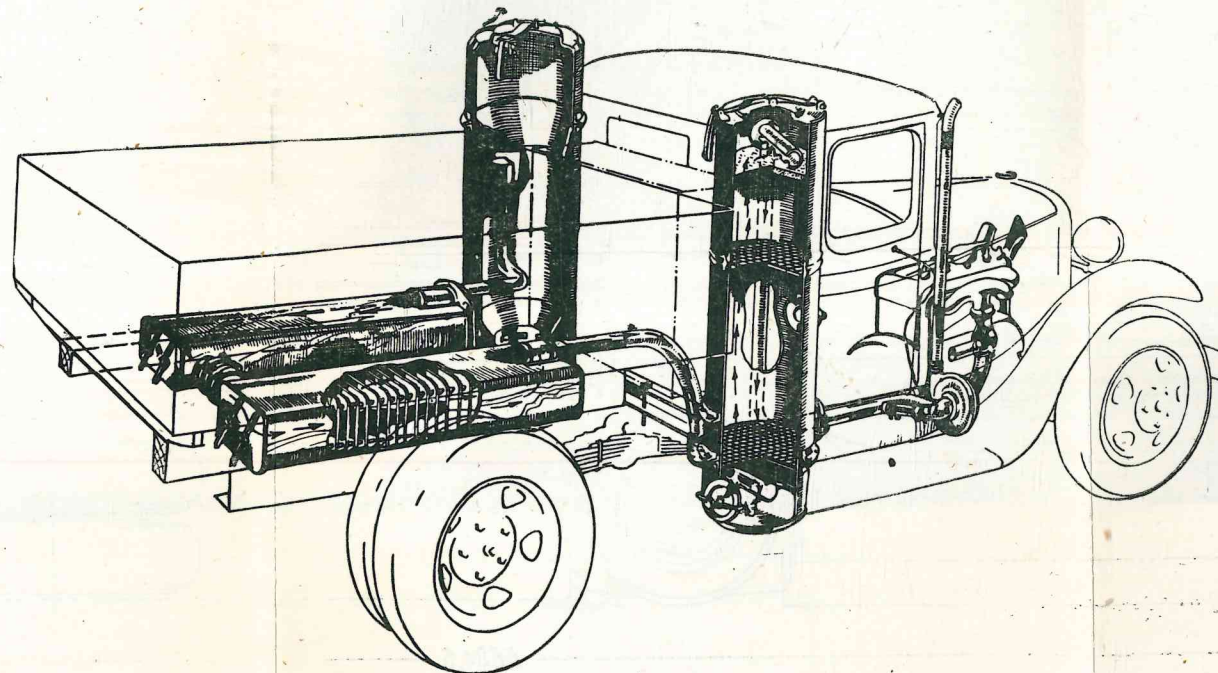
Фиг. 32. Автомобиль ГАЗ-АА с газогенераторной установкой НАТИ.

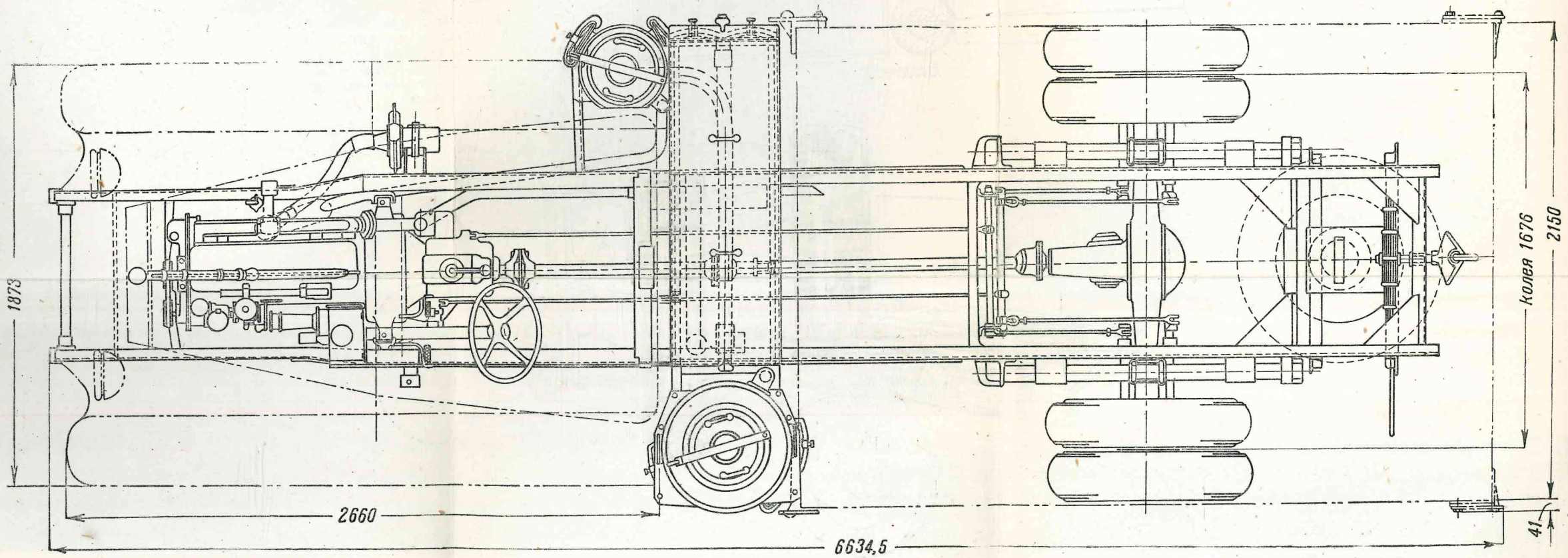
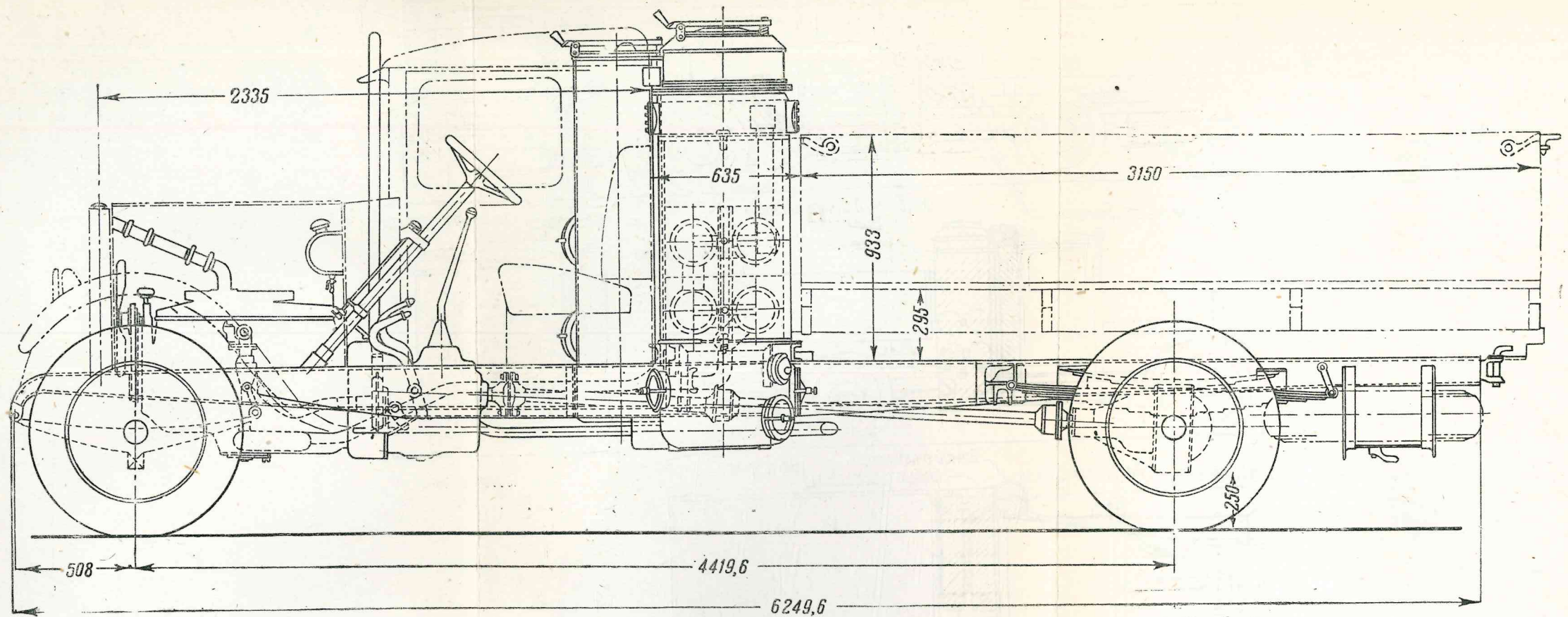


В общей сложности количество газогенераторных автомобилей, эксплуатируемых в ряде стран, насчитывало уже в 1937 г. несколько тысяч, из которых значительное число приходилось на Германию.

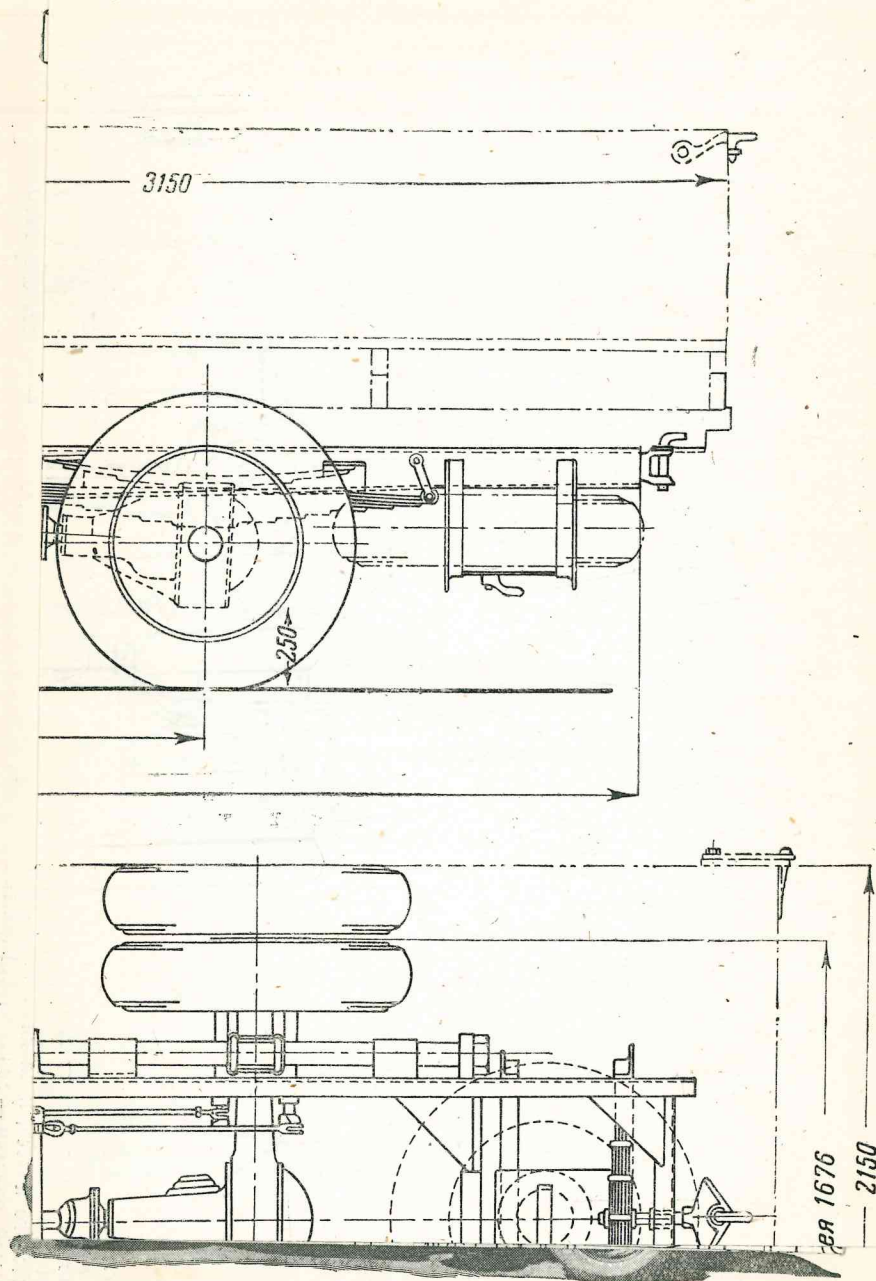


Фиг. 28. Схема расположения частей газогенераторной установки на автомобиле (батарея очистителей-охладителей газа расположена на раме машины сзади кабины, последний «очиститель тонкой очистки» — сбоку кабины).





Фиг. 31. Монтаж установки ЗИС-13 (план).



Фиг. 32. Автомобиль ГАЗ-АА с газогенераторной установкой НАТИ.

условиях под всасывающим воздействием двигателя розжиг газогенератора производится довольно интенсивно, и двигатель быстро переводится с бензина на газ (от 1 до 3—4 мин.). К недостаткам данного приема необходимо отнести ненормальный режим работы двигателя (большие обороты, резкое дросселирование), а также унос в систему очистки газа паров гигроскопической влаги, угольной пыли, золы.

В настоящее время совершенные газогенераторные устройства снабжаются электровентиляторами для розжига газогенераторов, а двигатели имеют мощное стартерное и аккумуляторное оборудование. Эти устройства позволяют не только достаточно быстро разжечь газогенератор (от 5—15 мин.), но и запускать двигатель с газа, не расходуя ценного жидкого горючего. Обычно вентиляторы устанавливаются ближе к двигателю, на газовой трубке в ответвлении. Делается это для того, чтобы готовый генераторный газ был подведен в конце розжига ближе к смесителю, что и обеспечивает быстрый стартерный пуск.

ГЛАВА III

ОБЗОР СОВЕТСКИХ И ИНОСТРАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Развитие газогенераторных автомобилей получило начало во Франции, где в 1914 г. была испытана первая газогенераторная установка на грузовике.

В 1916 г. между Парижем и Руаном совершал регулярные рейсы опытный газогенераторный автобус.

В 1922—1923 гг. во Франции были проведены конкурсы на лучшую газогенераторную установку на автомобиле, а в 1924 г. военное министерство испытывало газогенераторные автомобили на маневрах.

В результате работы в этой области был создан ряд французских конструкций газогенераторных автомобилей, с каждым годом улучшающих эксплуатационные показатели.

По данным 1934 г., во Франции газогенераторные легковые автомобили при пробеге на 500 км показали следующие средние скорости движения: Панар-Левассор — 88,2 км/час, Берлие — 85,5 км/час.

В настоящее время известны многие иностранные фирмы, производящие в большом количестве газогенераторные автомобили.

Франция: Берлие (дровяные), Панар-Левассор (древесно-угольные), Гоеи-Пулен (древесно-угольные), Рено (древесно-угольные), Сомюа (древесно-угольные).

Германия: Имберт (дровяные), Абоген (древесно-угольные), Виско-Автогаз (древесно-угольные), Бюссинг (древесно-угольные) и другие фирмы.

Известны также фирмы, строящие газогенераторные автомобили в Италии, Чехословакии, Японии, Швеции, Финляндии и других странах.

В Англии развитие газогенераторных автомобилей происходит в направлении главным образом использования каменного угля.

В общей сложности количество газогенераторных автомобилей, эксплуатируемых в ряде стран, насчитывало уже в 1937 г. несколько тысяч, из которых значительное число приходилось на Германию.

Камера сгорания цилиндрическая, материал — трехмиллиметровая сталь (листовая), обмурована шамотом. Топливник имеет высоту $H' = 320$ мм и диаметр $D' = 345$ мм. Колосниковая решетка состоит из трех колосников. Средний колосник — неподвижный, а два крайних качаются для сброса золы при помощи рукоятки.

Подводимый воздух, омывая топливник, подогревается. Отбор газа производится по специальной трубе в кожухе газогенератора.

Охладитель газа имеет поверхность охлаждения $0,6$ м². Вес охладителя газа 17 кг.

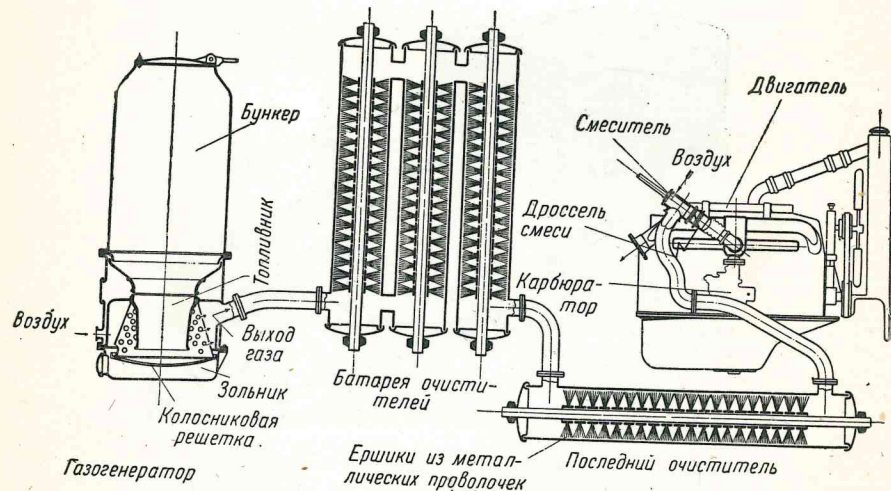
Очиститель металлический, цилиндрической формы, высотой $h = 1165$ мм и диаметром $d = 300$ мм, его вес без фильтра 24 кг. Смеситель — параллельно-струйчатый.

Газогенераторные установки „Пионер“ — Д-8 и Д-6-а для автомобилей ЗИС-5 и ГАЗ-АА

(конструкция И. С. Декаленкова)

На фиг. 35 и 36 показаны схемы установок. В них применены газогенераторы опрокинутого процесса, работающие на дровах. Ниже мы приводим описание только Д-8, так как Д-6-а мало чем отличается от нее, что видно из сравнения схем.

Газогенератор имеет следующие основные размеры: высота $H = 1400$ мм, диаметр $D = 640$ мм, объем бункера $0,3$ м³. Топливник

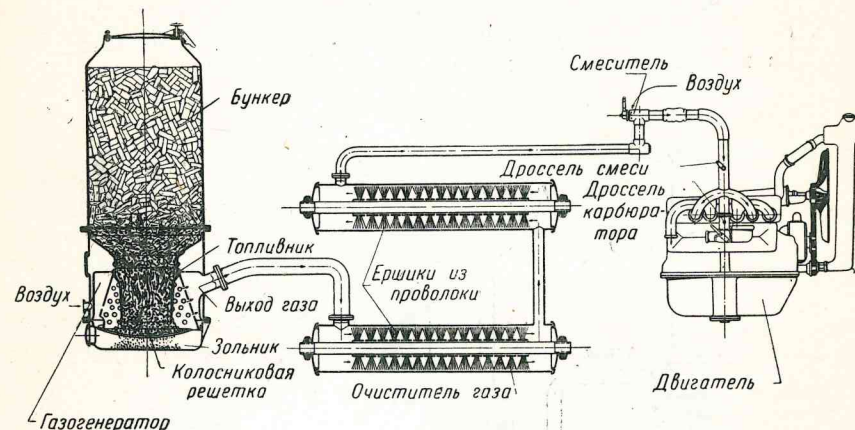


Фиг. 35. Схема газогенераторной установки „Пионер“ — Д-8 системы С. Н. Декаленкова для грузовика ЗИС-5.

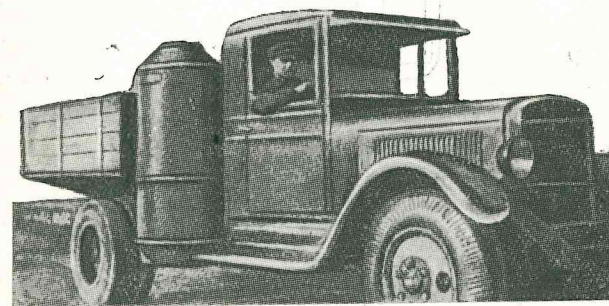
чугунный, толщина его стенок 10 мм. Топливник в узкой части имеет диаметр 310 мм. Воздух, омывая топливник, подогревается и поступает через кольцевую щель шириной в 4 мм, расположенную в верхней его части.

Очиститель и охладитель скомбинированы вместе. В четырех цилиндрических металлических трубах, являющихся секциями охладителя-очистителя, находятся 15 проволочных колец-ежиков, задерживающих при прохождении газа золу и частично смолу.

Поверхность очистки около $1,7$ м²; поверхность охлаждения — около $2,55$ м². Смеситель газа с воздухом — золотникового типа.



Фиг. 36. Схема газогенераторной установки „Пионер“ — Д-6-а системы С. Н. Декаленкова для грузовика ГАЗ-АА.



Фиг. 37. Грузовик ЗИС-5 с газогенераторной установкой „Пионер“ — Д-8.

Газогенератор монтируется с правой стороны (фиг. 37) и позади кабины с урезкой площади кузова (300×600 мм). Три секции очистителя-охладителя расположены сзади, под кузовом, а последняя — на подножке у кабины автомобиля.

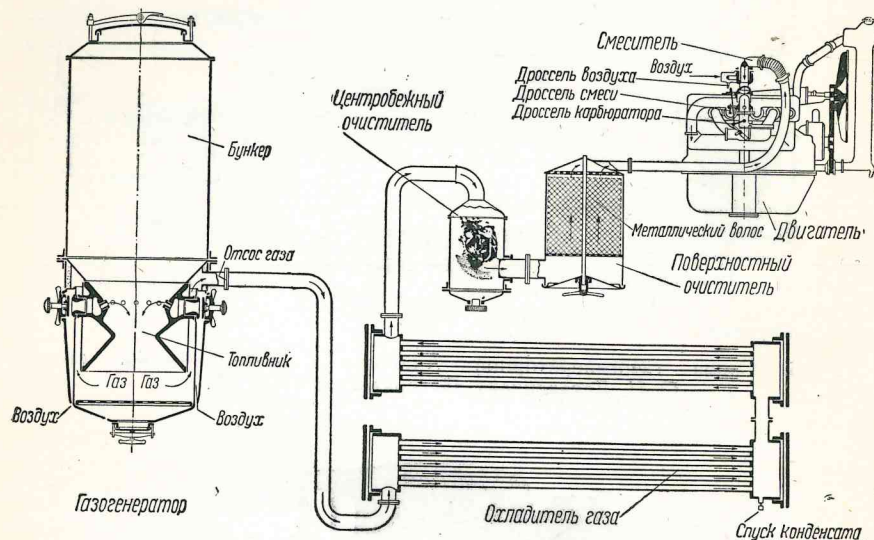
Схема установки Д-6-а (фиг. 36) отличается от Д-8 главным образом размерами (ввиду меньшей мощности двигателя ГАЗ-АА), а также уменьшением числа секций охладителя-очистителя — вместо четырех только две. Кроме того, смеситель расположен в кабине водителя.

Газогенераторная установка для автомобиля ГАЗ-АА

(конструкция И. С. Мезина)

Установка конструкции И. С. Мезина, схема которой изображена на фиг. 38, также имеет генератор с опрокинутым процессом.

Газогенератор работает на дровах. Основные его размеры следующие: $H=1500$ мм, диаметр $D=480$ мм, вес газогенератора 96 кг, вместимость бункера — около 55 кг чурок (дров). Топливник типа „Имберт“ отлит из жароупорной стали; диаметр его горловины 136 мм. Воздух



Фиг. 38. Схема газогенераторной установки Автотор-2 конструкции И. С. Мезина на автомобиле ГАЗ-АА.

подается через 12 фурм. В последних конструкциях отсутствует наружный кожух для подогрева воздуха. Охладитель газа выполнен в виде батареи из двух секций, каждая из которых состоит из пяти плоских труб с общей поверхностью охлаждения около $4,0$ м². Очиститель типа „Циклон“ производит очистку от золы и пыли; второй очиститель — цилиндрической формы, набит металлической стружкой. Смеситель — эжекционный.

Газогенераторная установка „Я-5“ для автомобиля Я-5

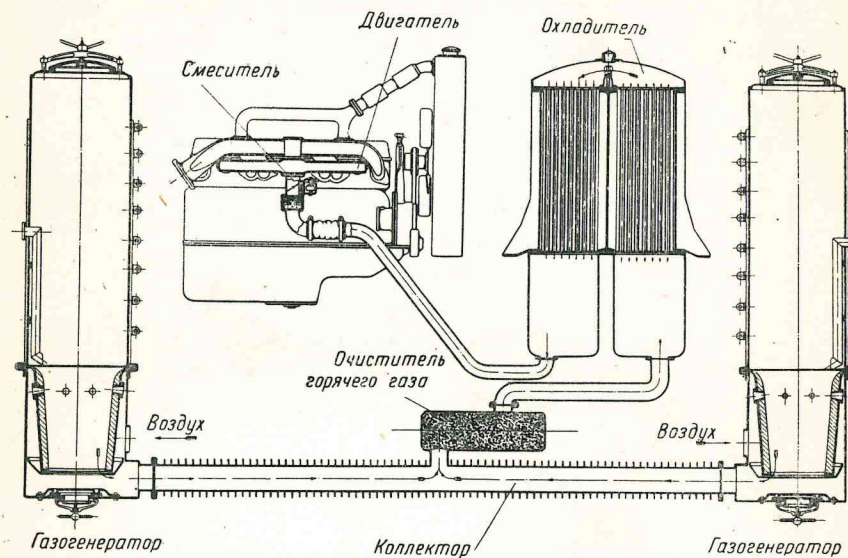
(конструкция В. П. Карпова)

На фиг. 39 изображена схема установки. Газогенератор с опрокинутым процессом работает на древесном угле.

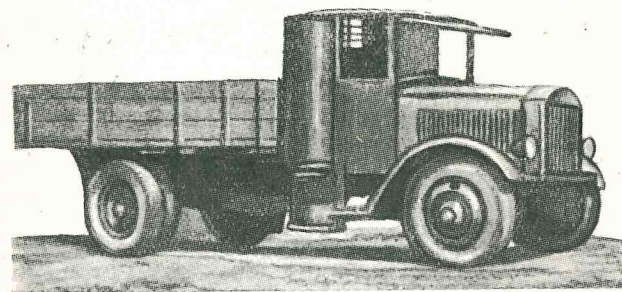
В отличие от ранее разобранных эта установка имеет спаренные газогенераторы, расположенные симметрично по бокам кабины, что дает известное преимущество в размещении системы и распределении нагрузки на шасси.

Газогенераторы имеют следующие размеры: высота $H=2000$ мм, диаметр $D=420$ мм, объем бункера $0,48$ м³, вес газогенераторов — 300 кг.

Топливники конической формы, изготовленные из листовой стали толщиной 2 мм, имеют внутри шамотную футеровку; диаметр топливника на уровне фурм — 300 мм, нижний диаметр — 230 мм, высота — 450 мм.



Фиг. 39. Схема газогенераторной установки конструкции В. П. Карпова для 5-т грузовика Я-5.



Фиг. 40. Общий вид грузовика Я-5 с газогенераторной установкой.

Подача воздуха осуществляется через 10 стальных фурм диаметром 22 мм. Воздух, омывая топливник, подогревается. Газ от обоих газогенераторов поступает в общий газосборник-охладитель с ребрами, поверхность охлаждения которого составляет около $1,4$ м². Очиститель наполнен железной стружкой.

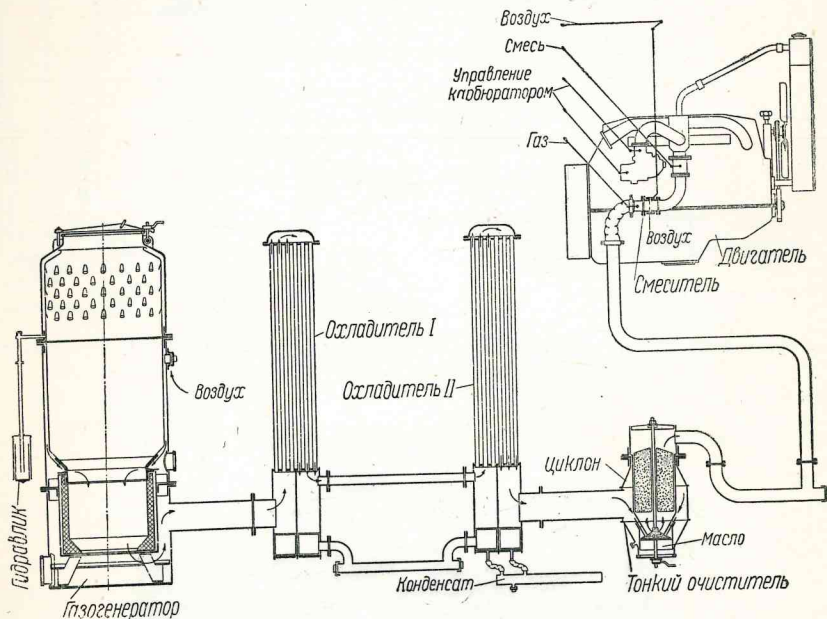
Второй охладитель радиаторного типа состоит из двух секций по 9 трубок в каждой. Смонтирован он впереди радиатора автомашины.

Охладитель имеет два кармана для стока конденсата, образующегося при охлаждении газа. Смеситель — струйчатого типа. Установка монтируется без урезки кузова, но за счет сокращения кабины. Расположение одного из газогенераторов видно на фиг. 40. Общий газосборник — охладитель и очиститель расположены на раме под кабиной. Второй охладитель — радиатор расположен перед двигателем на амортизаторах.

Газогенераторная установка В-4 для автомобиля ЗИС-5

(конструкция А. А. Введенского)

Установка А. А. Введенского с опрокинутым процессом. Схема изображена на фиг. 41. Газогенератор работает на дровах. Основные его размеры: высота $H=1550$ мм, диаметр $D=550$ мм, вес газогенератора



Фиг. 41. Схема газогенераторной установки В-4 конструкции инж. Введенского для 3-т грузовика ЗИС-5.

164 кг, полезный объем бункера около $0,2$ м³. В верхней части находится специальное пространство для отвода продуктов испарения и сухой перегонки дров. Конденсат направляется в бачок, расположенный сбоку бункера. Топливник цилиндрической формы из листовой трехмиллиметровой стали имеет внутри шамотную футеровку. Высота топливника и диаметр сделаны равными 350 мм. Для подогрева воздуха бункер имеет вторую обшивку. Между ней и стенками бункера пропускается воздух, прежде чем он попадает в топливник. Подача воздуха в самый топливник производится в верхней части топливника через щели. Два вертикальных охладителя состоят из двух секций, каждая из которых имеет 6 плоских

трубок. Общая поверхность охлаждения — $7,2$ м². В нижней части охладителей сделаны карманы для конденсата и золы.

Путь газа в охладителях показан на схеме (фиг. 41).

Очиститель имеет в нижней части масляную ванну, а в верхней части — набивку из металлического волоса.

Смеситель, комбинированный с карбюратором типа „Зенит“, — турбулентный. Впуск воздуха регулируется золотником.

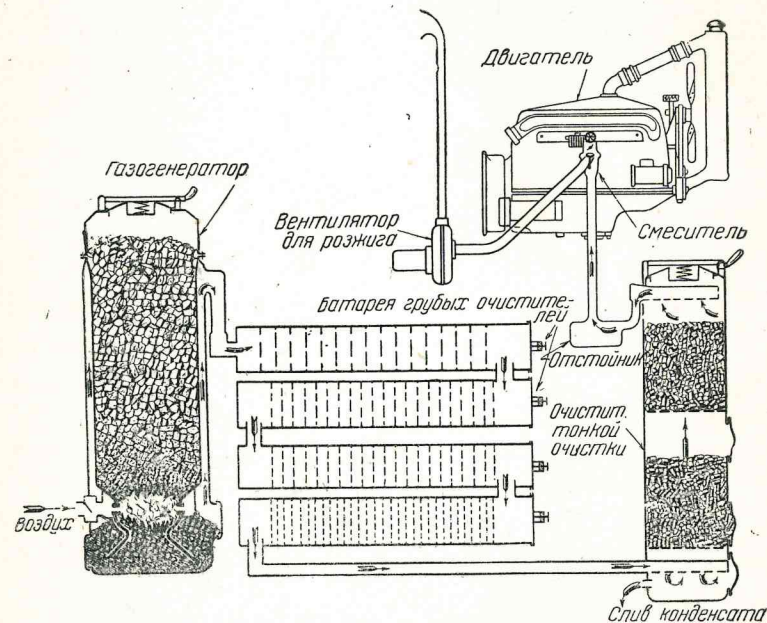
Монтаж установки производится с урезкой кузова автомобиля 500×500 мм. Газогенератор расположен с левой стороны грузовика за кабиной. Охладители установлены вертикально, по обеим сторонам кабины. Очиститель установлен справа, в кузове грузовика, возле кабины.

Б. ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ НА АВТОМОБИЛЯХ, ПРИНЯТЫЕ К МАССОВОМУ ПРОИЗВОДСТВУ В СССР

Газогенераторный автомобиль ЗИС-13 ✓

(принят к массовому производству в СССР в 1936 г.)

Завод ЗИС в 1936 г. построил и испытал газогенераторную дровяную установку ЗИС-13 (фиг. 25 и 31), принятую к массовому производству.



Фиг. 42. Схема установки газогенераторного автомобиля ЗИС-13.

Детали газогенераторной установки изготовляет завод „Свет шахтера“ в Харькове, а монтаж — 2-й авторемонтный завод в Москве.

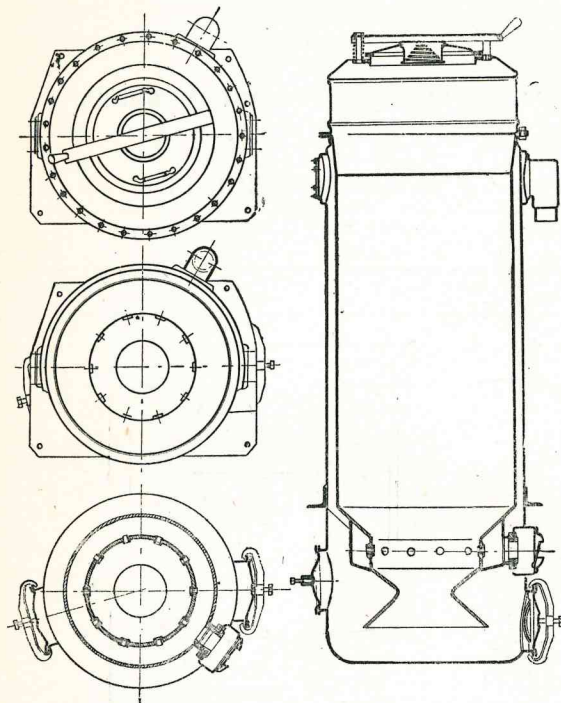
В основу конструкции газогенератора положен тип „Имберт“. Как видно из схемы, изображенной на фиг. 42, установка имеет следующие агрегаты.

1. Газогенератор (показан отдельно на фиг. 43) с цельнометаллическим бункером, с отъемным нижним кожухом топливника.

Топливник — из жароупорной стали (в первых выпусках из чугуна), с подачей воздуха через фурмы. Отбор газа производится в верхней части бункера, который имеет специальный кожух для подогрева топлива горячим газом.

Для равномерности отсоса газа бункер имеет полукольцевой пояс.

Топливник в зоне фурм окружен кольцевым металлическим кожухом. Его назначение — распределять воздух, подводимый через обратный



Фиг. 43. Газогенератор ЗИС-13.

оочиститель в виде цельнометаллического цилиндра, в котором на решетках находятся два слоя колец Рашига (пустотелые металлические цилиндрики). Большая поверхность вертикального очистителя способствует охлаждению газа. Очиститель, имея значительную емкость, является и аккумулятором газа. Последнее обстоятельство особенно важно при запуске двигателя после кратковременных остановок и при резких изменениях режима работы двигателя на ходу автомобиля.

Нижняя часть очистителя имеет лючок для удаления конденсата. Загрузка колец Рашига производится через верхний и средний лючки, кроме того имеется лючок для удаления колец.

3. Эжекционный смеситель выполнен по принципу параллельных потоков газа и воздуха (типа Берлие). Перед смесителем располагается отстойник для конденсата.

клапан к фурмам, а также способствовать подогреву воздуха горячими газами, омывающими кожух.

Загрузка топлива производится через верхний герметически закрываемый люк. Через боковой люк кожуха топливника загружается древесный уголь для улучшения восстановительного процесса. В нижней боковой части кожуха топливника имеется лючок для удаления золы.

2. Очистители-охлаждатели газа представляют собой батарею (4 секции). В каждой секции помещен ряд дисков (фиг. 42) с отверстиями с постепенно уменьшающимся диаметром. Батарея, помимо грубой очистки, охлаждает газ благодаря большой поверхности. Кроме того, имеется вертикальный

Для гаражного маневрирования, а также для запуска двигателя в течение 3—4 мин. или на случай аварии с газогенераторной установкой кроме смесителя имеется карбюратор типа „Солекс-2“ со специальной регулировкой.

4. Центробежный вентилятор приводится в действие электромотором, работающим от аккумулятора. Мощность электромотора 200 W при $n = 4000$ об/мин. Вентилятор служит только для розжига газогенератора, после чего он выключается.

Установка ЗИС-13 имеет металлический ящик, в который вмещается запас топлива около 60 кг. Ниже приводятся данные по газогенераторному автомобилю ЗИС-13.

I. Двигатель

1. Завод	ЗИС	
2. Год выпуска	1936 г.	
3. Число цилиндров	6	
4. Порядок работы	1—5—3—6—2—4	
5. Диаметр цилиндра	101,6 мм	
6. Ход поршня	114,3 мм	
7. Общий литраж	5,55 л	
8. Степень сжатия	8	
9. Мощность	48 л. с.	
10. Число оборотов	2400 об/мин.	
11. Материал поршней	чугун	} стандарт.
12. Форма камеры сгорания	Уайт	
13. Материал головки	чугун	
14. Тип прокладки головки		
15. Опоры коленчатого вала		
16. Фазы распределения		
17. Расположение клапанов		
18. Диаметр клапана		
19. Система смазки		
20. Тип масляного насоса		
21. Тип радиатора		
22. Тип фильтра		
23. Тип регулятора		
24. Емкость масляной системы		
25. Тип карбюратора	ЗИС-6 усиленный, трубчатый	
26. Емкость бензобака	7,5 л	} стандарт.
27. Емкость водяной системы	32 л	
28. Тип водяной помпы	центробежный насос	
29. Тип аккумуляторов	3-СТА-IX	
30. Тип динамо	ГА-27/225	
31. Тип стартера	МАФ	
32. Тип магнето	СС-6	
33. Свечи	стандарт.	

II. Шасси

1. Завод, год выпуска	ЗИС, 1936
2. Грузоподъемность	3 т
3. База	4420 мм
4. Ширина колеи: передние колеса	1525 мм
задние колеса	1675 мм
5. Общий вес автомобиля	700 кг
6. Сцепление	стандарт.
7. Коробка передач	"

8. Передаточные числа в коробке передач I—6,6; II—3,74; III—1,84; IV—1,00; задний ход — 7,63
9. Передаточное число в заднем мосту 7,66
10. Передача толкающих и скручивающих усилий рессорами стандарт.
11. Тип тормозов " "
12. Рулевое управление " "
13. Рессоры ЗИС-8
14. Рама стандарт.
15. Платформа

III. Газогенераторная установка на ЗИС-13

1. Тип генератора „Имберт“
2. Род топлива дрова-чурки
3. Процесс газификации опрокинутый
4. Способ розжига вентилятором от электромотора
5. Расположение вентилятора рядом со смесителем
6. Форма бункера цилиндрический с конической нижней частью
7. Высота 1300 мм
8. Диаметр (средний) 503 мм
9. Диаметр загрузочного люка 300 мм
10. Подогрев бункера горячими газами, проходящими между стенками бункера и специальным кожухом
11. Объем бункера 0,25 м³
12. Система подвода воздуха фурмы 10 шт. Ø 10 мм
13. Диаметр зоны горения 300 мм
14. Расстояние от зоны горения до днища 315 мм
15. Тип колосниковой решетки нет
16. Тип очистителя 4 секции горизонтальных охладителей-очистителей; один вертикальный очиститель
17. Поверхность охладителей-очистителей 5,5 м²
18. Емкость очистителей 0,348 м³
19. Габариты очистителей горизонтальные: 200 × 1440, вертикальные — 384 × 1500
20. Расположение очистителей за кабиной
21. Общий вес установки 360 кг
22. Тип смесителя концентрическое смешение (эжекционное)
23. Принцип смешения два концентрических потока газа и воздуха
24. Диаметр газового канала 45 мм
25. Диаметр воздушного канала 45 мм
26. Диаметр входа газа в коллектор 46 мм
27. Количество заслонок (1 возд. и 1 смеси)
28. Способ пуска двигателя стартером на газе без бензина
29. Топливник цельнолитой из жароупорной хромоникелевой стали
30. Воздушная рубашка топливника приварена к топливнику из нержавеющей хромоникелевой стали толщ. 2 мм
31. Внутренний кожух бункера нержавеющая хромоникелевая сталь толщ. 2 мм
32. Наружный кожух бункера малоуглеродистая сталь толщ. 2,5 мм
33. Загрузка топлива через верхний люк бункера, имеющий предохранительный клапан
34. Загрузка древесного угля в восстановительную зону и сброс золы через 2 лючка в нижней части

IV. Батарея горизонтальных охладителей-очистителей

Цилиндры	Количество дисков	Расстояние между дисками в мм	Число отверстий в диске	Диаметр отверстий в диске в мм
1-й	40	30	53	15
2-й	64	18	120	10
3-й	64	18	120	10
4-й	111	10	120	8

Конструктивные изменения в деталях стандартного автомобиля (грузовика ЗИС-5). Так как газогенераторная установка монтируется на стандартном бензиновом автомобиле ЗИС-5, то необходимо было внести некоторые изменения в конструкцию автомобиля и двигателя. Для обеспечения бесперебойной работы на газе изменена головка блока двигателя с увеличением степени сжатия ϵ до 8, а также увеличены проходные сечения для газа. Свеча для лучшего охлаждения расположена ближе к всасывающему клапану.

Изменены всасывающий и выхлопной коллекторы стандартного бензинового двигателя с целью исключения подогрева газозвушной смеси. Кроме того, увеличены основные сечения всасывающего коллектора (вместо $36,5 \times 36,5$ мм она имеет 42×42 мм).

Диаметр входного отверстия в коллекторе увеличен до 46 мм. Указанные изменения имеют целью улучшение наполнения цилиндров. На всасывающем коллекторе сделан фланец для установки карбюратора горизонтального типа „Солекс-2“.

В системе электрооборудования внесены следующие изменения: вместо батарейного зажигания установлено стандартное магнето типа СС-6 для надежности зажигания при $\epsilon = 8$.

Аккумуляторная 6-вольтовая батарея заменена 12-вольтовой (аккумуляторная батарея состоит из двух аккумуляторов по 6 В емкостью 144 Ач типа З-СТА-IX). Динамо типа ГА-27 мощностью 225 W и стартер типа МАФ.

В главной передаче автомобиля изменена пара цилиндрических шестерен, а именно — вместо 16 и 44 зубьев (передаточное число 6,41) установлены шестерни 14 и 46 зубьев (передаточное число 7,66). Таким образом передаточное число повышено на 19%. Последнее несколько компенсирует ухудшение динамических качеств газогенераторного автомобиля в сравнении с бензиновым.

Для удобства расположения газогенераторной установки, а также с целью сохранения емкости кузова, использовано длиннорамное стандартное шасси (автобус ЗИС-8).

Наименование ЗИС-13 отличает конструкцию газогенераторного автомобиля от ЗИС-5.

Установка монтируется на раме на двух тавровых поперечных угольниках.

Газогенератор и вертикальный очиститель расположены вертикально: первый по ходу машины слева, а второй — справа. Для избежания нагрева кузова имеется зазор между ним и бункером в 6,5 см. Горизонтальная батарея охладителей-очистителей монтируется не жестко к раме, а в трех точках между газогенератором и вертикальным очистителем, за кабиной.

При таком способе монтажа всего устройства соединительные газопроводы получаются короткие. Для мягкости сочленения трубопроводы связаны резиновыми шлангами.

Монтаж смесителя выполнен на патрубке всасывающего коллектора. Основной дроссель смесителя связан с педалью акселератора при помощи троса Бюдена; воздушный дроссель имеет вывод к манетке у рулевого колеса также при помощи троса Бюдена.

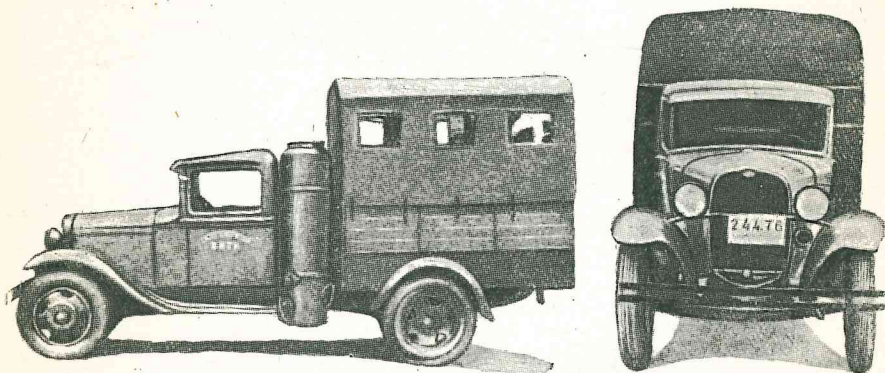
Электровентилятор крепится металлической лентой к резиновой подушке. Газ, отсасываемый вентилятором, поступает через специальную трубу с выходом на уровне козырька кабины.

Все люки газогенератора, очистителя-охладителя и вертикального очистителя для герметичности имеют прокладки, сделанные из асбестового шнура с графитовой мазью, листового картона или резины.

Газогенераторный автомобиль НАТИ Г-14

(принят к массовому производству в СССР в 1936 г.)

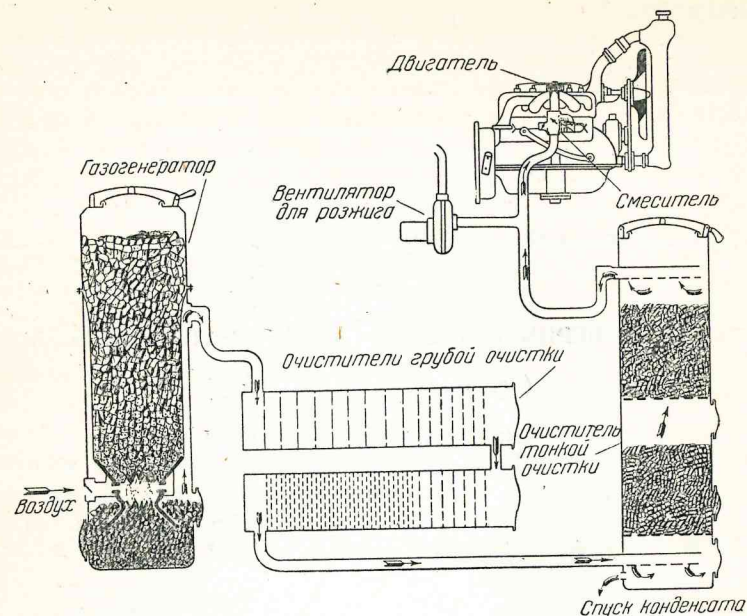
Газогенераторная дровяная установка НАТИ Г-14 на автомобиле ГАЗ-АА разработана в 1936 г. Научно-автотракторным институтом и принята к массовому производству. Общий вид автомобиля НАТИ Г-14



Фиг. 44. Грузовик ГАЗ-АА с газогенераторной установкой НАТИ Г-14 (1-й вариант). Вид со стороны газогенератора (слева) и спереди (справа).

изображен на фиг. 44. По конструкции и принципу работы она не отличается от газогенераторной установки ЗИС-13 за исключением размеров и некоторых незначительных деталей.

Схема установки изображена на фиг. 45. Газогенератор показан отдельно на фиг. 46. Вместо четырех секций батареи очистителя-охладителя в установке ЗИС-13 установка НАТИ Г-14 имеет только две секции прямоугольного сечения, внутри которых находятся пластины с отвер-



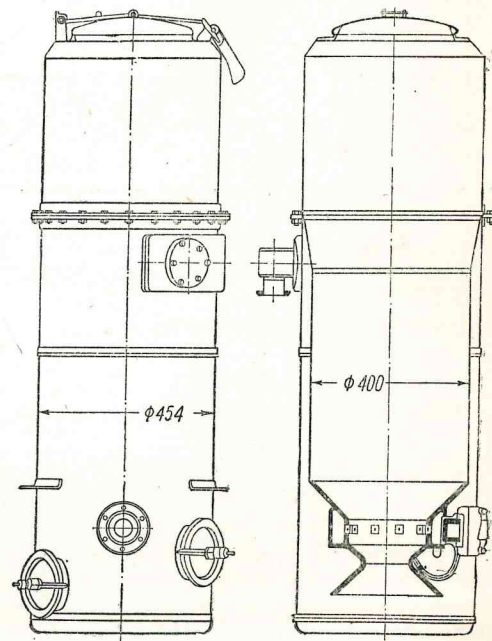
Фиг. 45. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14 для 1,5-т грузовика ГАЗ-АА.

стиями, расположенными в шахматном порядке. Вертикальный очиститель отличается формой верхнего люка. Смеситель — эжекционный. Управление дроссельной газовой заслонкой производится также от педали акселератора, а воздушная заслонка управляется вручную приспособлением, выведенным на кронштейн рулевой колонки.

Для перехода с газа на бензин и обратно имеется специальный привод, выполненный на кронштейне рядом с тягой воздушной заслонки карбюратора.

Электрооборудование стандартное, но к нему добавлена одна 6-вольтовая аккумуляторная батарея, соединенная параллельно для увеличения емкости до 160 Ач.

Электровентилятор имеет выводную трубу газа под шасси. Розжиг топлива в газогенераторе выполняется специальным факелом. Газогенератор распо-



Фиг. 46. Газогенератор НАТИ Г-14.

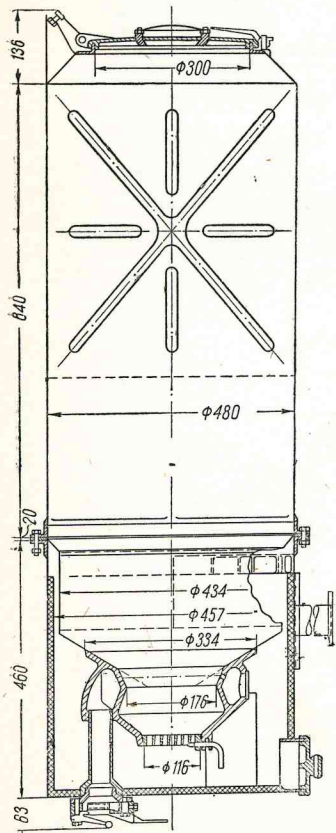
ложен за кабиной слева, а вертикальный очиститель (для тонкой очистки) справа, с урезкой, для их размещения, части полезной площади кузова. Две секции очистителя-охладителя расположены сзади на раме под кузовом, над запасным колесом. Электровентилятор монтируется на правой подножке кабины. Степень сжатия двигателя повышена до 6,3. Газогенератор вмещает 40 кг дров и 12 кг древесного угля в восстановительной зоне.

Помимо рассмотренной конструкции НАТИ разработал еще ряд экспериментальных газогенераторных установок.

В. СОВЕТСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

(период 1935—1937 гг.)

Помимо газогенераторных установок, принятых к массовому производству (ЗИС-13 и НАТИ Г-14), необходимо остановиться на конструкциях экспериментального типа, разработанных за 1935—1937 гг. в различных организациях Союза.



Фиг. 47. Газогенератор НАТИ-11 (мод. 1936 г.)

Газогенератор НАТИ-11 для автомобиля ГАЗ-АА

(модель 1936 г.)

Газогенератор НАТИ-11 изображен на фиг. 47. Эта модель несколько отличается от приведенных выше. Внизу цельнолитого металлического топливника, выполненного без нижнего конуса, установлена колосниковая решетка. Подвод воздуха происходит снизу по патрубку, пропущенному через днище газогенератора. Такая система подвода воздуха увеличивает его подогрев. Топливом служат дрова. Бункер имеет прямоугольное поперечное сечение для лучшего вписывания в габариты машины. Газогенератор расположен слева за кабиной машины.

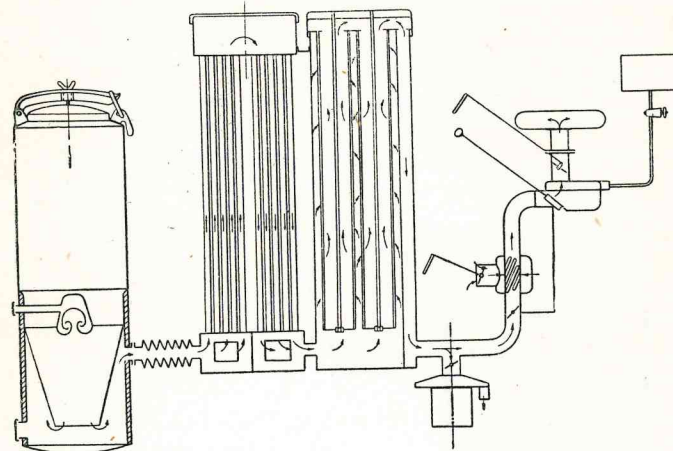
Газоочистители и газоохладители размещены справа под кузовом автомашины. Поверхность охладителя увеличена с 8,5 до 10 м².

Недостатком данного газогенератора является малая восстановительная зона, что отрицательно повлияло на качество газа. Вследствие этого газогенератор НАТИ-11 и не был принят к массовому производству.

Газогенераторная древесно-угольная установка ВМВ для автомобиля ГАЗ-АА

(конструкция инж. Володина, модель 1936 г.)

Древесно-угольная газогенераторная установка инж. Володина — опрокинутого процесса (фиг. 48) — имеет цельнометаллический топливник



Фиг. 48. Схема газогенераторной установки ВМВ.

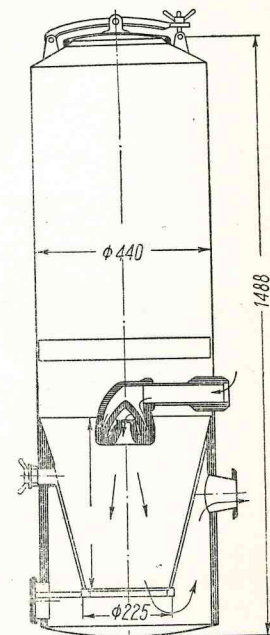
с центральным верхним подводом воздуха через улиткообразное сопло. В сопло воздух поступает через боковое отверстие в кожухе бункера.

Улиткообразная форма сопла выполнена для лучшего подогрева воздуха за счет удлинения пути. Газогенератор показан на фиг. 49 отдельно.

Внизу топливника имеется колосниковая решетка. Отбираемый горячий газ омывает топливник и отсасывается через боковой патрубок, выходящий из кожуха топливника.

Охладитель первого варианта состоял из трех секций, в каждой из которых было по несколько плоских труб; соединение секций осуществлялось последовательно. В последней модели имеется две секции по пять плоских труб в каждой.

Очиститель смонтирован вместе с охладителем. В первом варианте очиститель имел несколько рядов тонкой металлической сетки. В последней модели очиститель заменен фильтром из плотной фланели. Смеситель струйного типа в последней модели заменен тройником с подводом газа через воздушный патрубок и воздушный дроссель карбюратора, а далее по тому

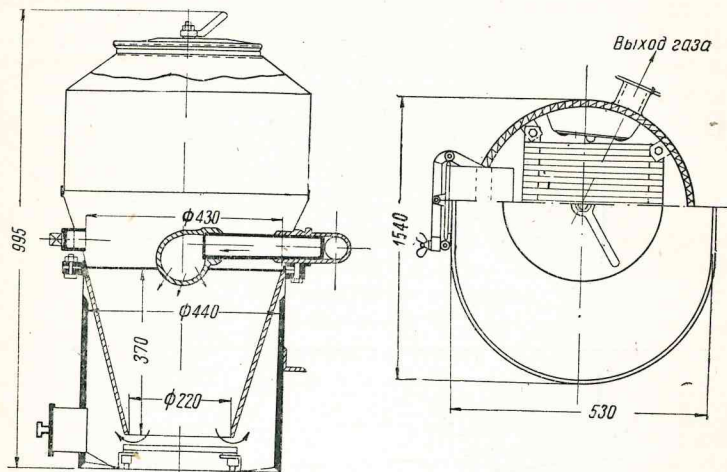


Фиг. 49. Древесноугольный газогенератор ВМВ.

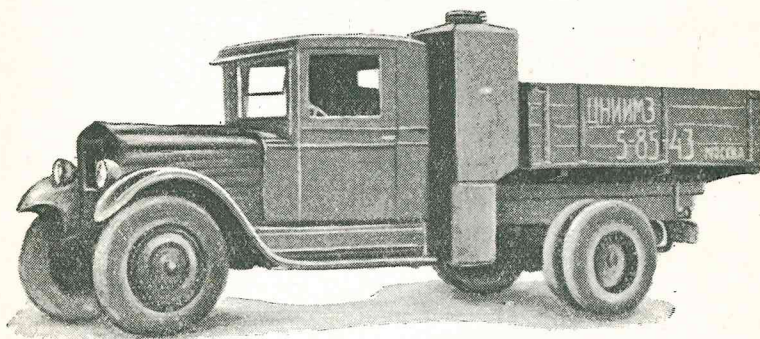
же пути, как и для бензиновой смеси. Для розжига газогенератора имеется электровентиль.

Газогенератор монтируется за кабиной, а охладитель и очиститель — под платформой машины.

Газогенераторная древесно-угольная установка инж. Володина показала хорошие результаты и безусловно заслуживает внимания. После некоторой



Фиг. 50. Газогенератор ЦНИИМЭ-5.



Фиг. 51. Грузовик ЗИС-5 с газогенератором ЦНИИМЭ-6.

конструктивной доработки эта установка может найти применение на автотранспорте.

Необходимо также указать на конструкцию ЦНИИМЭ — Центрального научно-исследовательского института механизации и энергетики лесной промышленности (фиг. 50 и 51), весьма сходную с ВМВ, но отличающуюся формой воздушного сопла.

Установка смонтирована на автомобилях ГАЗ-А и ЗИС-5.

Газогенераторная установка ГАЗ-40 для автомобиля ГАЗ-А

(спроектирована бригадой Спецтехотдела ГАЗ под руководством инж. Н. Юдушкина)

Дровяной газогенератор ГАЗ-40 (фиг. 52) имеет цельнолитой металлический топливник, без нижнего конуса, с колосниковой решеткой. Подогрев шахты осуществляется горячим газом, отбираемым через поясовую рубашку.

Газогенератор снабжен устройством для отбора конденсата. Через щели внутренней стенки кожуха бункера конденсат отбирается в специальный конденсационный бачок, соединенный трубкой с рубашкой бункера.

Установка включает газоочиститель грубой очистки типа Циклон, три поверхностных плоскотрубчатых охладителя, поверхностный газоочиститель (тонкой очистки) и смеситель эжекционного типа. Газогенератор и циклон монтируются с правой стороны шасси. Газоохладитель монтируется сзади машины, под кузовом, на месте для запасного колеса.

Установка не дала достаточно хороших результатов, главным образом по недостаткам топливника, как и в газогенераторе НАТИ-11.

Газогенераторная установка ЛТА для автомобиля ГАЗ-АА

(спроектирована в Лесотехнической академии им. С. М. Кирова в Ленинграде; конструкторы проф. Флоров, инж. М. Павловский и С. Орлов)

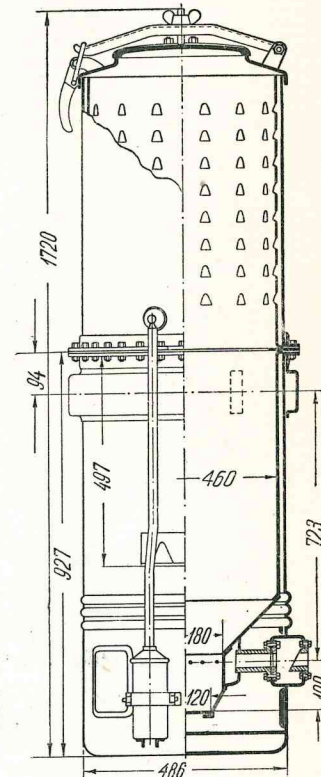
Газогенератор работает на щепе. Это обстоятельство позволяет использовать отбросы древесины, а следовательно избавляет от необходимости заготовки специальных чурок. Схема установки изображена на фиг. 53, а общий вид автомобиля — на фиг. 54.

Газогенератор имеет цельнолитой металлический топливник с центральной фурмой, снабженной рядом отверстий для воздуха.

Верхняя часть бункера включает рубашку со щелями для отбора конденсата, стекающего в наружный конденсационный бачок.

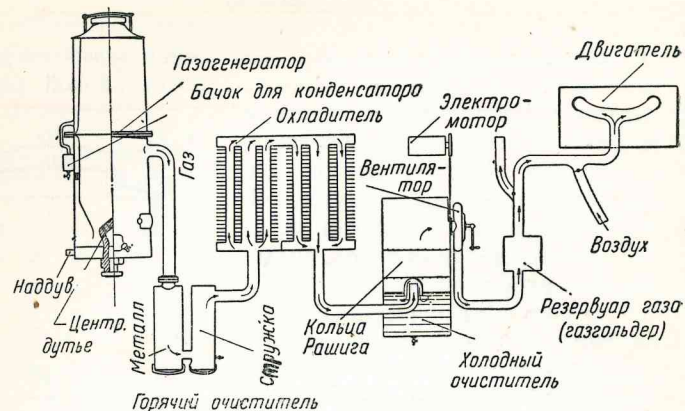
Для розжига газогенератора установлен электровентиль. Установка имеет также специальный газгольдер, в котором запас газа используется при резком изменении режима и при запуске двигателя.

Необходимо указать, что установка находится в стадии исследования и еще не дала таких результатов, которые могли бы ее рекомендовать для массового производства. Отрицательным ее свойством является боль-

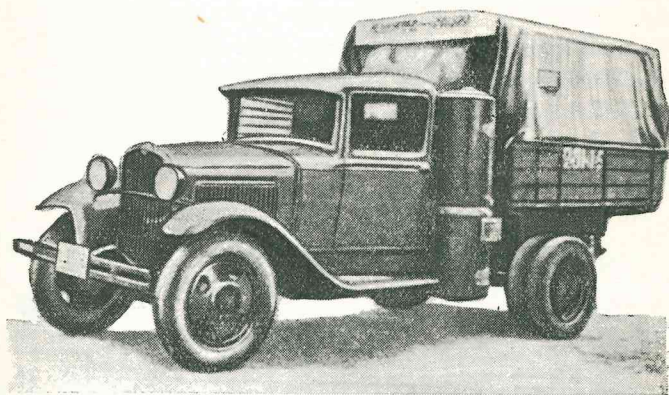


Фиг. 52. Газогенератор ГАЗ-40.

шое засмоление газа. Однако дальнейшая работа в области использования вместо чурок щепы как топлива для газогенератора безусловно заслуживает большого внимания.



Фиг. 53. Схема газогенераторной установки ЛТА (мод. 1936 г.).



Фиг. 54. Общий вид газогенераторного автомобиля конструкции Лесотехнической академии им. С. М. Кирова в Ленинграде.

Универсальные газогенераторные установки

В целях использования в газогенераторе одного типа различных видов местного твердого топлива (например дров или древесного угля) в настоящее время у нас и за границей проектируются универсальные газогенераторы.

В качестве примера подобного генератора советской конструкции является генератор установки ВАММ проф. В. П. Карпова (модель 1935 г.). В описанный ранее генератор (см. стр. 65) вводится съем-

ное центральное сопло для дополнительного подвода воздуха (фиг. 55). Такое приспособление устанавливается при работе на дровах. В случае работы на древесном угле центральное сопло удаляется, а отверстие для его ввода в днище зольника наглухо закрывается. Установка при испытаниях подтвердила свою универсальность. Испытания аналогичной установки (фиг. 56) были проведены и инж. Н. Н. Фокиным в 1936 г. в МАДИ НКВД.

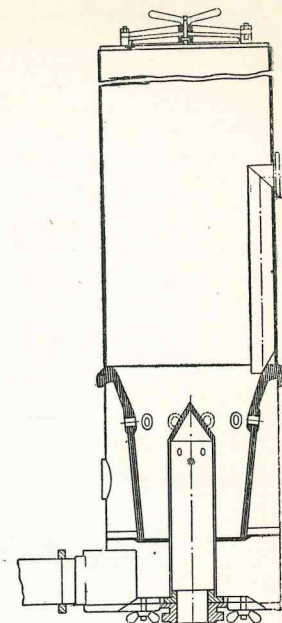
Антрацитовая газогенераторная установка для автомобиля ГАЗ-АА

(Азово-Черноморское НИТО, конструкция инж. Процакова)

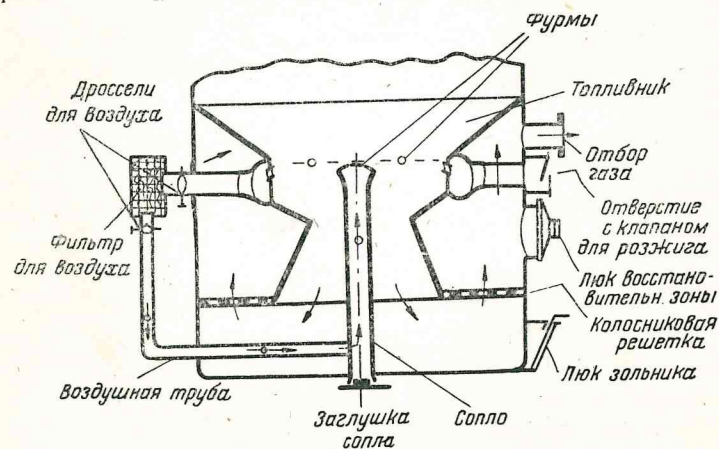
Конструкция установки инж. Процакова отличается от ранее рассмотренных тем, что она работает на антраците. Схема ее изображена на фиг. 57.

Газогенератор прямого процесса снабжен цельнометаллическим топливником. Процесс газификации происходит при паровоздушном дутье. Воздух засасывается через паровую рубашку, насыщается паром и поступает в топливник через колосниковую решетку в зону горения. Кроме того, газогенератор снабжен воздушной рубашкой для подогрева дополнительного количества воздуха.

Кожух бункера имеет два отсека. Наличие двух отсеков вызвано прямым процессом горения для возможности загрузки топлива во время



Фиг. 55. Универсальный газогенератор для древесного угля и древесины инж. Карпова.

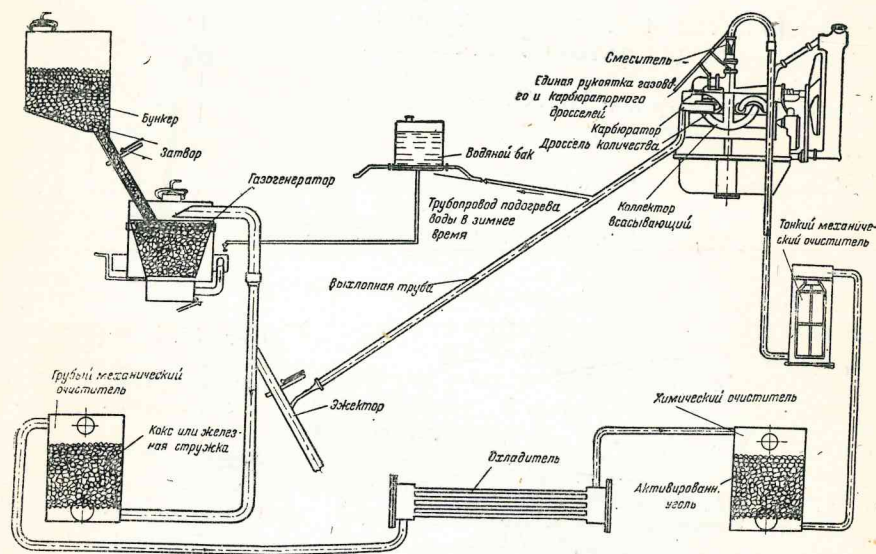


Фиг. 56. Схема опытного универсального топливника газогенератора МАДИ с комбинированным подводом воздуха конструкции инж. Фокина.

работы газогенератора. Отбор газа производится в верхней части нижнего отсека. Топливо — антрацит марки АС (размер зерна 8×30 мм) и АЗ (3×8 мм).

Для розжига газогенератора может быть установлен эжектор, работающий при помощи отработанных газов. Эжектор закрывается заслонкой при переходе двигателя с бензина на газ.

Установка, как видно из схемы, имеет три очистителя газа; между первым и вторым расположен плоскотрубчатый охладитель (две секции). Первый очиститель (грубая очистка) очищает газ при помощи кокса или железной стружки.



Фиг. 57. Схема антрацитовой газогенераторной установки (мод. 1936 г.).

Второй очиститель (химический) предназначен для того, чтобы при помощи активированного угля отнять вредные примеси в газе, а третий очиститель (матерчатый) способствует очистке газа от взвешенных частиц.

Смеситель — турбулентный, опрокинутый, с золотниковой регулировкой.

Двигатель ГАЗ-АА этой установки имеет степень сжатия 5,6.

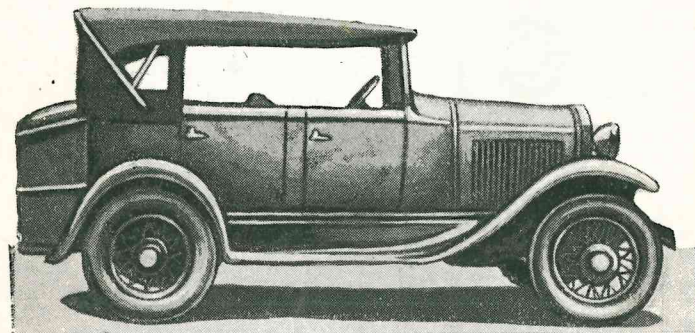
Газогенератор расположен слева сзади машины.

Установка не дала результатов, позволяющих ее рекомендовать для массового производства, но, несмотря на ряд ее недостатков, все же заслуживает внимания как транспортная газогенераторная установка на каменном угле. Недостатки же ее относятся главным образом к неудовлетворительной химической очистке газа, зашлаковыванию колосниковой решетки и т. п. В 1937 г. на речном пароходстве по реке Дон (г. Ростов-на-Дону) организована опытная эксплуатация таких установок на нескольких катерах.

Газогенераторная установка для легкового автомобиля ГАЗ-А (НАТИ)

(конструкция И. С. Мезина)

Одной из удачных попыток создания газогенератора для легкового автомобиля является установка на автомобиле ГАЗ-А (фиг. 58), в которой газогенератор, выполненный по принципу опрокинутого горения, расположен сзади машины в виде багажника. Циклонный очиститель и



охладитель расположены под машиной. Очиститель для тонкой очистки газа (кольца Рашига) расположен на правом крыле возле двигателя машины. Как на новую деталь следует указать на электрозапал (конструкции Мезина) для розжига газогенератора, имеющий следующее устройство. В металлический Г-образный резервуар наливается бензин, который пропитывает фитили. Зажигание фитилей производится обыкновенной электрической свечей.

Для подогрева бензина в холодное время года запал имеет спиральный виток нихромовой проволоки, нагреваемой от тока низкого напряжения. Фитиль установлен против отверстия, подводящего воздух к фурмам топливника.

Все агрегаты газогенераторной установки вписаны в стандартные габариты машины.

Эксплуатационные данные легковой газогенераторной машины следующие.

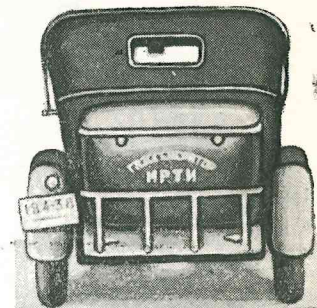
Расход топлива (дров) на шоссе — 300 г/км.

Максимальная скорость машины — около 60 км/час.

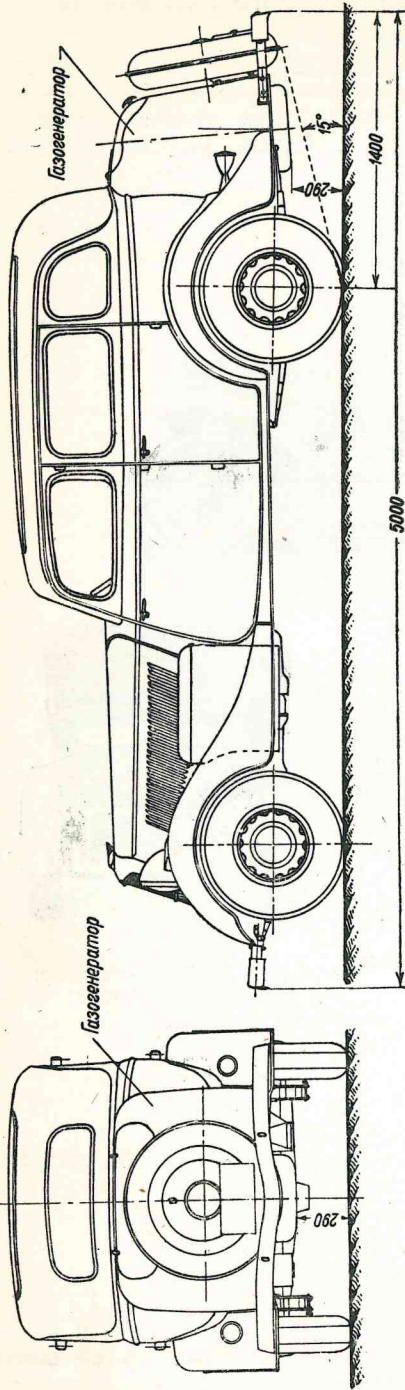
Двигатель имеет степень сжатия 6,3.

Радиус действия машины с одной заправкой топливом — до 160 км.

В настоящее время инж. Мезиным сконструирована аналогичная установка для оборудования легкового автомобиля М-1 (фиг. 59) с радиусом действия до 200 км.



Фиг. 58. Газогенераторная установка НАТИ на автомобиле ГАЗ-А.



Фиг. 59. Автомобиль М-1 с газогенератором НАТИ конструкции И. С. Мезина.

Газогенераторные установки на тракторах

Установка газогенераторов на тракторах безусловно заслуживает большого внимания, так как тракторы в мощном сельскохозяйственном секторе СССР занимают огромное место. Увеличение сцепного веса трактора за счет дополнительной нагрузки от газогенераторной системы является положительным фактором для тяги, а увеличение габаритов установки и ее размещение на тракторах, работающих главным образом в полевых условиях, не имеют такого отрицательного значения, как для грузовых и тем более легковых газогенераторных автомобилей.

Газогенераторная дровяная установка НАТИ Г-13 на тракторе ЧТЗ

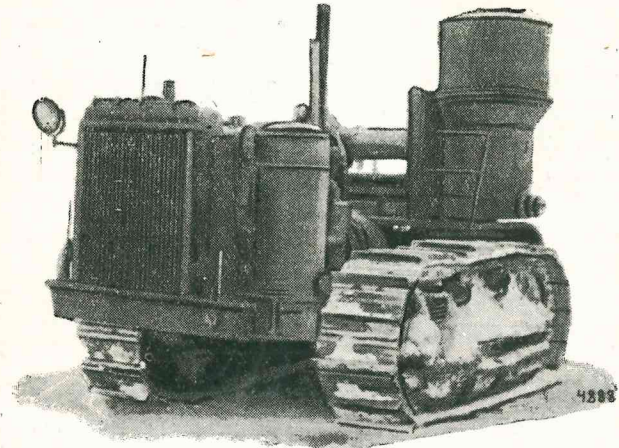
Общий вид трактора ЧТЗ с газогенераторной установкой НАТИ Г-13 изображен на фиг. 60.

Приведенная на фиг. 61 схема включает газогенератор, по своему принципу мало отличающийся от ранее рассмотренных генераторных установок Г-14 и ЗИС-13. В газогенераторе Г-13 отсутствует подогрев бункера. Топливник имеет внизу колосниковую решетку. Отбор конденсата происходит в верхней части бункера при помощи двух кожухов (внутренний кожух имеет для этой цели щели). Конденсационный бачок соединен с рубашкой, образуемой двойными стенками кожуха. Вместо очистителя (грубой очистки) типа Г-14 установлены два циклона.

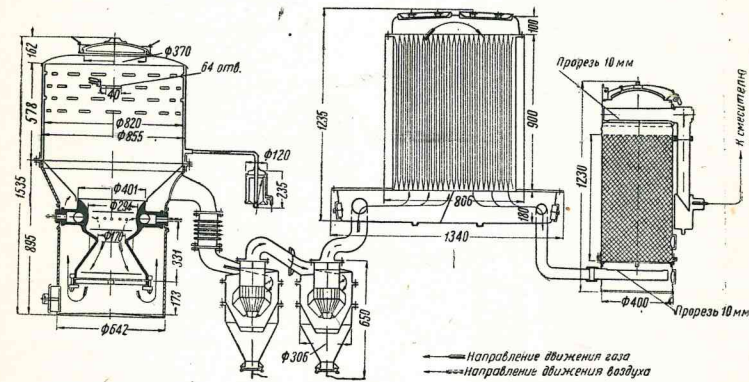
Охладитель расположен впереди радиатора двигателя в виде вертикальной системы трубок, омываемых встречным потоком воздуха, засасываемого вентилятором двигателя.

Тонкая очистка производится с помощью колец Рашига, как и в установке Г-14.

Размещение установки следующее: газогенератор расположен сбоку сидения водителя с левой стороны. Очиститель (тонкая очистка) помещен с левой стороны двигателя. Циклоны — впереди, ниже радиатора.



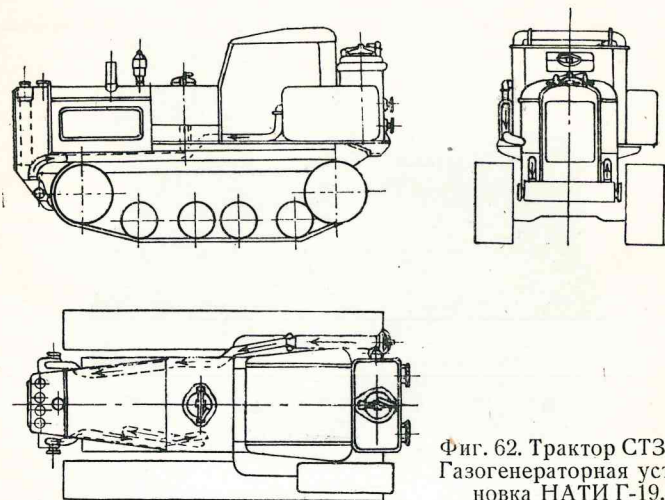
Фиг. 60. Общий вид трактора ЧТЗ с газогенераторной установкой НАТИ Г-13.



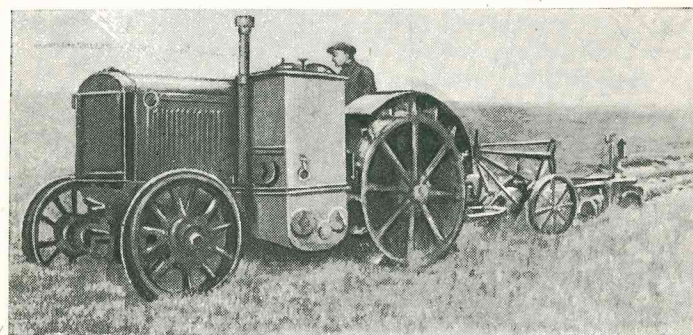
Фиг. 61. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-13 (для древесных чурок) на тракторе ЧТЗ „Сталинец-60“.

В последних моделях Г-13 ввиду неудовлетворительной очистки газа циклонами последние были конструктивно изменены и кроме того установлен добавочный волосяной фильтр. Введен подогрев бункера. Установлена качающаяся колосниковая решетка с целью улучшения очистки топливника от золы. Внесены изменения в размещение и кре-

пления установки на тракторе. В настоящее время НАТИ ведет работу по конструированию газогенераторной установки для трактора СТЗ-3-НАТИ, которая по принципу устройства аналогична НАТИ Г-13, но не имеет радиаторного охладителя газа, перегружающего водяной радиатор двигателя вследствие малой лобовой поверхности охлаждения.

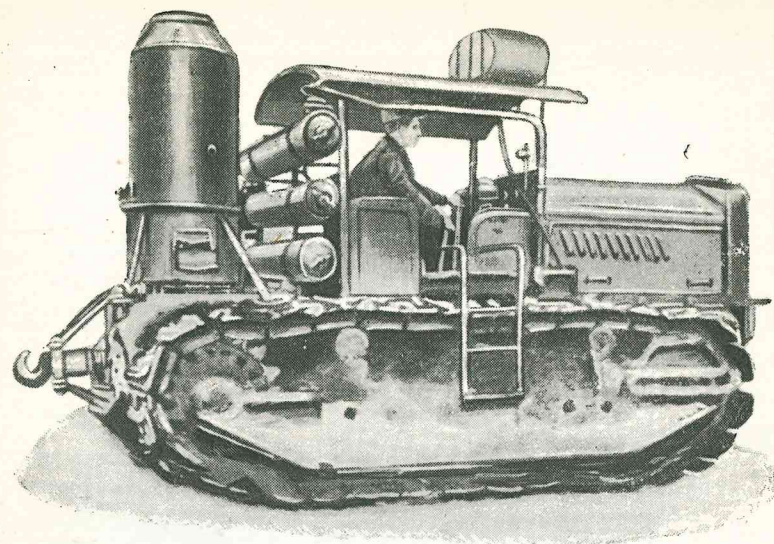


Фиг. 62. Трактор СТЗ-3. Газогенераторная установка НАТИ Г-19.

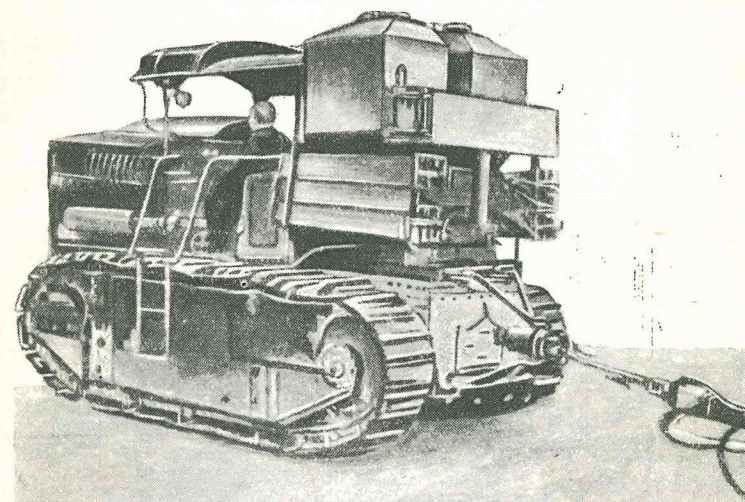


Фиг. 63. Трактор СТЗ с газогенератором СЖ-2 (ВИСХОМ).

Необходимо отметить интересную работу, проводимую НАТИ, по переводу двигателя дизеля М-17 трактора ЧТЗ на генераторный газ. Головка блока двигателя М-17 изменена с целью уменьшения степени сжатия до 8. Увеличен размер всасывающего клапана и изменены фазы газораспределения для обеспечения лучшего наполнения. Пусковой бензиновый двигатель оставлен. На фиг. 62, 63, 64 и 65 приводятся опытные газогенераторные установки на тракторах.



Фиг. 64. Трактор „Коммунар“ с газогенератором „Пионер“ (Институт древесины).



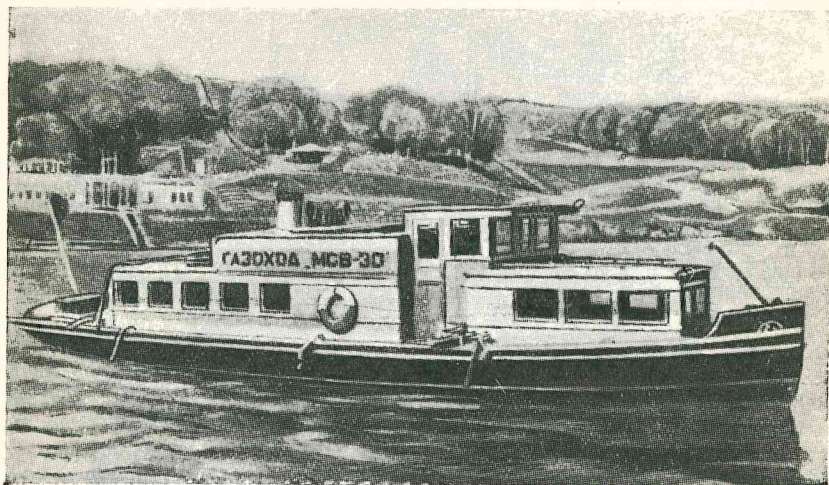
Фиг. 65. Трактор „Коммунар“ с газогенератором В-3 (НАТИ).

Газогенераторная установка на речном транспорте

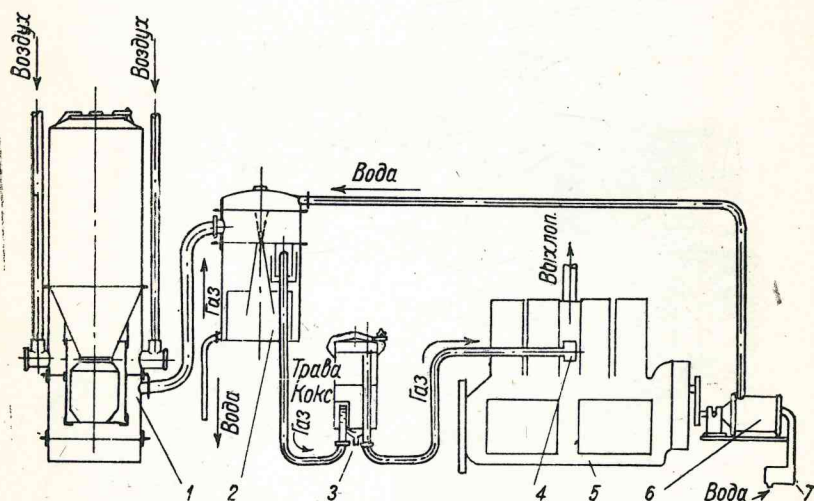
(катер МСВ-30 Московской судовой верфи, тип 1936 г.)

Использование газогенераторных установок на судах небольшого тоннажа в речном транспорте (буксиры, катера и т. п.) безусловно имеет большое значение, так как на водных магистралях СССР имеется достаточное количество мелких судов с двигателями внутреннего сгора-

ния. В ближайшие годы количество их значительно возрастет, поэтому использование газогенераторного местного топлива на речном транспорте может принести значительные экономические выгоды.



Фиг. 66. Газоход МСВ-30.

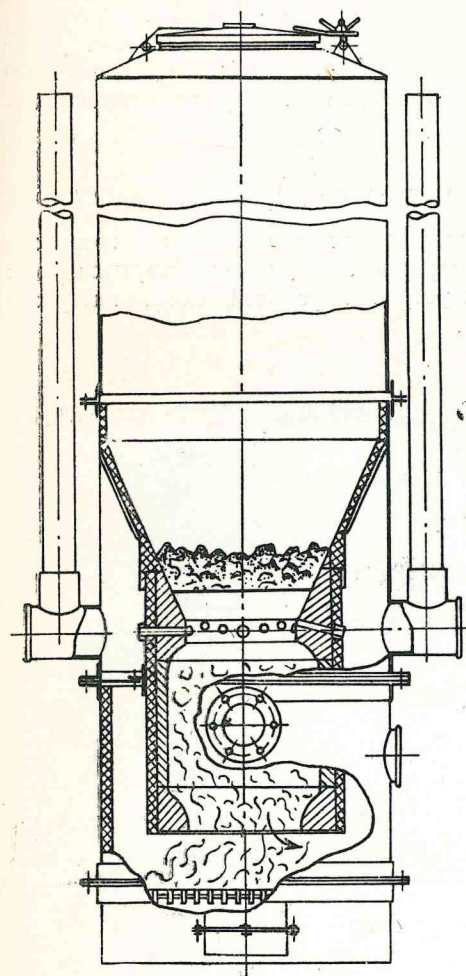


Фиг. 67. Принципиальная схема газогенераторной установки на буксирном катере МСВ-30:

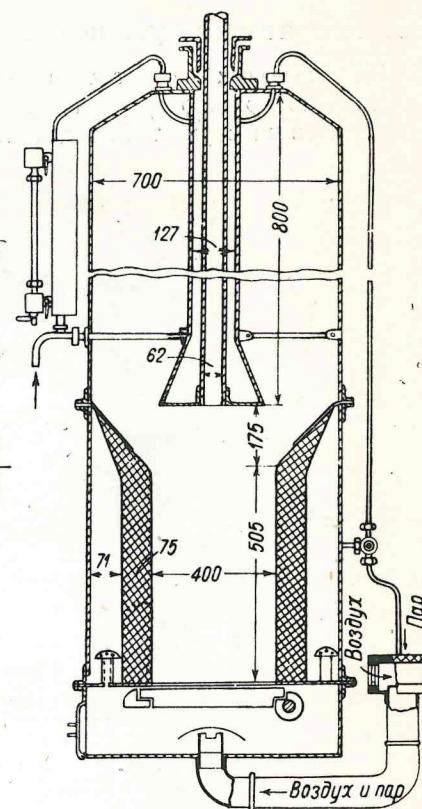
1 — газогенератор; 2 — холодильник-очиститель; 3 — сухой фильтр; 4 — смеситель; 5 — двигатель; 6 — помпа; 7 — фильтр для воды.

Размещение газогенераторной установки на буксире или катере не представляет большой трудности и значительно легче решается, чем на грузовом автомобиле. Одним из положительных факторов является возможность водяного охлаждения газа.

В качестве иллюстрации приводится пример использования газогенераторной установки на катере-газоходе. На фиг. 66 показан внешний вид газохода МСВ-30 буксирного катера Московской судовой верфи. На фиг. 67 изображена схема установки, а на фиг. 68 — отдельно ее газогенератор. Установка работает на древесных чурках, по опрокинутому



Фиг. 68. Газогенератор МСВ-30.



Фиг. 69. Антрацитовый газогенератор Южного ЦУРТ для двигателя ЧТЗ.

кальных трубы. Назначение этих труб — направить вверх поток газа в случае выброса его через фурмы, предупредив этим возможность попадания газа в машинное отделение. Воздушная рубашка, омываемая горячим газом, связана с 16 отверстиями фурм топливника (из них 4 противоположные фурмы направлены вверх под углом 10°). Ниже топливника расположена чугунная колосниковая решетка, отделяющая

зольник от топливника и восстановительной зоны. Загрузка топлива производится через верхний герметический люк. Отсасываемый двигателем газ поступает в холодильник-очиститель. Очистка в нем газа от золы и охлаждение газа происходят при помощи воды, нагнетаемой под давлением до 2 атм специальной помпой с приводом от двигателя. Затем газ поступает в сухой фильтр (комбинированная очистка при помощи кокса и волокон кенафа или смоляного каната). Смесители устанавливаются двух типов — МСВ и ЧТЗ (струйные). Установка имеет тракторный двигатель ЧТЗ со степенью сжатия $\epsilon=6$. На фиг. 69 приводится схема газогенератора, работающего на антраците, предназначенного для речного транспорта.

Газогенераторные установки на железнодорожном транспорте

На железных дорогах в качестве вспомогательного транспорта широко распространены автодрезины. Они используются как средства связи с участками, для переброски рабочей силы, материала



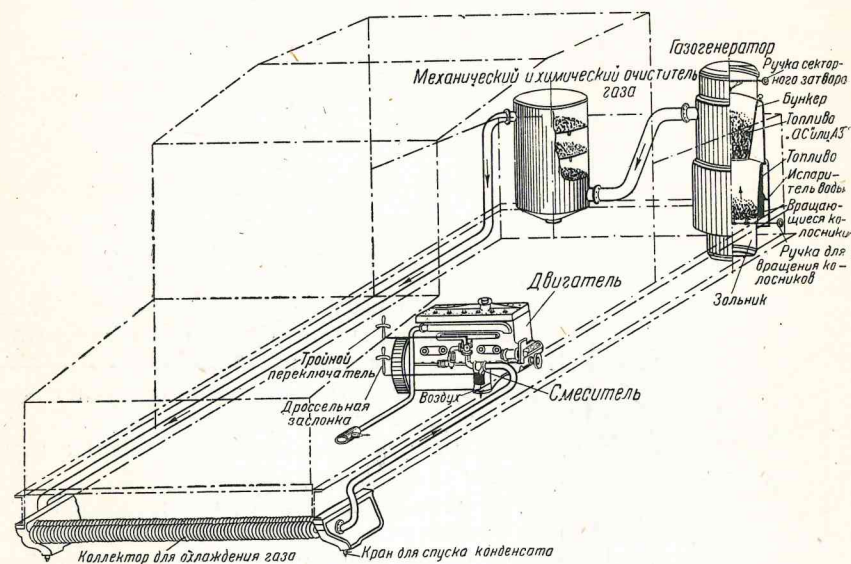
Фиг. 70. Автодрезина с газогенератором.

и инструментов во время дорожных работ и при авариях поездов, а также для маневрирования вагонов при небольших составах.

Одной из попыток применить газогенераторную каменноугольную установку на автодрезине является работа Ростовского-на-Дону института инженеров транспорта — РИИТ.

Общий вид автодрезины представлен на фиг. 70. Схема установки РИИТ на мотовозе, изображенная на фиг. 71, почти не отличается от приведенной ранее схемы каменноугольной установки для грузовика ГАЗ-АА инж. Процакова, работавшего в РИИТ и над созданием газогенераторной установки на мотовозе.

Нельзя не указать еще на один объект железнодорожного транспорта, а именно — автотрисы, на которых также установлены двигатели внутреннего сгорания. В составе небольшого поезда в несколько вагонов автотрисы обслуживают курортные районы, например Сочи — Адлер, Сочи — Туапсе и т. п. Работа по применению газогенераторных устано-



Фиг. 71. Схема расположения газогенераторной установки на мотовозе.

вок на автотрисах является для нас пока проблемой, которую также необходимо разрешить.

Заслуживает внимания проблема перевода на генераторный газ внутризаводского транспорта.

Г. ИНОСТРАННЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

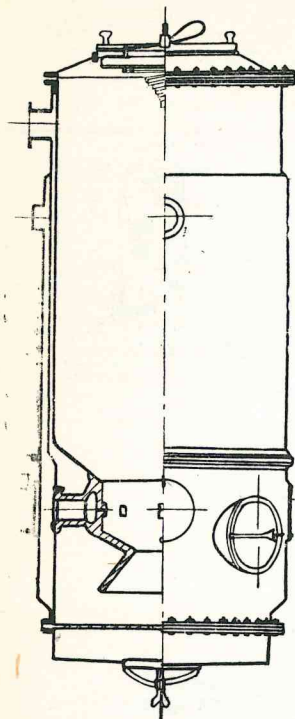
Наряду с обзором советских конструкций транспортных газогенераторных установок небезынтересно познакомиться с наиболее характерными и оригинальными иностранными конструкциями, к рассмотрению которых мы и перейдем.

Берлие

Газогенератор Берлие (фиг. 72) опрокинутого горения имеет особую форму топливника (жароупорная сталь-литье) с подводом воздуха, предварительно подогретого от горячих стенок бункера, через 8 фузм диаметра $d=10$ мм. Отбор газа происходит в верхней части бункера, что способствует охлаждению газа и одновременно подогреву топлива. Это обстоятельство улучшает процесс газификации. В нижней части топли-

вника имеется колосниковая решетка для очистки от золы, она же является опорой для древесного угля. Через специальные два лючка (в кожухе топливника) и верхний люк бункера засыпается древесный уголь до уровня фурм. Этот уголь образует восстановительный слой, способствующий лучшей газификации, т. е. восстановлению CO_2 в CO и разложению смол.

Установка Берлие строится по патенту немецкого химика Имберт.



Фиг. 72. Разрез газогенератора Берлие.

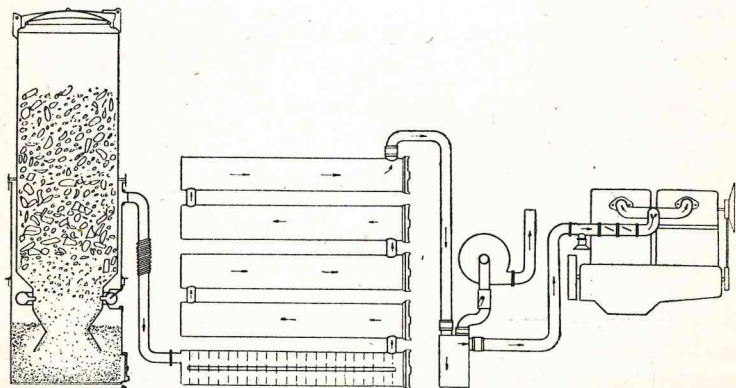
ских конструкций для установок.

Имберт

Газогенератор Имберт (фиг. 73, 74 и 75), как видно из схемы, имеет небольшое отличие от Берлие. В частности, он не имеет кожуха для подогрева воздуха и колосниковой решетки. В верхней части бункера газогенератора Имберт имеется наружный кожух. В рубашку, образуемую двойными стенками, поступает конденсат через щели внутреннего кожуха. Периодически этот конденсат выливается наружу через гидравлический затвор.

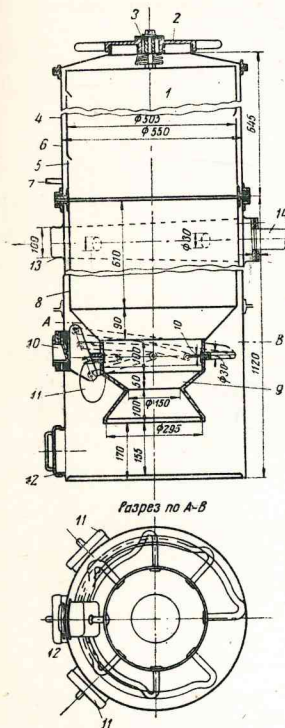
Для равномерного отбора газа вокруг бункера устроен кольцевой канал. В некоторых конструкциях Имберт устройства для отбора конденсата и кольцевого газового канала не имеется.

Следует указать, что конструкции Берлие—Имберт считаются пока лучшими для дров, в связи с чем в основу наших последних советских конструкций для дровяного топлива положены принципы этих установок.



Фиг. 73. Газогенераторная установка Имберт.

Газогенератор с опрокинутым процессом изображен на фиг. 76. Топливник имеет шамотную футеровку и щелевую подачу воздуха. Установка снабжена вращающейся колосниковой решеткой для улучшения очистки топливника от золы. Розжиг газогенератора производится при помощи вентилятора.



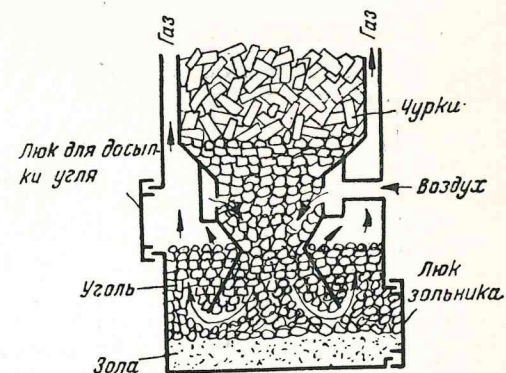
Фиг. 74. Разрез газогенератора Имберт:

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

Панар-Левассор

Газогенератор Рено

Газогенератор Рено, изображенный на фиг. 77, является характерным типом конструкции опрокинутого процесса с центральным верхним подводом воздуха через сопло. Воздух интенсивно подогревается, проходя через лабиринт сопла.



Фиг. 75. Схема нижней части газогенератора Имберт с досыпанным древесным углем.

Топливник имеет форму опрокинутого усеченного конуса (литье из жароупорной стали). Снизу топливника расположена качающаяся колосниковая решетка. Топливо — древесный уголь.

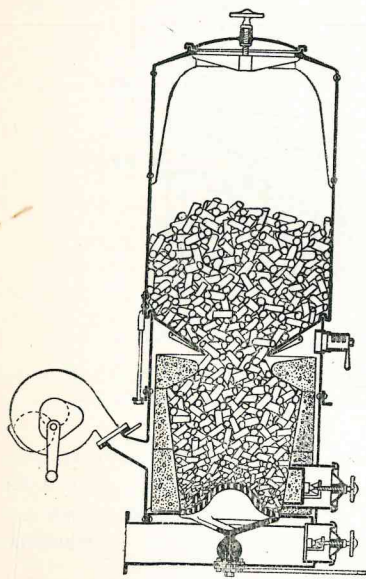
Газогенератор Кромаг-Сагам

Газогенератор (фиг. 78) работает по опрокинутому процессу. Топливо — дрова. Установка имеет центральный нижний подвод воздуха через сопло с 43 отверстиями диаметром $d = 5$ мм. Воздух вначале поступает в воздушную рубашку через три обратных клапана; подогревается от кожуха топливника; затем через три пустотелые опоры грибовидного сопла направляется в сопло, а из него в центральную часть топливника. Отсос газа производится сверху, что способствует предва-

Рительному подогреву топлива и охлаждению газа. Для равномерного отсоса газа и лучшей отдачи тепла воздушной рубашке газ проходит вокруг топливника по спиральной перегородке. Топливник, выполненный из жароупорной стали (литье), имеет форму усеченного опрокинутого конуса, переходящего внизу в цилиндр. Для отбора конденсата в верхней части бункера имеются рубашка и щели в кожухе бункера.

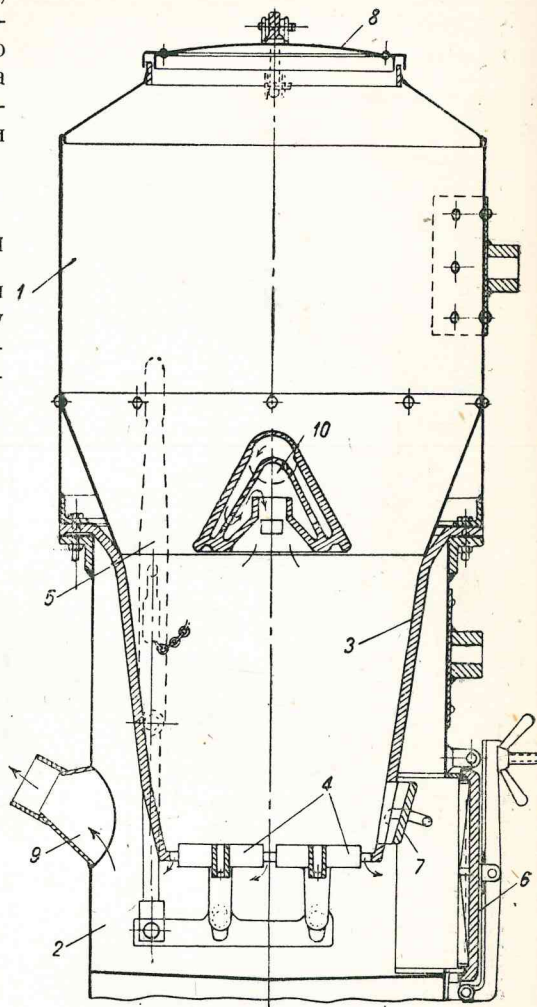
Газогенератор Гоен-Пулен

Газогенератор Гоен-Пулен (фиг. 79) относится к типу газогенераторов горизонтального процесса. Топливник газо-



Фиг. 76. Газогенератор Панар-Левассор.

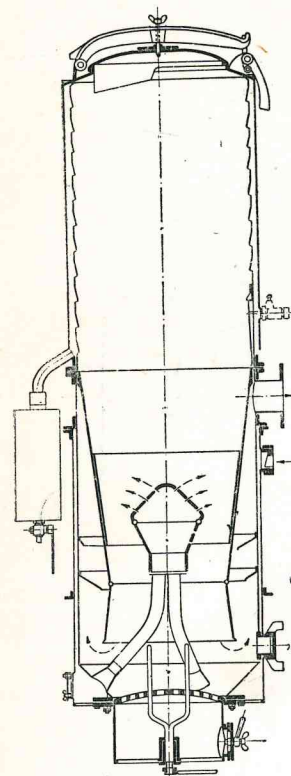
генератора не имеет футеровки. Сбоку подведено воздушное сопло. Сопло охлаждается циркулирующей водой. Вода на охлаждение сопла поступает из радиатора двигателя. Сопло введено почти до вертикальной оси газогенератора, что способствует сохранению теплоты в процессе, а следовательно обеспечению высоких температур.



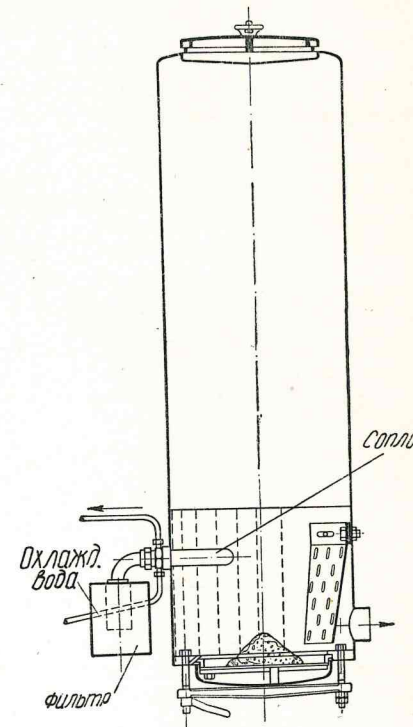
Фиг. 77. Газогенератор Рено для трактора Рено:

1 — бункер; 2 — шахта; 3 — топливник; 4 — качающиеся колосники; 5 — ручка для встряхивания колосников; 6 — зольниковый люк; 7 — люк для чистки топливника; 8 — загрузочный люк; 9 — газоотсасывающий патрубок; 10 — воздушное сопло.

Напротив сопла расположена решетка для грубой очистки газа при его отборе из газогенератора. Топливо загружается сверху через люк и заполняет весь объем бункера. Газогенератор имеет цилиндрическую форму. Газогенераторы Гоен-Пулен работают на древесном угле или буроугольных брикетах. В последнем случае газогенераторы снабжаются двумя соплами, а после решетки — пылевой камерой (зольником). Простота



Фиг. 78. Газогенератор Кромаг-Сагам.



Фиг. 79. Газогенератор Гоен-Пулен.

конструкции газогенераторов Гоен-Пулен, простой уход и высокие показатели их работы заслуживают большого внимания.

Как на разновидность газогенератора Гоен-Пулен можно указать на газогенератор конструкции Хемельрук (Германия), который отличается от Гоен-Пулен тем, что вместо водяного охлаждения сопло имеет охлаждающее воздушное.

Газогенератор Беллай

Изображенный на фиг. 80 газогенератор Беллай также работает по горизонтальному процессу. Топливом служат буроугольные брикеты. В этой установке сопло имеет плоскую форму. Охлаждение сопла происходит через специальный канал водой из радиатора двигателя.

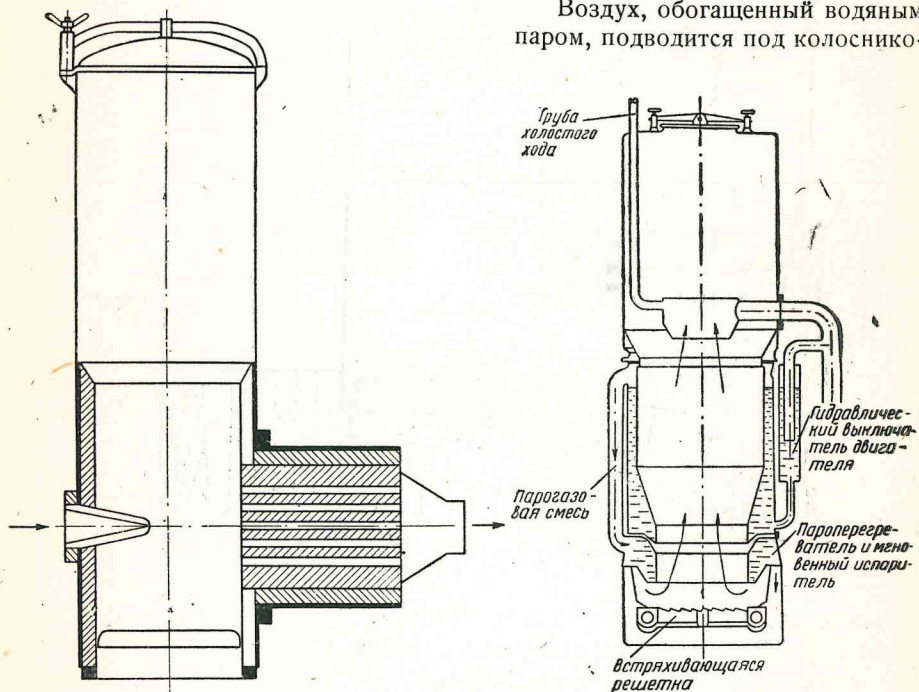
Топливник снабжен теплоизоляционной футеровкой. Газ отбирается в футерованные каналы, расположенные напротив сопла. Каналы выполнены из силициум-карбида, который играет роль катализатора, ускоряющего процесс разложения смол.

Газогенератор Фойгт

Оригинальной конструкцией газогенератора прямого процесса для бурого угольного полукокса и торфа является установка Фойгт (фиг. 81).

Топливник газогенератора цельнометаллический, окружен водяной рубашкой, уровень воды в которой постоянно поддерживается регулятором поплавкового типа. Назначение воды — создать паровоздушную смесь для введения ее в процесс газификации.

Воздух, обогащенный водяным паром, подводится под колоснико-



Фиг. 80. Газогенератор Беллай для бурого угольного брикета.

Фиг. 81. Газогенератор Фойгт.

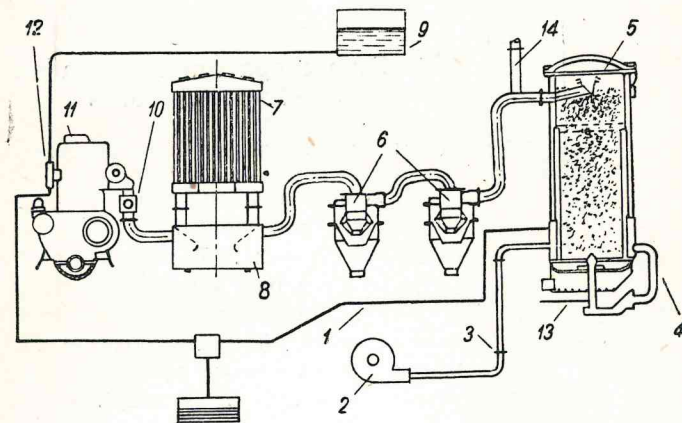
вую решетку. Если с паром попадают капли воды, то они мгновенно испаряются на горячих ребрах нижней части топливника. Если уровень воды в водяной рубашке газогенератора понизится, то топливник может прогореть. С целью предупреждения подобных случаев имеется гидравлический затвор, центральная труба которого соединена с трубой, подводящей газ к двигателю. Если в процессе работы уровень воды в рубашке газогенератора понизится настолько, что обнажится нижний обрез центральной трубы гидравлического затвора, то воздух направится по этой трубе в трубу, подводящую газ. Вследствие этого двигатель, лишившись

питания, остановится. Для удаления золы внизу топливника установлена подвижная колосниковая решетка. В бункере проходит труба для работы газогенератора на холостом ходу и выпуска газа при розжиге.

Газогенераторная установка Гумбольд-Дейтц

Газогенератор (фиг. 82) работает на антраците. Топливник с керамической футеровкой окружен водяной рубашкой, в которой, благодаря подводу воздуха и испарению воды от горячих стенок топливника, образуется паровоздушная смесь.

Водяная рубашка питается водой из специального бачка при помощи насоса с приводом от двигателя. Насос автоматически подает воду в зависимости от нагрузки.



Фиг. 82. Схема антрацитовой газогенераторной установки Гумбольд-Дейтц:

- 1 — вода; 2 — воздухоподка; 3 — воздух; 4 — смесь пара с воздухом;
- 5 — газогенератор; 6 — очиститель; 7 — охладитель; 8 — водоотделитель;
- 9 — бак с водой; 10 — смесительный вентиль; 11 — двигатель; 12 — насос;
- 13 — рукоятка встряхивателя; 14 — труба холостого хода.

Необходимо указать, что при газификации каменного угля, торфа и древесного угля паровоздушный процесс в сравнении с сухим процессом дает более богатый газ. Воздух, обогащенный водяным паром, подводится через центральное сопло снизу. Колосниковая грибообразная ступенчатая решетка с целью удаления золы и шлаков может вращаться при перемещении ручного рычага. Газ отбирается в верхней части газогенератора через патрубок, входящий в центр бункера. Газогенераторы устанавливаются на 5-тонные грузовики. Расход топлива (антрацита) — до 80—100 кг на 100 км пробега. Расход воды—95 л на 100 км.

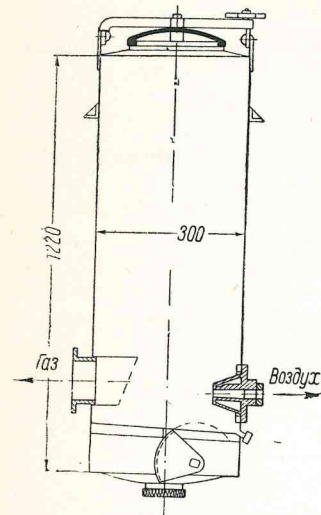
Газогенератор Макдональд

Газогенератор (фиг. 83) горизонтального процесса с присадкой водяных паров к воздуху. Работает на антраците. Воздух поступает в сопло, имеющее канал для подвода воды. Вода захватывается воздухом и обра-

зует благодаря испарению паровоздушную смесь. Отбор газа производится через патрубок, расположенный напротив сопла.

Внизу топливника имеется качающаяся колосниковая решетка. Кожух топливника снабжен специальным отверстием с обратным клапаном для шуровки топливника. Газогенератор имеет овальное сечение для удобства размещения на машине. Установка на грузовике Форд 1,5 т расходует антрацита 362 г на 1 км, средняя скорость автомобиля 38 км/час. Полезная нагрузка 1,3 т.

Газогенераторы горизонтального процесса хорошо работают на антраците при размере зерен 5—10 мм и зольности топлива не выше 8—10% при малом содержании серы.



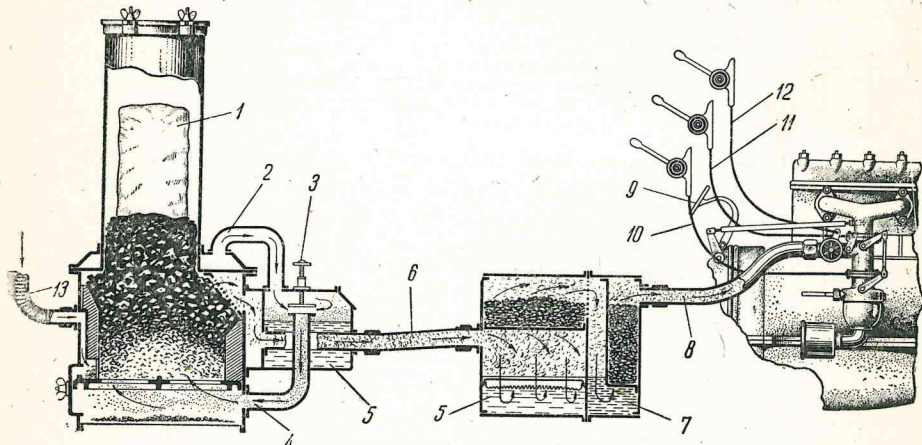
Фиг. 83. Газогенератор системы Макдональд.

поступает самотеком к перекрывному крану. Водяной пар насыщает подводимый к топливнику воздух.

Газогенераторная установка Виско-Автогаз

(для грузового автомобиля Бюссинг-Наг 6 т)

В установке Виско-Автогаз (фиг. 84) газогенератор работает по прямому процессу на древесном угле. Топливник имеет огнеупорную футеровку и колосниковую решетку. К кожуху топливника прикреплен увлажнитель, имеющий приспособление для поддержания постоянного уровня воды, которая поступает самотеком к перекрывному крану. Водяной пар насыщает подводимый к топливнику воздух.



Фиг. 84. Схема газогенераторной установки Виско-Автогаз:

1 — древесный уголь в специальном бумажном мешке; 2 — горячий воздух; 3 — регулирующий клапан; 4 — паровоздушная смесь; 5 — вода; 6 — подвод газа к очистителю; 7 — масло; 8 — подвод газа к смесителю; 9 — акселератор; 10 — управление дросселем карбюратора; 11 — управленые дросселем газа; 12 — управление дросселем воздуха; 13 — пгание газогенератора от вентилятора.

Испарение воды происходит от батареи, по которой проходит отсасываемый из газогенератора горячий газ. Воздух поступает в верхнюю, не заполненную водой часть испарителя, где увлажняется и засасывается по трубе под колосниковую решетку газогенератора.

Регулирование влажности воздуха в зависимости от времени года и сорта топлива достигается специальными заслонками.

Загрузка топлива в бункер производится сверху. Газогенератор питает двигатель, переделанный из дизель-мотора, мощностью около 90 л. с.

Переустройство двигателя произведено путем заглушки форкамер и установки свечей вместо спиралей накаливания. Степень сжатия значительно снижена путем замены поршней. Заменен также всасывающий коллектор двигателя.

Двигатель имеет стартерный пуск от двух аккумуляторных батарей по 12 V каждая.

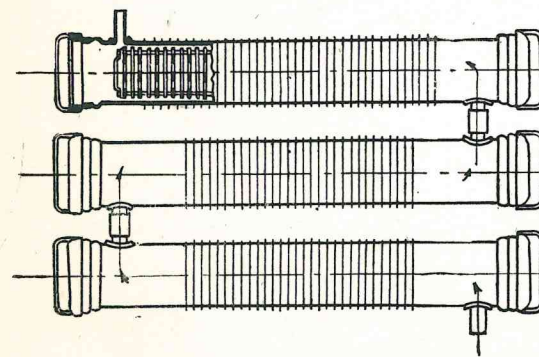
Для облегчения пуска двигатель снабжен декомпрессионным устройством с приводом из кабины. Пуск двигателя производится на бензине (карбюратор „Зенит“). Бензин применяется также для маневрирования в гараже при холодном газогенераторе. Радиус действия машины 130—240 км. Максимальная скорость автомобиля 60 км/час. Расход топлива от 75 до 107 кг на 100 км пути.

ГЛАВА IV

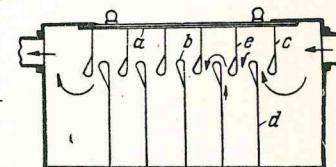
ЭЛЕМЕНТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

А. ОХЛАДИТЕЛИ-ОЧИСТИТЕЛИ ГАЗОВ

Отбираемый из генератора газ при любом процессе имеет высокую температуру, доходящую до 600°, и уносит с собой мельчайшие частицы золя, смолы и водяной пар. Безусловно, что принципы получения газа и конструкция различных газогенераторов изменяют количество этих вредных примесей. В целях наибольшего охлаждения газа, а также для

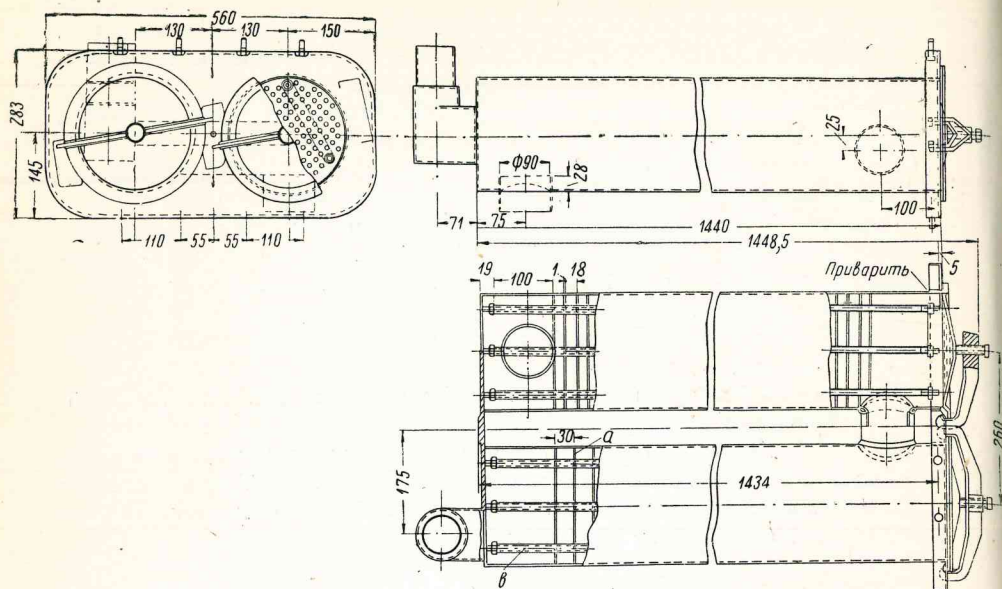


Фиг. 85. Очиститель-охладитель.

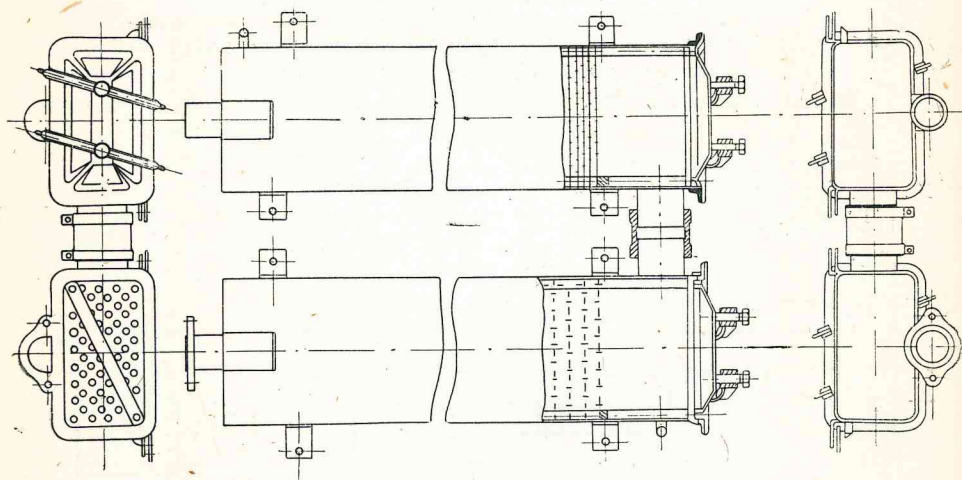


Фиг. 86. Инерционный газоочиститель системы Фойгт.

максимальной очистки газа от вредных примесей, современные установки, как было сказано, имеют между генератором и смесителем газа охладители. Довольно часто очиститель и охладитель изготовляют как один агрегат с целью уменьшения весов и габаритов.



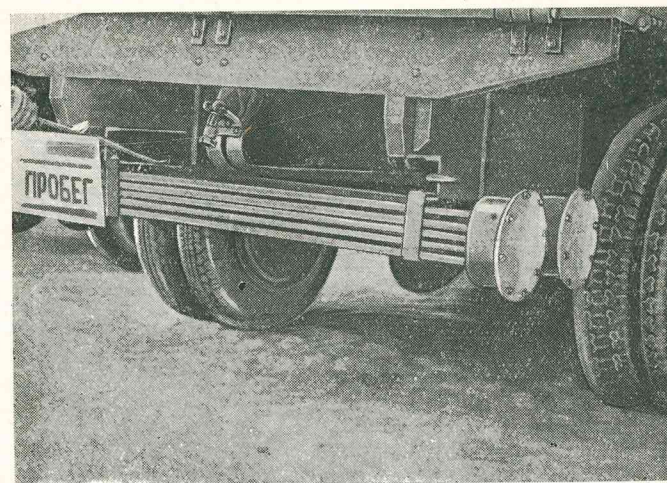
Фиг. 87. Первый и второй цилиндры батареи-очистителя:
а — диски, в — стержни.



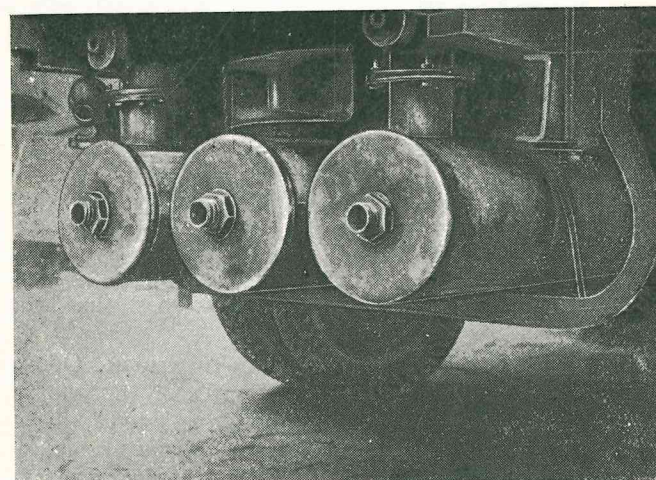
Фиг. 88. Инерционный газоочиститель установки НАТИ Г-14.

Следует отметить, что при наилучших способах охлаждения температура газа всегда будет превышать на 15—20° температуру окружающей среды. На фиг. 85—88 представлены охладители-очистители разных установок. Газ, проходя по имеющимся лабиринтам, теряет на своем пути часть взвешенных частиц золы и смолы и охлаждается за счет

большой поверхности очистителя, омываемого воздухом (особенно интенсивно при движении автомобиля). На фиг. 89 и 90 показано расположение очистителей-охладителей сзади автомобиля, под кузовом.



Фиг. 89. Расположение очистителя-охладителя.



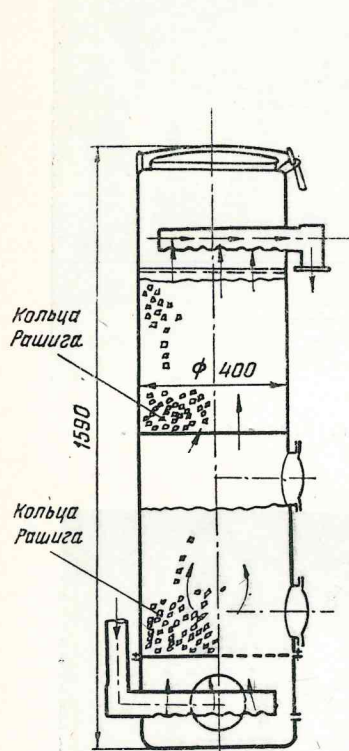
Фиг. 90. Расположение очистителя-охладителя.

Обычно один агрегат очиститель-охладитель не удовлетворяет требованиям полной очистки газа и его охлаждения. Поэтому весьма часто устанавливают по пути газа еще один очиститель (тонкая очистка), который одновременно является и вторым охладителем газа.

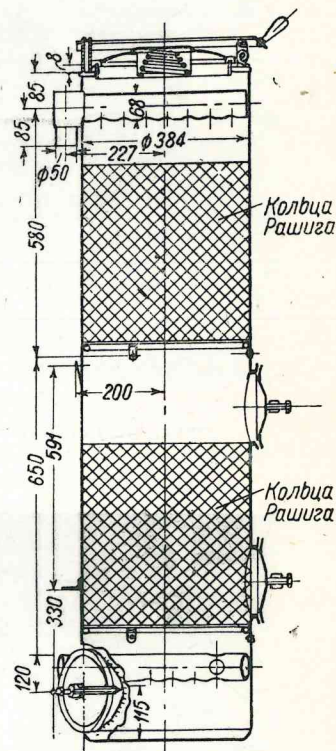
Поверхностный очиститель с кольцами Рашига

Наиболее распространенным способом очистки газа (тонкая очистка) является применение колец Рашига (металлические пустотелые втулки $h=10$ мм и $d=10$ мм). Кольца Рашига засыпаются чаще всего в два слоя в бункер очистителя цилиндрической формы (фиг. 91 и 92).

Проходящий газ омывает на своем пути большую поверхность колец Рашига (до 25 000 штук) и оставляет благодаря лабиринтовым ходам,



Фиг. 91. Тонкий газоочиститель с кольцами Рашига.

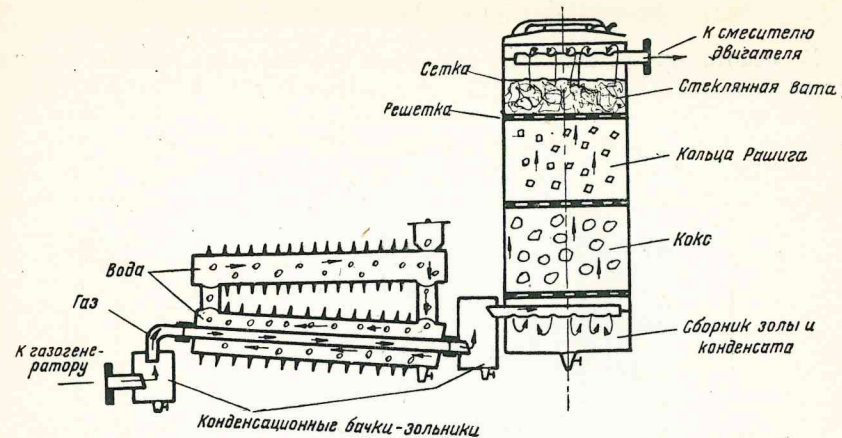


Фиг. 92. Тонкий газоочиститель с кольцами Рашига.

образуемым насыпью колец, частицы золы и смолы. Образующийся, в связи со вторым охлаждением, конденсат стекает против тока газа, смывая с поверхности колец Рашига золу и смолы, и собирается в нижней части очистителя. Вторая очистка улучшает газ, освобождая его от вредных примесей, а второе охлаждение способствует увеличению наполнения двигателя.

Большой объем системы очистителей и охладителей служит газохранилищем (газгольдером), играющим роль буфера при переменном режиме и запасного резервуара для газа при запуске двигателя после коротких остановок.

Такой тип очистителя нашел применение в советских газогенераторных установках НАТИ Г-14 и ЗИС-13.



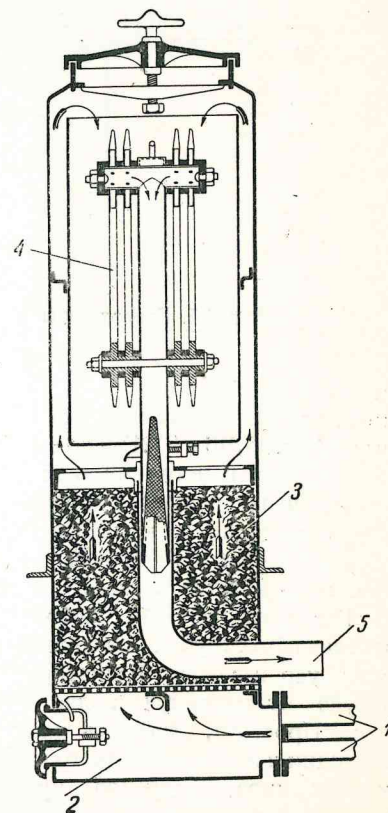
Фиг. 93. Схема охлаждения и очистки газа опытной установки МАДИ.

Целесообразно также использование для тонкой очистки газа слоя стеклянной ваты, помимо колец Рашига (последовательно за ними), хорошо очищающей газ не только от смол, но и от остатков влаги. Такой способ был применен инж. Н. Н. Фокиным в МАДИ НКВД (фиг. 93).

Комбинированный очиститель

Как видно из фиг. 94, газ, пройдя слой кокса (или кольца Рашига), поступает в верхнюю часть между стенками внешнего кожуха и направляющего внутреннего цилиндра. Далее газ отсасывается через рамки, обтянутые фланелью, в центральную трубу по направлению к двигателю. В центральной трубе имеется фильтр безопасности (тонкая металлическая сетка). Назначение этого фильтра — выключить подачу газа вследствие засорения его при повреждении или прогорании ткани матерчатого фильтра, что и укажет на неисправность в системе очистки.

Этот тип очистителя применен в газогенераторном автомобиле Панар-Левассор. Очиститель с матерчатым фильтром хорошо чистит газ, но ткань иногда повреждается при неаккуратном уходе, а иногда прогорает.

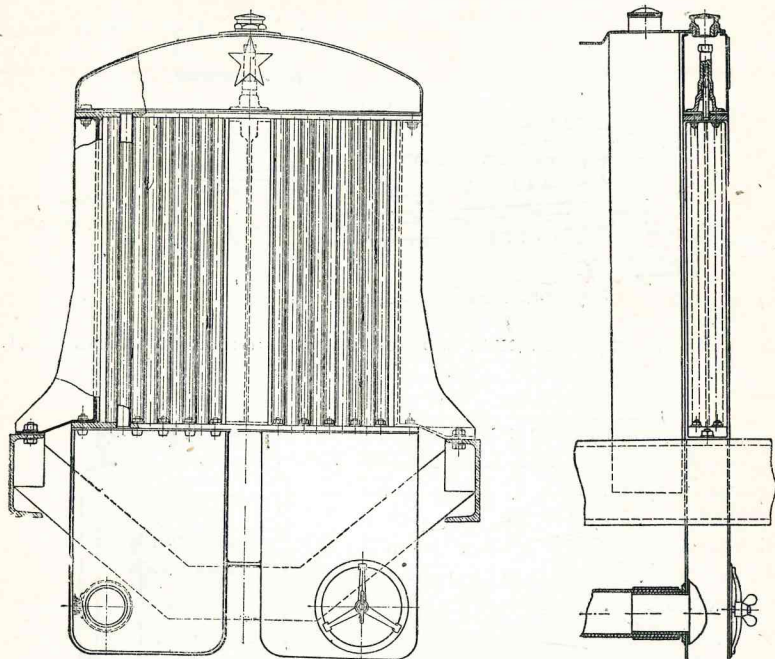


Фиг. 94. Комбинированный поверхностный очиститель Панар-Левассор:

1 — вход газа; 2 — приемник газа и резервуар для сбора грязи; 3 — слой кокса; 4 — фланельный фильтр; 5 — выход газа.

Радиаторный охладитель газа

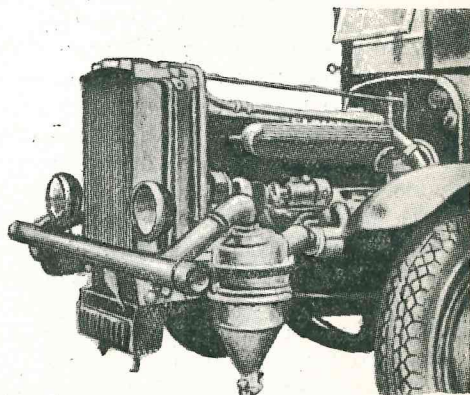
В некоторых установках, как указывалось, для охлаждения газа устанавливается специальный радиатор перед водяным радиатором двигателя.



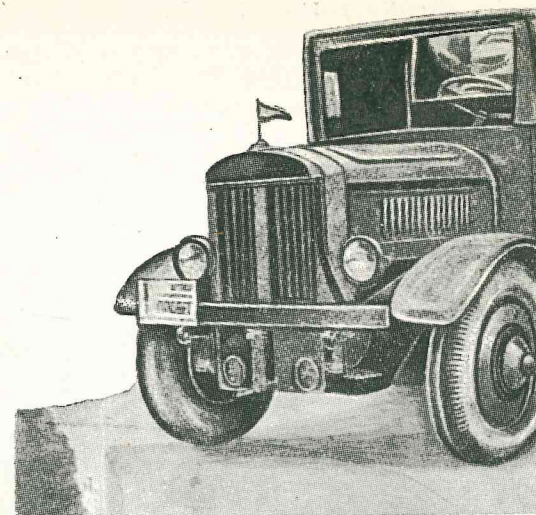
Фиг. 95. Газоохладитель установки конструкции Карпова

гателя. Такой радиатор и установка его на автомобиле показаны на фиг. 95, 96 и 97. Газ подводится снизу к нижнему резервуару, являющемуся одновременно и сборником конденсата, образующегося из водяных паров, находящихся в газе.

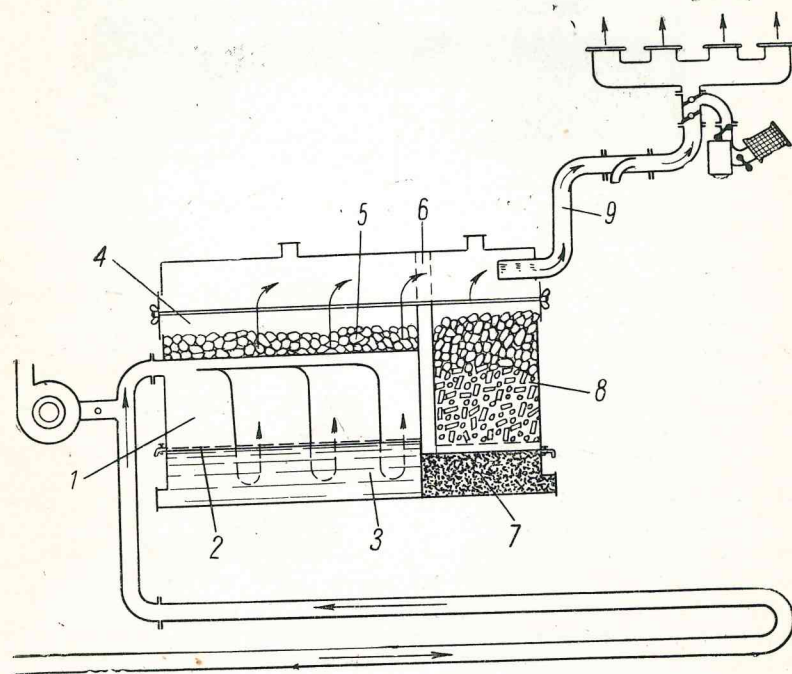
Газ поступает по набору вертикальных трубок в верхний резервуар газового радиатора, откуда отсасывается в двигатель. Простота, легкость конструкции и интенсивность охлаждения газа, особенно при больших скоростях автомашины, обещают такому типу охладителя большое распространение. Такие охладители установлены в конструкциях В. П. Карпова, НАТИ Г-13 и Гумбольд-Дейтц.



Фиг. 96. Установка газоохладителя перед радиатором двигателя.



Фиг. 97. Установка газоохладителя перед радиатором двигателя.

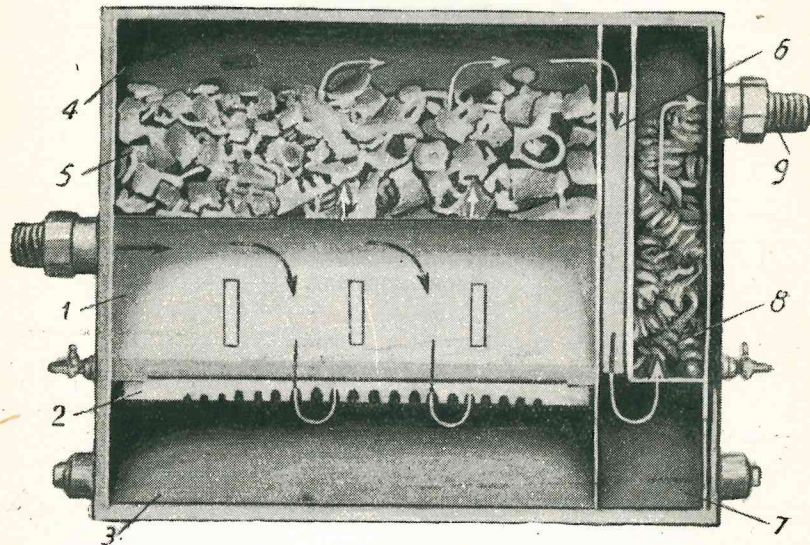


Фиг. 98. Очиститель „Виско-Автогаз“.

Жидкостный очиститель

К числу наиболее характерных жидкостных очистителей следует отнести конструкцию Виско-Автогаз.

На фиг. 98 и 99 изображены подобные очистители. Газ поступает в камеру 1, проходит через решетку 2 и воду 3, налитую под решеткой. Отсюда газ (пройдя через воду) выходит в камеру 4, в которой насыпан слой пробковой стружки 5. Пробив этот слой, газ течет по каналу 6 в камеру с налитым маслом 7. Отсюда газ проходит сквозь слой металлической стружки 8 и далее в трубу 9, идущую к смесителю.

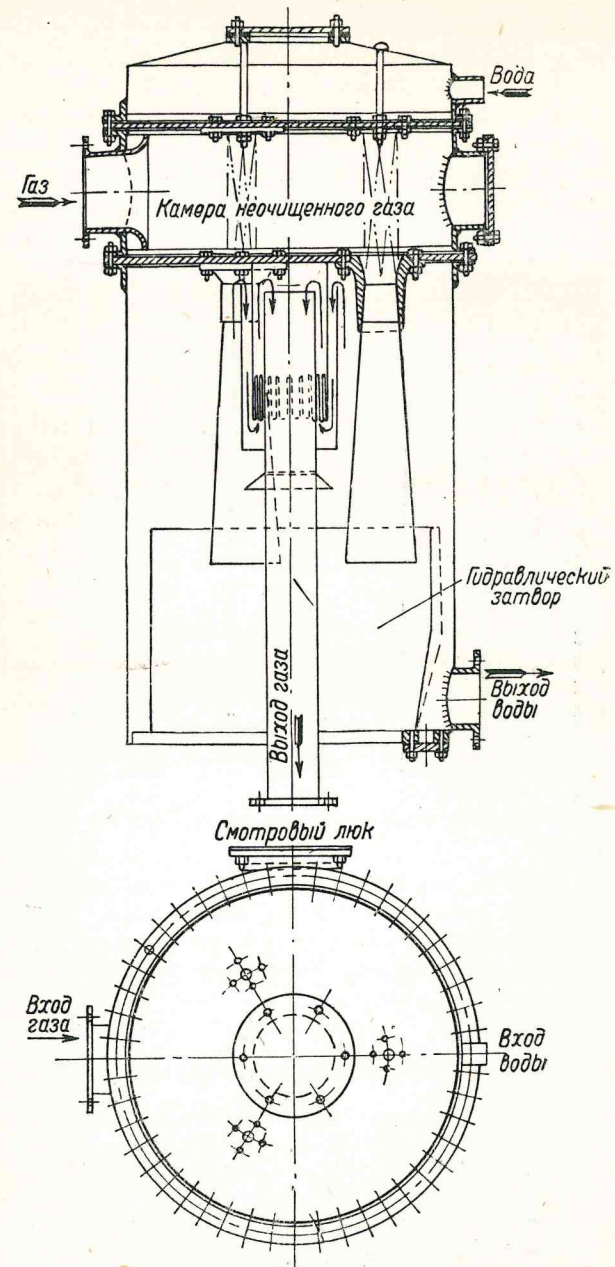


Фиг. 99. Очиститель „Виско-Автогаз“.

Необходимо указать, что такой тип очистителя, хотя и хорошо чистит газ, но является довольно сложным. Кроме того, часто забивается пробка, уносится в двигатель масло. Очиститель создает большое сопротивление на всасывании вследствие указанных недостатков; в советских установках он не нашел применения.

Жидкостный очиститель-охладитель МСВ-84

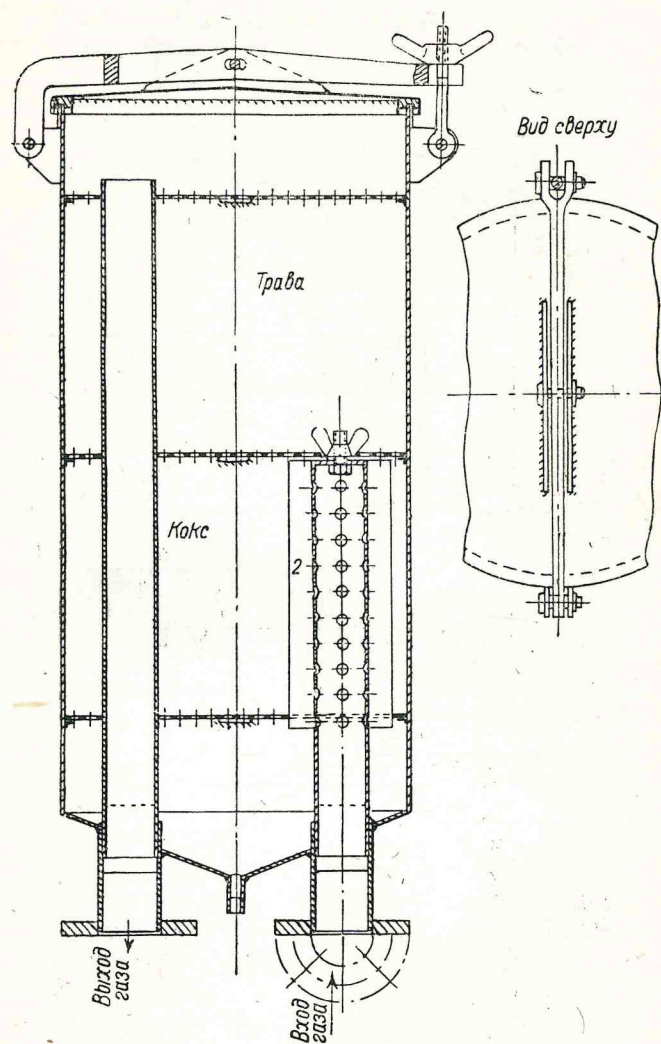
Характерным типом жидкостного очистителя-охладителя является конструкция для газохода МСВ-84 (фиг. 100). Как видно из схемы очистителя-охладителя, газ поступает во внутреннюю камеру (камера неочищенного газа). В днище этой камеры имеется три ряда отверстий, через которые из верхнего отсека очистителя-охладителя поступает вода под давлением до 2 атм, создаваемым нагнетательным насосом. Попадая в камеру неочищенного газа, вода увлекает с собой газ и поступает с большой скоростью в три больших диффузора. Диффузоры направляют поток смеси (газа и воды) в гидравлический затвор, уровень воды



Фиг. 100. Очиститель-охладитель установки МСВ-84.

в котором регулируется высотой цилиндрической внутренней стенки. Газ, освобожденный после промывки от золы и других примесей, поднимается вверх и отсасывается через центральную трубу к двигателю.

Для лучшей очистки газа в установке МСВ-84 имеется второй очиститель (фиг. 101) с двумя зонами. Нижняя часть наполнена коксом,



Фиг. 101. Очиститель установки МСВ-84.

а верхняя — травой (кенаф). Кроме очистки, второй очиститель освобождает газ от мельчайших частиц воды.

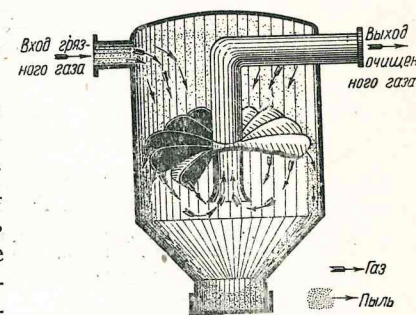
Вышеуказанный тип очистителя-охладителя дает хорошую очистку и охлаждение газа, но может быть применен только на газоходах ввиду широкой возможности использования проточной воды.

Необходимо указать на большое значение охлаждения газа непосредственно после выхода его из газогенератора, так как этим достигается так называемая „закалка“ газа, которая предупреждает возможность протекания обратных процессов (восстановления CO в CO_2).

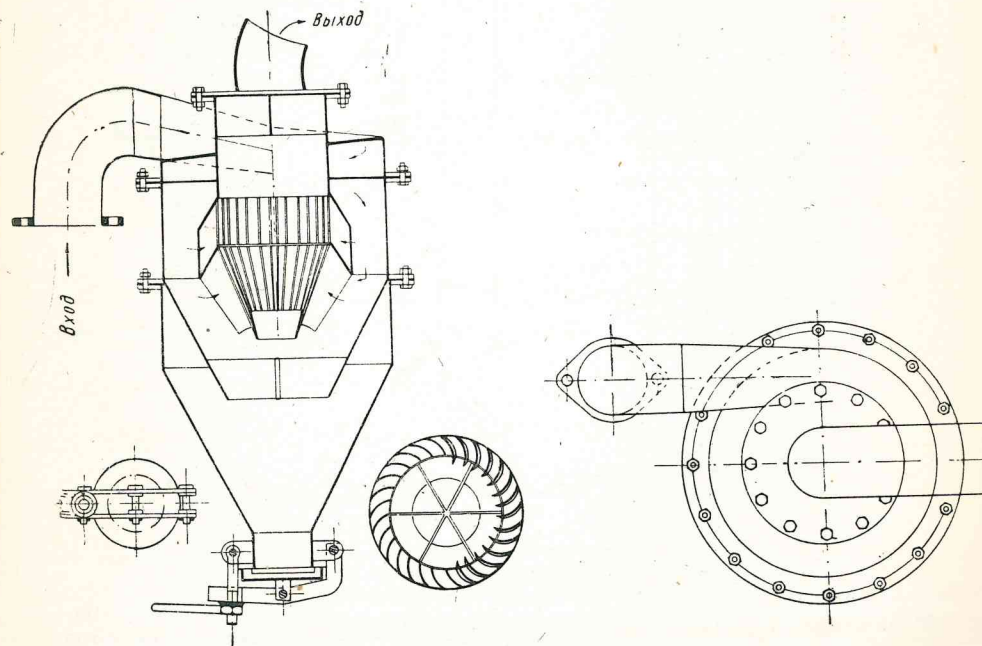
Циклонный очиститель (центробежный)

Как видно из фиг. 102, газ поступает в верхнюю часть циклона и, пройдя 1—2 оборота, засасывается в центральную часть. В последней расположены неподвижные лопатки. Газ, пройдя лопатки, оставляет взвешенные частицы золы, которые оседают на дно циклона.

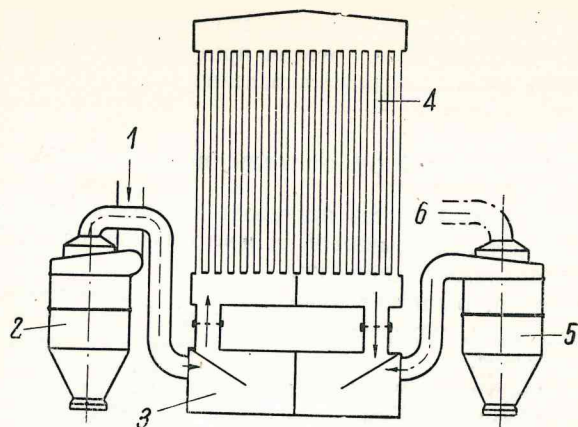
Принцип такого очистителя использован в установке Гумбольд-Дейтц (фиг. 103) и в советской конструкции НАТИ Г-13. На фиг. 104 показаны циклоны и охладитель установки Гумбольд-Дейтц. Кроме указанного типа, применяются циклоны с вращающимися лопатками. Лопатки могут приводиться в движение самим газом (фиг. 105) или специальным механическим приводом (фиг. 106).



Фиг. 102. Схема действия центробежного очистителя без вращающихся частей.

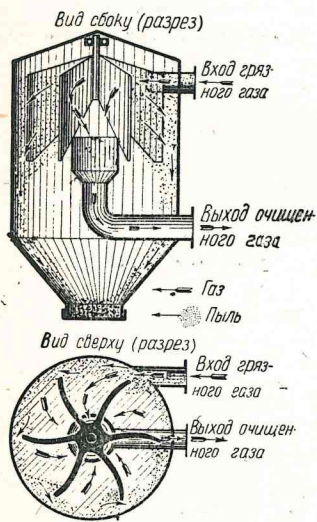


Фиг. 103. Газоочиститель-циклон установки Гумбольд-Дейтц.

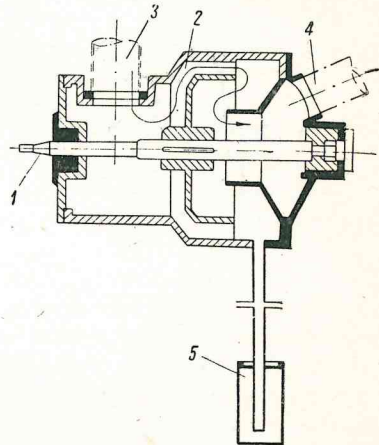


Фиг. 104. Включение циклона и газоочистителя установки Гумбольд-Дейтц:

1 — подвод газа от газогенератора; 2 — первый циклон; 3 — сборник конденсата и грязи; 4 — охладитель-радиатор; 5 — второй циклон; 6 — подвод газа к двигателю.



Фиг. 105. Схема действия центробежного очистителя с вращаемой самим газом крыльчаткой.



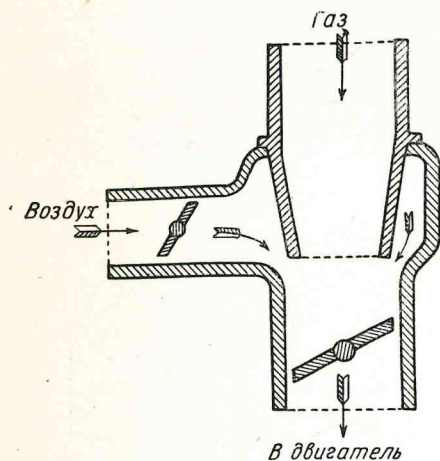
Фиг. 106. Центробежный очиститель с механическим приводом: 1 — валик привода; 2 — крыльчатка; 3 — вход газа (грязного); 4 — выход газа (очищенного); 5 — спуск воды и грязи.

Необходимо указать на циклон с вращающимися лопатками, который, хотя и более эффективен, но увеличивает потери при всасывании газовой смеси двигателем, ввиду повышенного сопротивления в циклоне. Итак, из рассмотрения различных примеров очистки газа можно установить, что в настоящее время применяются следующие типы очистителей:

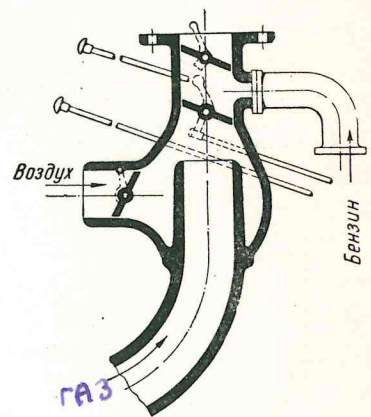
1. Поверхностные очистители (с увлажнением и без увлажнения поверхности).
2. Жидкостные очистители (промыватели).
3. Сухие фильтры.
4. Динамические очистители (инерционные центробежные).

Б. СМЕСИТЕЛИ ГАЗА С ВОЗДУХОМ

Автомобили и тракторы, работающие на легком жидком топливе, готовят горючую смесь при помощи карбюратора. Генераторные автомобили и тракторы работают на газообразном топливе, что вызывает необходимость иметь особое устройство для приготовления газозвушной рабочей смеси. Прибор, осуществляющий приготовление указанной смеси, называется смесителем. Назначение смесителя вытекает



Фиг. 107. Схема эжекционного смесителя.



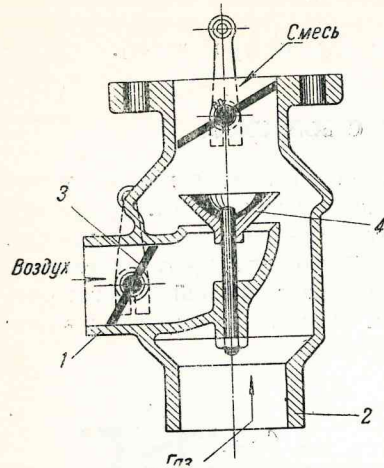
Фиг. 108. Смеситель установки НАТИ Г-14.

из его названия, т. е. он должен создать условия для хорошего полного смешивания подводимых к нему потоков генераторного газа и воздуха.

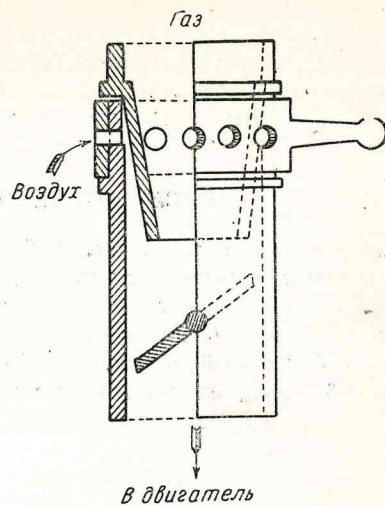
Известны следующие типы смесителей:

1. Эжекционные (фиг. 107, 108 и 109) — с параллельными потоками воздуха и газа.
2. Струйные (фиг. 110 и 111) — с пересекающимися потоками газа и воздуха.
3. Турбулентные (фиг. 112) — с завихрением потоков.
4. Эжекционно-турбулентные (фиг. 113) — комбинированные.
5. Смесители-карбюраторы (фиг. 114 и 115), т. е. приборы, совмещающие в одном агрегате смеситель и карбюраторное устройство.

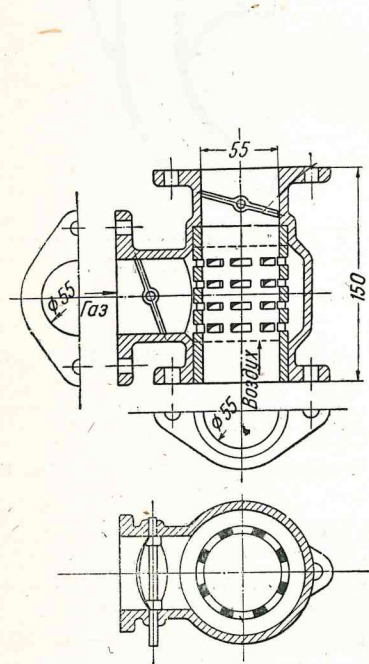
Смесители, как и карбюраторы, являются весьма важными элементами, так как от них зависит правильная качественная дозировка состава смеси (газ-воздух) и ее перемешивание, а также количественное регулирование питания рабочей смесью двигателя в соответствии с нагрузкой.



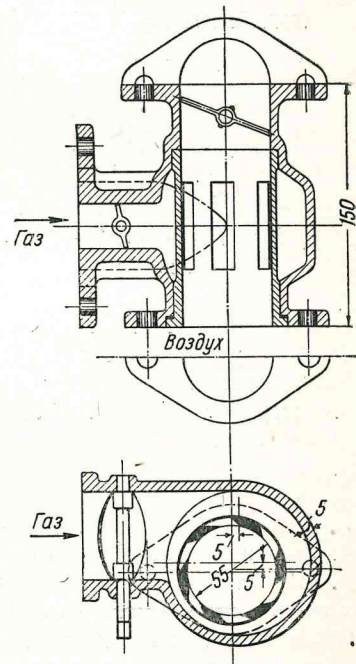
Фиг. 109. Смеситель ЗИС-13:
1 — воздушный патрубок; 2 — патрубок для входа газа; 3 — воздушный дроссель; 4 — гриб.



Фиг. 110. Схема струйного смесителя с параллельными потоками.

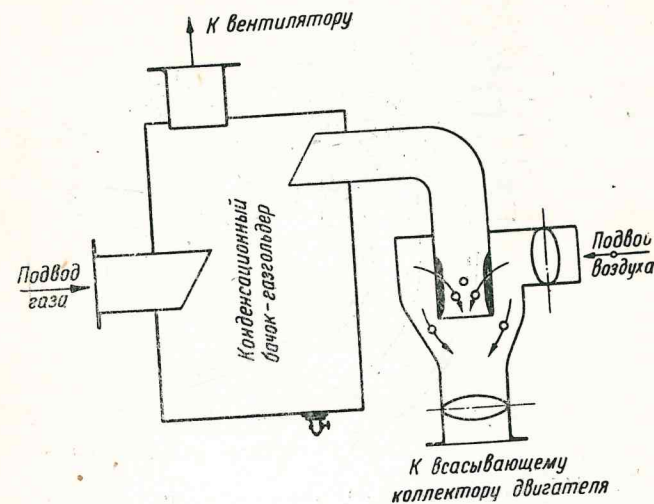


Фиг. 111. Многоструйный смеситель с пересекающимися потоками газа и воздуха.



Фиг. 112. Турбулентный смеситель.

В то же время смеситель должен быть прост, удобен и надежен в работе, обеспечивая при запуске и дальнейшей работе двигателя хорошую приемистость и легкое управление, не требующее значительного внимания водителя (не больше чем при управлении карбюратором).



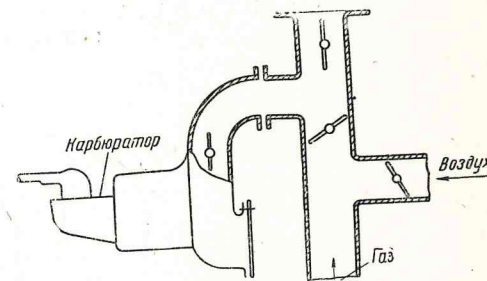
Фиг. 113. Схема опрокинутого смесителя МАДИ (эжекционно-турбулентного).

Регулировка смесителя должна быть точна и стабильна. Внутренние формы стенок смесителя должны создавать наименьшие сопротивления потокам газа, воздуха и рабочей смеси.

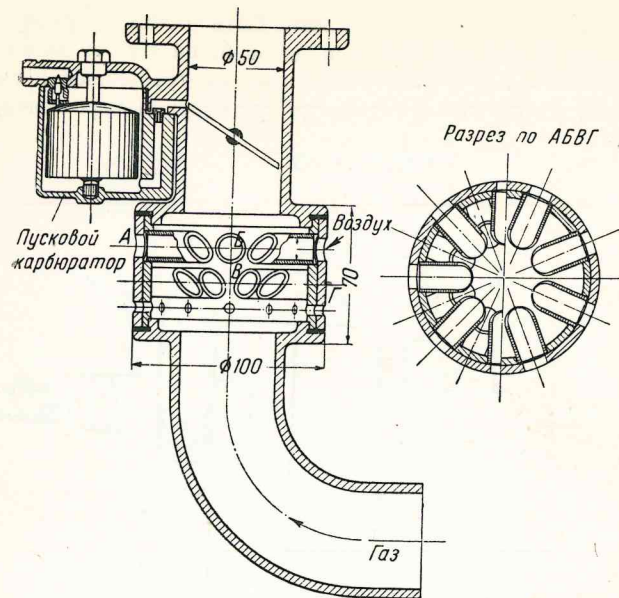
К сожалению, до сих пор нет материалов по глубокому изучению смесителей на специальных установках. Исследования же их в реальных условиях эксплуатации отличаются большими погрешностями вследствие неустойчивого режима работы газогенераторов. Последнее не позволяет дать надлежащую оценку при выборе лучшего типа смесителя.

В связи с тем, что смесители-карбюраторы требуют специального производства, а современные газогенераторные автомобили главным образом переделываются из бензиновых (стандартных), обычно приспособливают смеситель для работы параллельно с карбюратором (фиг. 114 и 116).

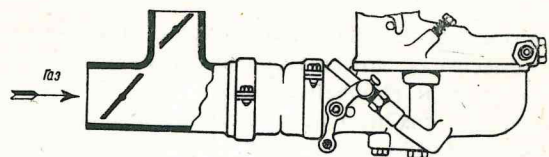
Крепление смесителя к всасывающему коллектору двигателя выполняется различно. При отсутствии карбюратора при розжиге газогенератора электровентилятором применяют подвесное крепление — смеситель на место карбюратора.



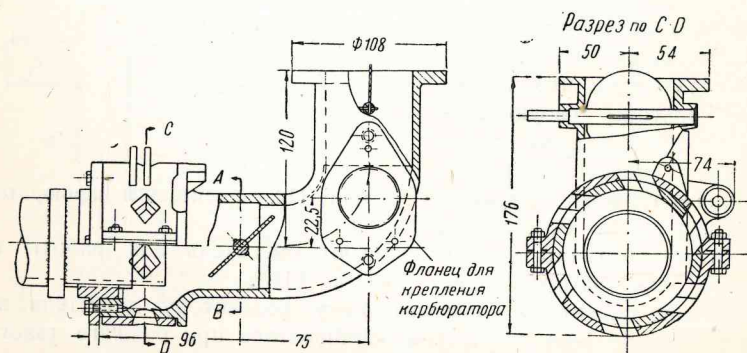
Фиг. 114. Смеситель и карбюратор.



Фиг. 115. Смеситель-карбюратор конструкции Карпова.

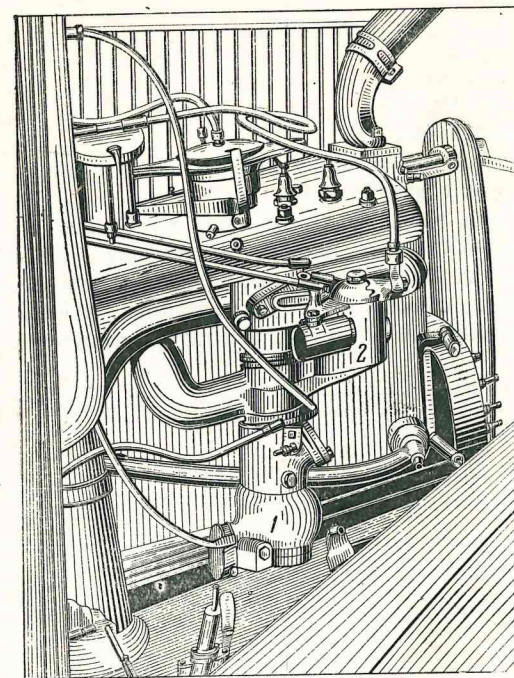


Фиг. 116. Схема подвода газа в двигатель через карбюратор.



Фиг. 117. Смеситель МСВ.

При наличии карбюратора смеситель устанавливают сверху всасывающего коллектора (опрокинутое положение). Горизонтальное крепление — это такое, когда смеситель крепится под углом 90° относительно карбюратора, и наклонное, когда смеситель расположен под любым углом относительно карбюратора (фиг. 117 и 118).



Фиг. 118. Монтаж смесителя и карбюратора Солекс на двигателе ГАЗ, приспособленных для работы на газе:
1 — смеситель; 2 — карбюратор.

В целях снижения температуры рабочей смеси всасывающий и выхлопной коллекторы обычно выполняют отдельно.

В последних конструкциях смесители снабжаются воздухоочистителями со стороны воздушного патрубка и конденсационными бачками со стороны газового патрубка, выполняющими также роль газовых аккумуляторов при резком дросселировании.

ГЛАВА V

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СРАВНЕНИИ С БЕНЗИНОВЫМИ

Причины падения мощности

Как известно, экономичность идеального цикла определяется значением термического к. п. д. — η_t :

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1},$$

где:

Q_1 — количество подводимого тепла в кал,

Q_2 — количество отводимого тепла в кал.

Но так как бензиновые и газовые двигатели работают по циклу Отто, то η_t можно выразить формулой:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}},$$

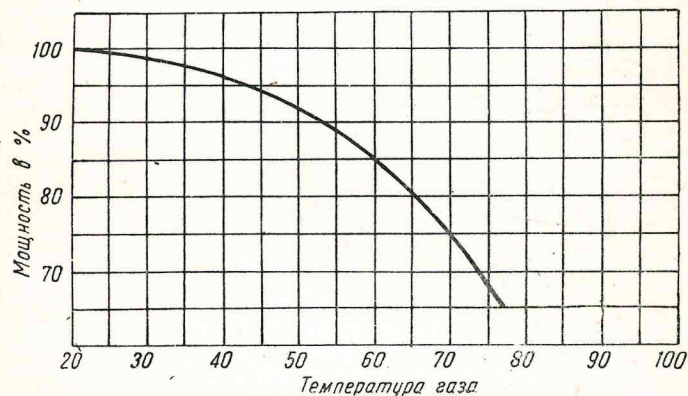
где:

ϵ — степень сжатия,

k — показатель адиабаты.

Как видно из последней формулы, значение η_t зависит от степени сжатия ϵ и показателя адиабаты k .

Теоретически чем выше ϵ , тем больше η_t . Однако необходимо указать, что практически имеет интерес увеличение ϵ до 10. Дальнейшее увеличение значения ϵ , с одной стороны, не дает заметного возрастания η_t , с другой стороны, способствует возрастанию работы трения, т. е. уменьшению механического к. п. д., а потому невыгодно.



Фиг. 119. Влияние температуры газа на мощность двигателя.

Кроме того, большое увеличение степени сжатия создает опасность детонации и требует принятия особых мер для обеспечения зажигания.

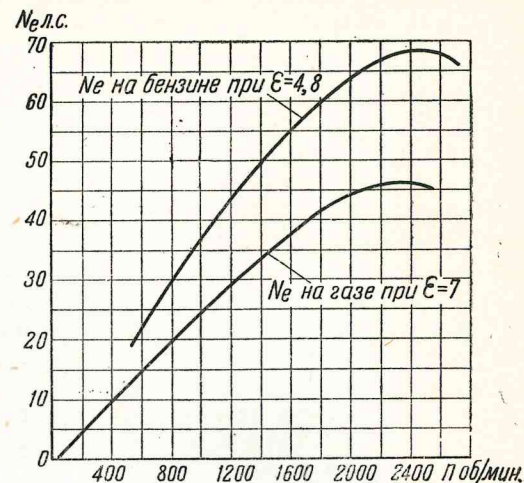
Но так как смесь генераторного газа с воздухом для обеспечения надежного и достаточно быстрого сгорания требует больших предварительных сжатий, то обычная степень сжатия, применяемая для бензиновых двигателей, оказывается недостаточной. Для двигателей, работающих на смесях генераторных газов с воздухом, обычно применяют степень сжатия, близкую к 8—9. Если же $\epsilon=4-5$, то двигатель работает с перебойми, смесь в цилиндрах плохо и медленно сгорает, следствием чего является падение мощности.

Кроме указанной причины, важнейшим обстоятельством, ведущим к большим потерям в мощности при переводе бензинового двигателя на генераторный газ, является сравнительно низкая теплотворная способность газозвушной смеси. Действительно, если теплотворная спо-

собность бензиновой смеси составляет около 780 кал/м^3 , то для газозвушной смеси она не превосходит 550 кал/м^3 . Последнее в связи с пониженными скоростями сгорания и при малых степенях сжатия приводит к потерям в мощности по сравнению с работой на бензине до 50—60%.

Коэффициент наполнения двигателя при работе на генераторном газе ниже, чем при работе на бензине, так как температура подводимой к двигателю газовой смеси всегда выше температуры бензиновой смеси, а сопротивление газогенераторной установки на всасывании выше. На фиг. 119 приведена кривая, характеризующая падение мощности в зависимости от температуры газа.

На фиг. 120 приводятся внешние характеристики двигателя ЗИС-5 при работе на бензине и на генераторном газе. Из приведенных кривых видно, что вместо 70 л. с. при работе на бензине при $n=2400$ об/мин. получено на газе лишь 46 л. с., несмотря на то, что ϵ в последнем случае было равно 7.



Фиг. 120. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5 при работе на бензине и генераторном газе.

Меры для компенсации падения мощности

С целью повышения мощности двигателя, переведенного с бензина на газообразное топливо, обычно применяют следующие меры:

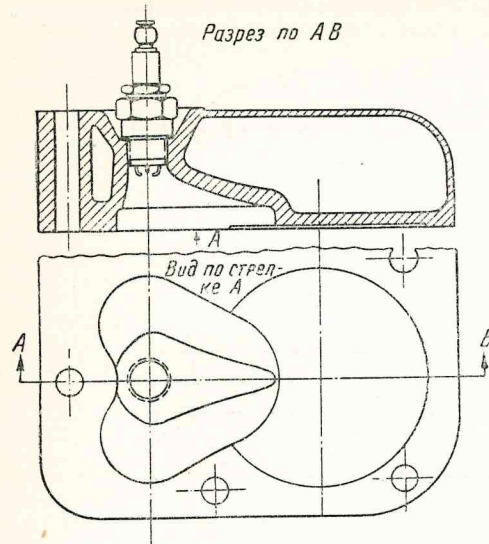
1. Увеличивают степень сжатия двигателя.
2. Увеличивают диаметр цилиндров двигателя путем расточки.
3. Увеличивают проходные сечения всасывающих клапанов и коллектора, а также изолируют коллектор от подогрева выхлопными газами.
4. Обогащают генераторный газ присадкой жидкого топлива (спирт, бензин).
5. Наддувают газовую смесь в двигатель.

Ввиду того, что генераторный газ менее склонен к детонации по сравнению с бензином и особенно керосином, увеличивают степень сжатия до 8—9, в зависимости от конструктивных параметров двигателя.

Эти меры, как показала практика, дают возможность повысить мощность двигателя до 25%, т. е. значительно уменьшить потери мощности при переводе с жидкого топлива на генераторный газ. Особенно это заметно для керосиновых двигателей, у которых, как известно, степень сжатия ниже, чем у бензиновых двигателей.

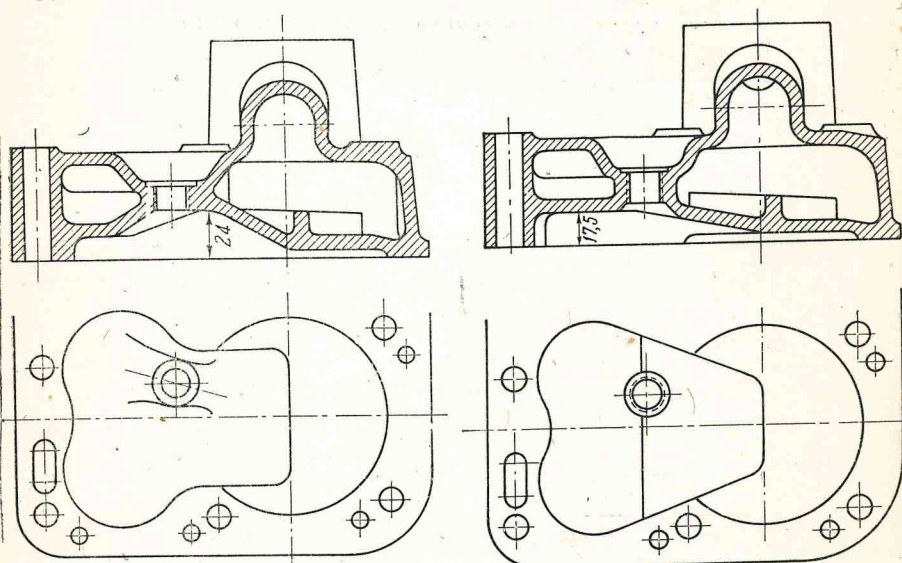
Наиболее рациональным способом для увеличения значения ϵ является переделка головки блока двигателя. Это можно сделать путем

снятия слоя металла с поверхности головки блока, соприкасающейся с блоком двигателя, или путем отливки новой головки. На фиг. 121, 122 и 123 приводятся типы головок, приспособленных для двигателей, переведенных на генераторный газ.



Фиг. 121. Головка газогенераторного двигателя.

Иногда для увеличения степени сжатия двигателя удлиняют там, где это возможно, головки поршней, что является наиболее простым способом. Увеличение диаметра цилиндров также повышает мощность двигателя, так как при этом несколько возрастает литраж. Но эта мера ограничивается толщиной стенок цилиндров и, кроме того, расточка снижает амортизационные сроки работы двигателя ввиду малого запаса металла для последующей расточки цилиндров при их капитальном ремонте.



Фиг. 122. Головка двигателя ЗИС-13 (степень сжатия 7).

Фиг. 123. Головка для газогенераторного двигателя ЗИС-5, спроектированная в НАТИ (степень сжатия 7,3).

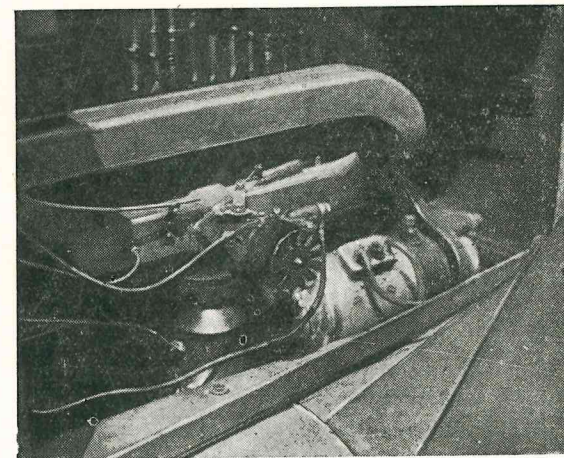
С целью приближения мощности газогенераторного двигателя к мощности, получаемой на бензине, применяют наддув смеси в процессе всасывания, что увеличивает значение среднего индикаторного давления, а следовательно и мощность двигателя.

Известно, что среднее индикаторное давление пропорционально весу поступающей в цилиндр смеси или удельному весу смеси.

Поэтому, обозначая: p_i — среднее индикаторное давление, G_n — вес смеси, поступившей в цилиндр, и γ — удельный вес смеси, напишем:

$$\frac{p_{i \text{ над}}}{p_i} = \frac{G_{n \text{ над}}}{G_n} = \frac{\gamma_{\text{над}}}{\gamma}$$

Величины с индексами „над“ соответствуют работе двигателя с наддувом. Величины без индексов относятся к работе без наддува.



Фиг. 124. Всасывающий и выхлопной коллекторы двигателя ЗИС-13.

Но удельные веса γ и $\gamma_{\text{над}}$ прямо пропорциональны давлению смеси p и обратно пропорциональны температуре T . Тогда

$$\frac{\gamma_{\text{над}}}{\gamma} = \frac{p_{\text{над}}}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_{\text{над}}} \quad (a)$$

Полагая сжатие воздуха в компрессоре по политропе с показателем n , получим соотношение:

$$\frac{T_0}{T_{\text{над}}} = \left(\frac{p_0}{p_{\text{над}}} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Подставляя это значение в уравнение (а), найдем:

$$\frac{\gamma_{\text{над}}}{\gamma_0} = \frac{p_{\text{над}}}{p_0} \left(\frac{p_0}{p_{\text{над}}} \right)^{\frac{n-1}{n}} = \frac{p_{\text{над}}}{p_0} \left(\frac{p_{\text{над}}}{p_0} \right)^{\frac{1-n}{n}} = \left(\frac{p_{\text{над}}}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}}$$

откуда:

$$\frac{p_i^{над}}{p_i} = \frac{\gamma_{над}}{\gamma_0} = \left(\frac{p_{над}}{p_0}\right)^{\frac{1}{n}}$$

При нагнетании давление при наполнении p_n больше давления выхлопа p_z , следовательно, в индикаторной диаграмме прибавится дополнительная площадь (фиг. 125). За счет этого среднее индикаторное давление возрастет на величину:

$$p_{над} = p_n - p_z$$

Как видно, наддув приводит к повышению индикаторной мощности двигателя. Однако вопрос о целесообразности этой меры решается в связи не только с затратой мощности на нагнетатель, но также с рядом конструктивных и эксплуатационных обстоятельств.

ГЛАВА VI

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Материалы по эксплуатации

Массовое производство в СССР газогенераторных установок на автомобилях, тракторах и других видах транспорта начато только в 1936 г., а до этого лишь проводились испытания отдельных конструкций.

В качестве исключения необходимо указать на производственную эксплуатацию в некоторых леспромхозах Наркомлеса 1935—1937 гг. нескольких десятков газогенераторных автомобилей ЗИС-5 конструкции Декаленкова. Но так как они не являются образцами современных установок, то, несмотря на имеющиеся некоторые материалы по их эксплуатации, их нельзя брать в основу при рассмотрении некоторых вопросов, связанных с эксплуатацией газогенераторных автомобилей.

Ряд экспериментальных пробегов газогенераторных машин проведен с целью выявления положительных и отрицательных качеств отдельных конструкций, в том числе и сравнение советских конструкций с иностранными газогенераторными автомобилями. Эти пробеги дали некоторые материалы, которые фактически являются основами эксплуатации газогенераторных автомобилей. Несомненно, эталонами для сравнения опыта эксплуатации газогенераторных автомобилей и тракторов должны являться средние данные по эксплуатации бензинового и керосинового парка автотракторного хозяйства (сравнение машин одного тоннажа и силы тяги). Задачей конструкторов и эксплуатационников транспортных газогенераторных установок должна быть повседневная работа по улучшению эксплуатационных показателей. Немедленное и широкое распространение полученного опыта и рационализаторских предложений в этой области

является важнейшим обстоятельством для освоения и распространения газогенераторных установок на различных видах транспорта СССР.

В качестве иллюстративного материала приводится ряд данных (табл. 22—27) по испытаниям газогенераторных машин в Загорске в 1936 г.

Таблица 22

Газогенераторные автомобили, проходившие испытания в автобазе Загорского леспромхоза

Конструкция	Марка автомобиля	Тоннаж	Газогенератор	Топливо
Советская	ГАЗ-АА	1,5	НАТИ 1-й вариант	Дрова-чурки
	ГАЗ-АА	1,5	" 2-й "	"
	ГАЗ-АА	1,5	" угольная	Древесный уголь
	ГАЗ-АА	1,5	Ленинградской лесотехнической академии	Щепа (дробленое дерево)
Иностранная	ЗИС-3	3	ЗИС	Дрова-чурки
	ЗИС-5	3	Д-10 (Декаленкова)	"
	Фаун-Дейтц	6	Гумбольд-Дейтц	"
	Греф-Штифт	4	Кромаг	"
	Прага	3	Витковиц	"
	Панар-Левассор	3	Панар	Древесный уголь
	Бюссинг	6	Виско	"

Таблица 23

Полезная нагрузка

Марка автомобиля	Тип газогенератора	Фактическая средняя нагрузка автомобиля за время испытания в т
Дрова-чурки		
ГАЗ-АА—1,5 т	НАТИ 1-й вариант	1,53
ГАЗ-АА—1,5 т	" 2-й "	1,58
ГАЗ-АА—1,5 т	ЛТА (щепная)	1,61
Фаун—6 т	Гумбольд-Дейтц	6,2
Греф-Штифт—4 т	Кромаг	4,0
Прага—3 т	Витковиц	2,54
ЗИС—3 т	ЗИС	3,0
ЗИС—5 т	Д-10 (Декаленкова)	2,75
Древесно-угольные		
Панар-Левассор—3 т	Панар	4,4
Бюссинг—6 т	Виско	4,7
ГАЗ-АА—1,5 т	НАТИ угольная	1,75

Таблица 24

Расход топлива

Марка автомобиля	Генератор	Расход топлива на 100 км пути в кг	Топливо
ГАЗ-АА	НАТИ 1-й вариант	47	Древесный уголь Дробл. дерево
ГАЗ-АА	" 2-й "	55	
ГАЗ-АА	" угольная	35,5	
ГАЗ-АА	ЛТА (щепная)	62	Древесный уголь То же
Фаун-Дейтц—6 т	Гумбольд-Дейтц	177	
Греф-Штифт—4 т	Кромаг	108	
Прага—3 т	Витковиц	46	Древесный уголь То же
ЗИС—3 т	ЗИС	81	
ЗИС-5—3 т	Д-10 (Декаленкова)	121	
Бюссинг—6 т	Виско	112	
Панар—3 т	Панар	54,5	

Таблица 25

Дальность действия газогенераторных автомобилей

Марка автомобиля и тип генератора	Емкость бункера в кг	Дальность действия в км
ГАЗ-АА НАТИ 1-й вариант	55	90
ГАЗ-АА НАТИ 2-й вариант	55	80
ГАЗ-АА ЛТА (щепная)	—	—
ГАЗ-АА НАТИ—угольная	35	80
ЗИС с установкой ЗИС	75	70
ЗИС-5 Д-10 (Декаленкова)	85	50
Фаун Гумбольд-Дейтц	105	45
Бюссинг Виско	150	110
Греф-Штифт Кромаг	70	50
Панар	30	45
Прага	80	80

На фиг. 126, 127, 128 и 129 приводятся сводные данные по некоторым эксплуатационным показателям. Испытание газогенераторных автомобилей производилось в тяжелых дорожных условиях (выбоины, подъемы, закругления пути), что снизило показатели по сравнению с показателями при эксплуатации на дорогах средней проходимости.

Как видно из приведенных таблиц (22—27) по техно-экономическим испытаниям газогенераторных автомобилей в г. Загорске, лучшими оказались конструкции НАТИ Г-14 (1-й вариант) и ЗИС-13 (газогенератор ЗИС на шасси ЗИС-8).

Таблица 26

Расход бензина на запуск двигателя

Марка автомобиля и тип генератора	Средний расход бензина на 1 км в г
Прага—3 т	24
Бюссинг—6 т	41
Панар—3 т	7
ГАЗ-АА, 1,5 т—НАТИ 2-й вариант	6
ГАЗ-АА, 1,5 т—НАТИ 1-й вариант	Бензином при запуске не пользуются
ГАЗ-АА ЛТА	То же
ЗИС с установкой ЗИС	"
Фаун—6 т	"
Греф-Штифт	Не учтен
ЗИС-5 Д—10	"
ГАЗ-АА НАТИ—угольная	"

Таблица 27

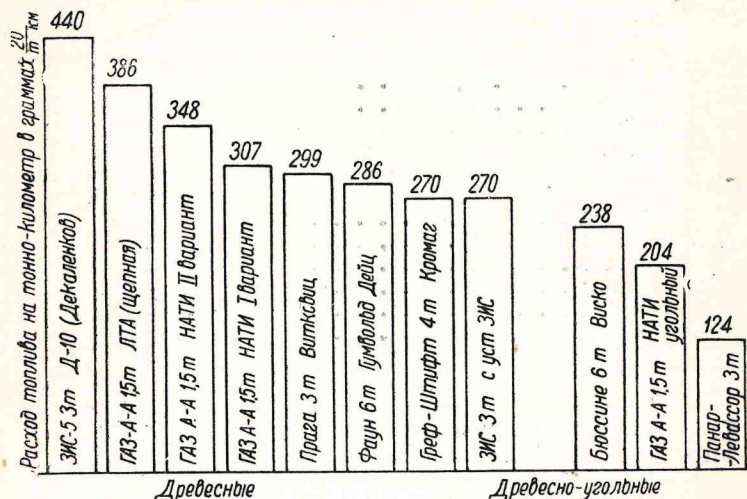
Расход масла и примерный срок его службы

Наименование машин и газогенераторных установок	Расход масла в л на 100 км пробега	Доливка свежего масла на 100 км	Примерный срок службы масла в км	Примечание
ГАЗ-АА НАТИ 1-й вариант	0,83	0,41	1 000	Фильтр новый с двойными мешками
ГАЗ-АА НАТИ 2-й вариант	0,93	0,46	1 000	
ГАЗ-АА НАТИ—угольная	—	—	500	
ГАЗ-АА ЛТА (щепная)	1,68	0,73	500	Учесть невозможно
ЗИС с газогенератором ЗИС	0,92	0,42	1 000	
ЗИС с газогенератором Д-10	6,8	6,2	—	
Фаун-Дейтц с газогенератором Гумбольд-Дейтц	—	—	—	Может быть увеличен до 200 км
Греф-Штифт Кромаг	4,94	1,24	750	
Прага с Витковиц	1,67	0,34	900	
Прага	1,06	0,4	900	
Панар-Левассор	1,61	0,66	1 000	
Бюссинг с Виско	2,3	0,3	900	

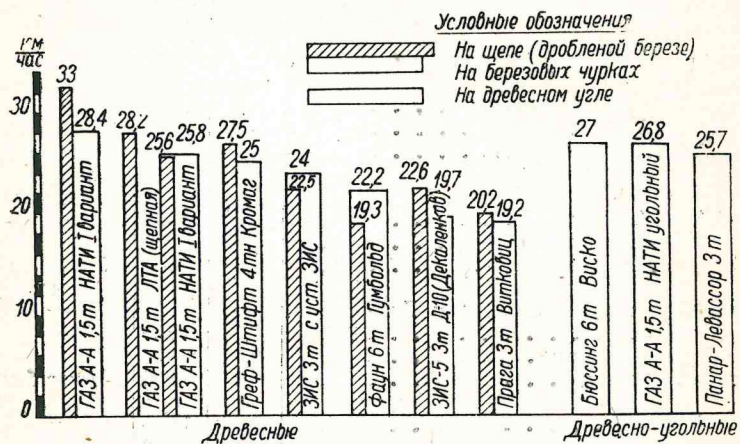
Следует указать, что эти советские конструкции по многим решающим показателям оказались лучше зарубежных газогенераторных автомобилей. Последнее дало право рекомендовать установки НАТИ Г-14 и ЗИС-13 к массовому производству в СССР после небольших изменений и улучшений некоторых их деталей.

Следует остановить внимание на материалах, полученных в результате эксплуатации газогенераторных автомобилей в производственных условиях.

Газогенераторные автомобили ЗИС-13 в количестве 7 шт. (эксплуатируемые Балабановской базой Мослеспрома) имели общий пробег за



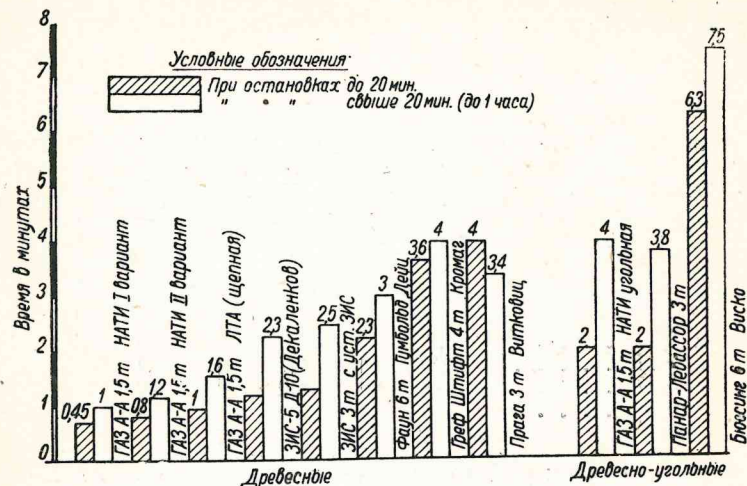
Фиг. 126. Удельный расход топлива на тонно-километр газогенераторных автомобилей [нагрузка (полезная) средняя фактическая, километраж суммарный с грузом и без груза].



Фиг. 127. Средние значения технических скоростей газогенераторных автомобилей при движении с грузом и без груза.

январь 1937 г. 29 758 км, или среднесуточный пробег до 170 км. При этом они израсходовали за это время топлива (дрова-чурки) 27 000 кг, или 0,9 кг на 1 км. Расход автола составлял до 1,6 кг на 100 км пробега, а бензина (запуск двигателя) до 0,25 кг на 100 км пробега.

Как видно, расход смазки не выше, чем у бензинового двигателя. Машины в основном работали на 4-й (прямой) передаче, редко на 3-й, а на низших — как исключение.



Фиг. 128. Запуск двигателя на остановках.

Максимальная скорость машин на прямой передаче доходила до 60 км/час при средней технической скорости до 30 км/час и средней коммерческой скорости до 22 км/час.

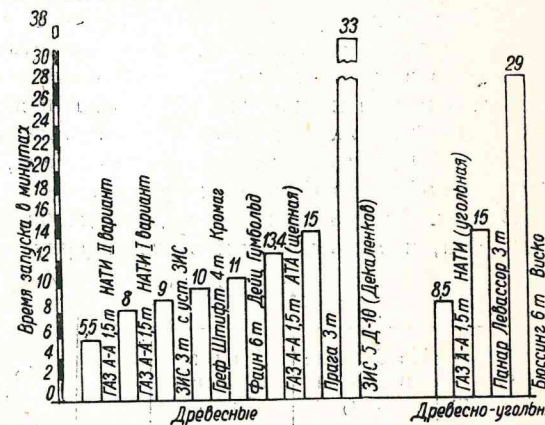
Необходимо указать, что машины часто работали с перегрузкой (вместо 3 до 4 т), и были случаи, когда машины с прицепом перевозили до 10 т груза.

Газогенераторные автомобили ЗИС-5 с установкой Декаленкова расходовали в городских условиях езды при пробеге 80 км около 50—60 кг дубовых чурок и 4—5 кг бензина.

Газогенераторная судовая установка (газоходы Московской катеростроительной верфи) при работе на дровах расходует их 1,1 кг на 1 л. с. ч.

Газогенераторная установка для грузовика Я-5 конструкции В. П. Карпова расходует 67—70 кг древесного угля на 100 км (испытания под Москвой в 1935 г.).

Приведенные материалы пробегов и производственной эксплуатации газогенераторных автомобилей указывают на полную возможность



Фиг. 129. Время запуска газогенераторных автомобилей, включая розжиг генератора.

использования местного топлива для транспорта, ввиду получения тяговых показателей, близких к бензиновым машинам. А это — одно из основных условий для использования газогенераторных установок.

Табл. 28 иллюстрирует потери полезной нагрузки машины от дополнительного веса газогенераторных установок.

Таблица 28

Тоннаж машины	Средний вес газогенераторной установки в кг и в % от грузоподъемности машин			
	Вес 100 кг	Вес существующих установок		Средний процент потерь полезной нагрузки
		200 кг	400 кг	
Грузовик 1,5 т	6,7	13,4	—	10
„ 3 т	3,3	6,7	13,4	8
„ 5 т	—	4,0	8,0	6
„ 10 т	—	—	4,0	4

Примечания: а) Для тракторов вес установки составляет до 8 кг на 1 л. с. двигателя. б) Для тракторов вес установки является часто положительным фактором (увеличение сцепного веса трактора).

Динамика газогенераторного автомобиля

Запасы мощности, имеющиеся в стандартных автомобилях и тракторах, при работе на жидком топливе являются в известной степени резервом, компенсирующим потерю мощности газогенераторными автомобилями при одинаковых литражах двигателей. Эти запасы мощности способствуют сохранению эксплуатационных показателей, примерно, на одном уровне с бензиновыми и керосиновыми машинами.

В некоторых случаях газогенераторные машины вынуждены в силу меньшего запаса мощности работать на низшей передаче и брать меньшие подъемы по сравнению с бензиновыми машинами.

Табл. 29 дает сравнение углов подъемов, преодолеваемых автомобилем при работе на бензине и на газе.

В табл. 30 приведен перевод процентов, выражающих подъем, в градусы угла, и здесь же даны значения синусов этих углов.

Таблица 29

Передачи в коробке	На бензине подъемы в %	На газе подъемы в %
4	до 6	до 4
3	„ 9	„ 7
2	„ 15	„ 12
1	свыше 15	свыше 12

Таблица 30

Перевод градусов в %		
Проценты	Градусы	sin α
3	1°43'	0,030
4	2°18'	0,040
6	3°26'	0,060
8	4°35'	0,080
10	5°43'	0,100
12	6°51'	0,119
15	8°32'	0,148

Рассмотрим баланс мощностей при движении автомобиля:

$$N_{эф} = N_r + N_f + N_w + N_h + N_j \text{ л. с.},$$

где:

- $N_{эф}$ — эффективная мощность двигателя;
- N_r — мощность, затрачиваемая на потери в трансмиссии;
- N_f — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления качению автомобиля;
- N_w — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;
- N_h — мощность, расходуемая при преодолении подъема;
- N_j — мощность, затрачиваемая на разгон автомобиля.

Так как газогенераторная установка увеличивает мертвый вес автомобиля, то значение N_f для газогенераторного автомобиля увеличивается. Эта мощность может быть разделена на две части:

$$N_{f_1} = \frac{f \cdot G_1 \cdot v}{270},$$

$$N_{f_2} = \frac{f \cdot G_2 \cdot v}{270},$$

где:

- N_{f_1} — мощность, затрачиваемая на сопротивление качения передних колес;
- N_{f_2} — то же для задних колес;
- G_1 и G_2 — вес автомобиля в кг, приходящийся на передние и задние колеса;
- v — скорость автомобиля в км/час;
- f — коэффициент трения покрышек о дорогу.

Из приведенных формул можно сделать вывод, что для уменьшения затраты мощности двигателя на преодоление сопротивления качению необходимо стремиться к облегчению веса газогенераторной установки и рациональному размещению дополнительной нагрузки на передние и задние колеса автомобиля.

Необходимо указать также, что:

Значение коэффициентов трения качения покрышек

Дорога	Покрывка баллон
Асфальт	0,014
Бульжник	0,018—0,023
Клинкер	0,017
Гравийное шоссе	0,022—0,028
Грунтовая дорога	0,020—0,030
Снеговая дорога	0,025—0,035

$$N_w = \frac{K \cdot F \cdot v^3}{3500},$$

где:

- N_w — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;
- K — коэффициент сопротивления воздуха;
- F — лобовая площадь автомобиля в м²;
- v — скорость автомобиля в км/час.

Типы автомобилей	K —коэффициент сопротивления воздуха
Грузовые	0,060—0,075
Легковые	0,050—0,070

Как видно из формулы, потеря мощности растет по мере увеличения лобовой площади и скорости автомобиля. В связи с этим важно разместить газогенераторную установку так, чтобы не увеличивать лобовой площади автомобиля или свести к минимуму неизбежное ее увеличение.

Для быстроходных же газогенераторных автомобилей неизбежные дополнительные выступы деталей установки необходимо сделать „обтекаемыми“.

Остальные величины, входящие в состав баланса мощности при движении автомобиля, могут быть выражены так:

$$N_r = (1 - \eta_m) N_{эф},$$

где:

- N_r — мощность, затрачиваемая на трение в трансмиссии;
- η_m — механический к. п. д. трансмиссии;
- $N_{эф}$ — эффективная мощность двигателя.
- N_h — мощность, затрачиваемая на преодоление подъема:

$$N_h = \frac{Gv \sin \alpha}{270},$$

где:

- G — вес автомобиля в кг;
- v — скорость автомобиля в м/сек;
- α — угол подъема в градусах.

N_j — мощность на разгон автомобиля:

$$N_j = \frac{\varphi \cdot G j v}{2650},$$

где: φ — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс автомобиля на разгон ($\varphi = 1,00 + 0,06 \cdot i_k^2$ и i_k — передаточное число коробки скоростей); j — ускорение автомобиля в м/сек², равно:

$$j = \frac{2650 \cdot N_u}{\varphi G v},$$

где N_u — запас мощности автомобиля.

Связь между подъемом и ускорением выражается формулой:

$$\sin \alpha = \frac{\varphi}{g} \cdot j,$$

где $g = 9,81$ м/сек².

Подъемы, преодолеваемые автомобилем (без разгона):

$$\sin \alpha = \frac{270 \cdot N_u}{G v}.$$

Как видно из приведенных формул, расчеты для газогенераторного автомобиля будут зависеть как от запаса мощности автомобиля, так и его веса.

Значения тягового усилия p_d на колесах автомобиля являются решающими для эксплуатации. Так как p_d определяется крутящим моментом двигателя — $M_{кр}$, то рассмотрим формулу:

$$p_d = \frac{M_{кр} \cdot \eta_m \cdot i_0 \cdot i_k}{R},$$

где:

- p_d — тяговое усилие на колесах в кг;
- $M_{кр}$ — крутящий момент двигателя в кгм;
- η_m — механический к. п. д. трансмиссии;
- i_0 — передаточное число в дифференциале;
- i_k — передаточное число в коробке скоростей;
- R — радиус колеса в м.

Отсюда видно, что для получения тягового усилия p_d , близкого к показателю бензиновой машины, необходимо увеличить передаточное число в дифференциале — i_0 , так как значение $M_{кр}$ для двигателя, переведенного на генераторный газ, уменьшается.

Динамический фактор, представляющий собой тяговой запас на 1 кг веса автомобиля, может быть вычислен по следующей формуле:

$$D = \frac{p_d - p_w}{G} \cdot 100,$$

где:

- D — динамический фактор в процентах;
- p_d — тяговое усилие на колесах в кг;
- p_w — усилие на преодоление сопротивления воздуха при движении автомобиля в кг; $p_w = \frac{k \cdot F \cdot v^2}{13}$;

G — вес автомобиля в кг.

Запас динамического фактора D может быть использован на разгон автомобиля с ускорением:

$$j = \frac{D \cdot g}{100}.$$

Время пробега автомобиля найдем из формулы:

$$t_{час} = \frac{L км}{v км/час}.$$

Средние тяговые нормы для автомобилей

Типы автомобилей	Максимальная скорость на дороге при $f = 0,02$ в км/час	Максимальный динамический фактор в %	
		на прямой передаче	на первой передаче
Легковые на 4—5 мест	70—85	8—10	20—30
Грузовики 1,5 т	55	7	25
„ 3—5 т	45—50	6	30

Для подсчета необходимой мощности двигателя можно воспользоваться формулой:

$$N'_{эф} = \frac{k \left(\frac{G \cdot f \cdot v_a}{27} + \frac{K \cdot F \cdot v_a^3}{3500} \right)}{\eta_m} \text{ л. с.,}$$

где:

- $N'_{эф}$ — необходимая мощность двигателя в л. с.;
- k — коэффициент запаса мощности;
- G — вес автомобиля в кг;
- f — коэффициент сопротивления качению;
- v — максимальная скорость автомобиля в км/час;
- K — коэффициент сопротивления воздуха;
- F — лобовая площадь автомобиля в м²;
- η_m — механический к. п. д. трансмиссии.

Необходимые данные для подсчета по этой формуле приведены по нескольким автомобилям в табл. 31.

Таблица 31

Типы автомобилей	k	G_0 кг	f	v_a км/час	K	F м ²	η_m
ГАЗ - А (легковой)	1,10	1500	0,022	60	0,060	2,3	0,85
ГАЗ-АА 1,5 т	1,15	3300	0,022	50	0,065	2,9	0,82
ЗИС-5 2,5 т	1,15	6200	0,022	45	0,070	3,8	0,75
ЯГ-4 5 т	1,15	9700	0,022	40	0,070	5,8	0,75

Используя эти данные путем подстановки их в формулу для определения необходимой мощности и произведя подсчеты, сведем их результаты в табл. 32.

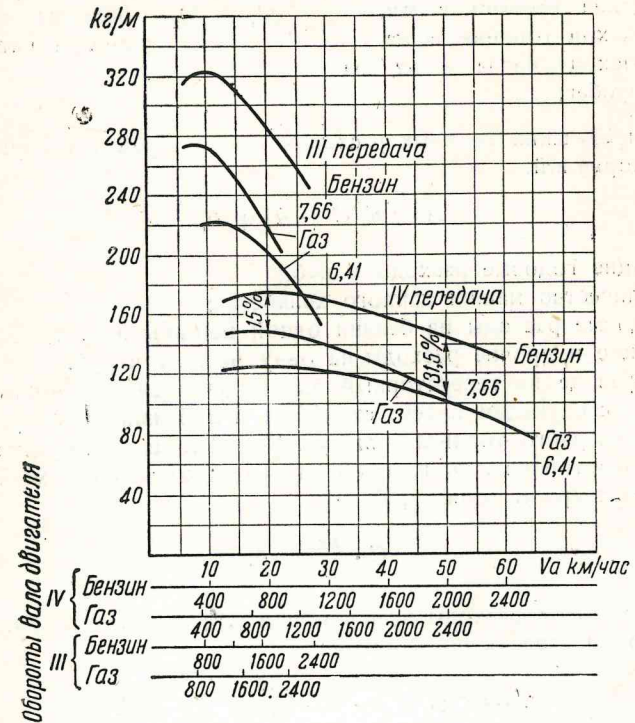
В этой же таблице для сравнения приведены действительные максимальные мощности при работе автомобиля на бензине и запас мощности в процентах.

Таблица 32

Типы автомобилей	Необходимые мощности при числе оборотов		Действительные мощности при числе оборотов		$N'_{эф} - N_{эф}$ $N'_{эф}$ в %
	$N'_{эф}$ л. с.	n об/мин.	$N_{эф}$ л. с.	n об/мин.	
ГАЗ-А (легковой)	20,5	1770	40	2200	48,7
ГАЗ-АА 1,5 т	28,3	2240	40	2200	29,0
ЗИС-5 3 т	45,5	1700	72	2300	36,8
ЯГ-4—5 т	59,8	2200	72	2300	16,0

Так как двигатели газогенераторных автомобилей обычно имеют потери в 25—30% против бензиновых, то вполне очевидно, что запасы их мощности будут очень невелики.

На фиг. 130 приводится пример диаграммы крутящих моментов на ведущих колесах при работе на бензине и на газе.



Фиг. 130. Диаграмма крутящих моментов на ведущих колесах в зависимости от передаточного отношения главной передачи на бензине и на газе.

Экономика газогенераторного автомобиля

Для освещения вопроса эксплуатации газогенераторных автомобилей с точки зрения экономики рассмотрим некоторые зависимости, а также фактически полученные данные.

Расход топлива на 1 т-км получим по формуле:

$$g \text{ кг/т-км} = \frac{10 \cdot Q \text{ кг} \cdot 100 \text{ км}}{G_a}$$

где:

- G_a — полезный груз автомобиля в кг,
- Q — количество топлива в кг.

$$k = \frac{GL}{Q_1 + 2Q_2}$$

или

$$k = \frac{\Sigma GL}{Q_1 + 5Q_2}$$

(автопробег 1925 г.)

(автодизельный пробег 1932 г.)

где: G — полный вес автомобиля в m ,

L — длина пробега в $км$,

Q_1 — расход топлива в $кг$,

Q_2 — расход масла в $кг$ за пробег.

где: ΣGL — общий тонно-километраж за пробег,

Q_1 и Q_2 — расходы топлива и смазки в $кг$ за пробег.

Для определения годовых расходов воспользуемся следующей простейшей формулой:

$$A = K(C + D) \text{ руб.},$$

где:

A — общие годовые расходы в руб.;

K — количество машин данного хозяйства;

C — годовые расходы на бензин одной машины в руб.;

D — общие и прочие расходы на одну машину в руб.

При переводе на генераторный газ подсчитаем стоимость расходов на топливо следующим путем: стоимость 1 л бензина — b руб., а стоимость 1 кг твердого топлива — m руб. Если 1 л бензина будет заменяться p кг твердого топлива, то годовой расход по одному автомобилю, работающему на твердом топливе, будет:

$$C \cdot \frac{pm}{b} \text{ руб.}$$

Общие годовые расходы эксплуатации (A') всех газогенераторных машин можно определить по формуле:

$$A' = k(1 + l) \cdot \left(C \cdot \frac{pm}{b} + D \right) \text{ руб.},$$

где:

$k(1 + l)$ — необходимое количество газогенераторных машин для равноценной перевозочной способности, обеспеченной бензиновыми машинами;

l — процент уменьшения перевозочной способности одной машины, переведенной на твердое топливо.

К значению A' необходимо особо прибавить стоимость газогенераторной установки и ее монтажа (a) из расчета 1 года (разбивка стоимости газогенераторной установки и ее ремонта по годам амортизационного срока).

Сравнение ($A' + a$) и A покажет экономию от перевода автопарка с жидкого на твердое (местное) топливо.

Весьма важно указать, что расходы на местное твердое топливо зависят от рационально организованной его заготовки, особенно для дров-чурок. При кустарной сушке и заготовке чурок (ручной труд) эффект от экономии будет незначителен, но сама замена жидкого топлива уже является положительным фактором, расширяющим использование топливных ресурсов страны.

Эксплуатация большого парка газогенераторных машин безусловно выгоднее, так как при механизации заготовки топлива оно будет стоить дешевле, особенно при наличии баз для производства и продажи топлива через систему топливных пунктов. Но это обстоятельство не исключает возможности в крупных хозяйствах иметь свои рационально организованные топливозаготовительные базы.

Примерные эксплуатационные расходы по газогенераторным автомобилям приведены в следующей таблице:

Род топлива	Бензин		Дрова-чурки		Древесный уголь	
	коп.	%	коп.	%	коп.	%
Автомобиль ГАЗ-АА на 1 км пути						
Постоянные расходы	33,3	35,8	33,3	41,6	33,3	40,9
Топливо	17,0	18,3	1,8	2,3	3,2	3,9
Масло	0,5	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9
Резина	6,5	7,0	6,5	8,1	6,5	8,0
Ремонт	31,5	33,9	32,5	40,6	32,5	39,9
Амортизация	4,2	4,5	5,2	6,5	5,2	6,4
Всего	93,0	100,0	80,0	100,0	81,4	100,0
Автомобиль ЗИС-5 на 1 км пути						
Постоянные расходы	40,0	32,2	40,0	39,3	40,0	38,3
Топливо	28,5	23,0	3,0	3,0	5,6	5,4
Масло	0,8	0,6	1,2	1,2	1,2	1,2
Резина	10,0	8,1	10,0	10,0	10,0	9,6
Ремонт	36,7	29,6	38,1	37,1	38,1	36,5
Амортизация	8,0	6,5	9,4	9,4	9,4	9,0
Всего	124,0	100,0	101,7	100,0	104,3	100,0

По данным Балабановской автобазы Мосместпрома при стоимости заготовленных древесных чурок в 5 коп. за 1 кг экономия в расходе на топливо при сравнении дроз-чурок с бензином получается шестикратная.

Примерно одинаковые данные об экономии в расходах на топливо имеются и по Загорскому леспромухозу, эксплуатирующему газогенераторные автомобили ЗИС-5 с установками Декаленкова.

Дальнейшее улучшение конструкций газогенераторных установок и механизация топливоснабжения обещают дать большую экономию, примерно, до десятикратных размеров.

Необходимо иметь в виду, что себестоимость перевозок на автомобилях, хотя и зависит от стоимости и расхода топлива, но суммарное значение всех расходов по эксплуатации автопарка связана и с другими показателями.

Эксплуатация газогенераторных автомобилей и тракторов безусловно зависит в основном от тех же условий, как и для машин, работающих

на жидком топливе. Отдельные специфические стороны указаны выше для нового типа транспорта. Однако пока еще малый производственный опыт и несовершенство организации работы при использовании газогенераторных машин, к сожалению, не дали достаточных материалов, исчерпывающих удовлетворяющих запросы эксплуатационников. Необходима большая и непрерывная работа по изучению и обобщению опыта, который должен быть использован в первую очередь конструкторами газогенераторных автомобилей и тракторов.

Общие эксплуатационные данные советских газогенераторных автомобилей приведены в табл. 33.

Таблица 33

Топливо	Марки	Тоннаж	Вес установки (в кг)	Радиус действия (в км)	Средняя техническая скорость (км/час)	Расход топлива кг/100 км	Время пуска в мин.
Древесные чурки	ГАЗ-А	—	150—200	150	45—42	30—35	1—5
	ГАЗ-АА	1,5	250—300	90—80	28—35	50—60	1—8
	ЗИС-5	3	400—500	50—70	19—23	100—90	2—10
Древесный уголь	ГАЗ-А	—	150	80—100	40—45	27—30	1—5
	ГАЗ-АА	1,5	250—300	80—120	25—35	40—35	2—9
	ЗИС-5	3	400—500	до 100	20	60—70	5—10
	Я-3	5	500—600	до 100	26—24	100—150	5—10

Уход и обслуживание газогенераторной установки на автомобиле

Уход за материальной частью и гаражное обслуживание газогенераторного автомобиля отличаются от бензиновых машин только в области газогенераторной установки, так как остальные агрегаты автомобиля, как правило, остаются стандартными.

Заправку и пуск газогенераторного автомобиля необходимо проводить только после тщательного осмотра всей установки, обращая особенное внимание на герметичность всех люков и плотность газопроводных соединений. Малейшие подсосы воздуха через люки в образовавшиеся щели (прогары как последствие аварии и т. п.) выведут автомобиль из эксплуатации.

Необходимо своевременно очищать зольник топливника от золы и конденсационные бачки от конденсата, а также периодически очищать очистители-охладители от пыли и сажи, регулярно удаляя смолу (график ухода за агрегатами газогенераторной установки требует строгого соблюдения и устанавливается на основании практики).

В результате плохой очистки газа смесители нередко загрязняются, и поэтому их необходимо чаще осматривать.

Топливо должно загружаться проверенного качества и установленных размеров. Особенно необходимо обращать внимание на влажность дров и древесного угля, так как известно, что повышенный процент влажности топлива уменьшает мощность двигателя.

После тщательного осмотра и очистки установки в газогенератор опрокинутого процесса загружается через верхний люк и загрузочные лючки древесный уголь для образования восстановительной зоны. Слой древесного угля в топливнике должен быть на 2—3 см выше уровня фурм для обеспечения быстрого запуска газогенератора. Дрова-чурки загружаются до полного объема, во время загрузки шуруются для уплотнения и ликвидации сводов.

После герметического закрытия всех люков производят розжиг газогенератора при помощи специального факела или от электрозапала.

Розжигу предшествует запуск электровентилятора или двигателя на бензине, чтобы создать тягу в газогенераторе, необходимую для процесса горения и газификации топлива.

Первые порции полученного газа направляют наружу через специальную выводную трубу. Запуск холодного газогенератора в зависимости от времени года продолжается от доли минуты до нескольких минут. При коротких остановках двигателя на 10—20 мин. газогенератор обычно способен продолжать работу без розжига. Для маневрирования в гараже при холодном газогенераторе автомашина обычно запускается на бензине, так как розжиг газогенератора может отнять значительно больше времени, чем переезд. В связи с этим современные газогенераторные автомобили часто имеют помимо смесителя газа и карбюратор. Наличие карбюратора позволяет производить розжиг газогенератора на ходу машины (особенно при помощи электрозапала).

Необходимо чаще проверять регулировку тяг управления, идущих к смесителю. Двигатель, особенно клапаны и свечи, также подлежит периодическому осмотру. В случае плохой очистки газа происходит засмоление свечей и клапанов, что может вывести двигатель из эксплуатации.

Очистители, а также фильтры необходимо периодически осматривать, производить доливку жидкостей или удаление скопившейся грязи на их поверхностях.

Перечисляя основные требования к уходу за газогенераторной установкой, нельзя умолчать о дополнительном внимании к автомобилю, которое должно уделяться водителем при работе на твердом топливе. Но практика, хотя пока и небольшого кадра шоферов газогенераторных автомобилей, убеждает, что после нескольких дней работы они привыкают к новому типу автомобиля и расходуют лишь немного больше времени, чем при бензиновом автомобиле. При большом парке подобных автомашин целесообразно иметь специальных работников для заправки газогенераторных автомобилей, так как экономия на топливе значительно превышает стоимость оплаты их труда.

На фиг. 131—136 приводятся снимки, иллюстрирующие уход за газогенераторной установкой на автомобиле.

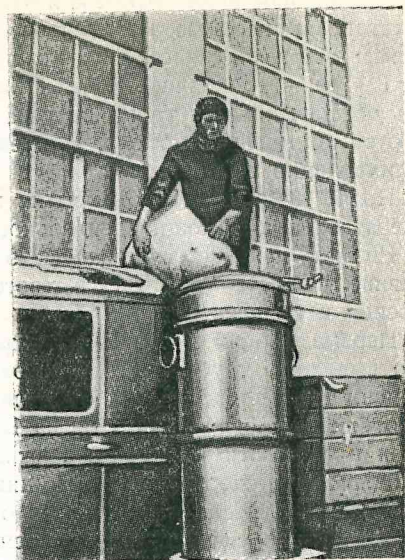
В заключение этой главы необходимо указать ряд советов по эксплуатации газогенераторных автомобилей.

1. Не следует ездить на бензине с присадкой газа. Это обычно вызывает отложение смол в двигателе ввиду того, что при малом отборе газа смолы, находящиеся в дровах, сгорают не полностью. Отложение смол также получается при работе двигателя на малых оборотах на дровяном газе.

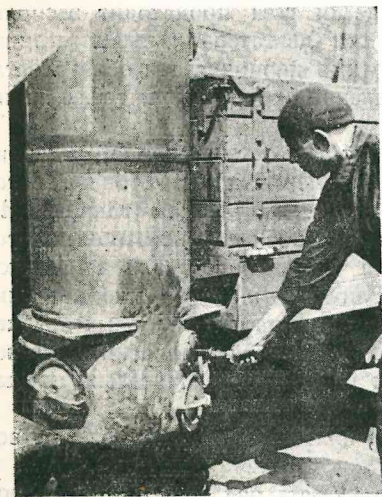
2. При подъезде к подъему необходимо давать автомобилю больший разгон, чем при езде на бензине.



Фиг. 131. Загрузка бункера с земли.



Фиг. 132. Загрузка бункера из кузова автомобиля.



Фиг. 133. Розжиг газогенератора.



Фиг. 134. Спуск из частей установки выделившейся воды.

3. При спуске с горы иногда полезно лишь прикрыть воздушную заслонку смесителя, не выключая передачу.

4. Особенно хорошо нужно освоить управление воздушным дросселем смесителя (регулировка качества смеси).

5. Оперевание зажигания обычно должно быть более ранним, чем на бензине. Необходимо освоить наивыгоднейшее его положение на разных режимах двигателя.

6. Через 300—400 км пробега необходимо проверять высоту древесного угля в восстановительной зоне газогенератора, пополняя ее до установленного уровня для дровяных газогенераторов.

7. В зимнее время на стоянках необходимо во избежание замерзания спускать конденсат.

8. Через 300 км необходимо следить за чистотой отверстия спуска вертикального очистителя (ЗИС-13). При засорении — его нужно немедленно прочистить.

9. После 4000—5000 км пробега необходимо промывать всю систему газопроводов и электровентилятора. Электромотор вентилятора через 3000 км смазывать жидким маслом через специальное отверстие.

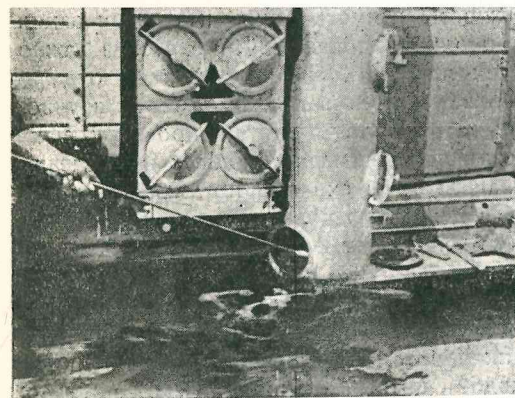
10. Все асбестовые прокладки промазывать периодически жирным слоем графитовой мази (по мере необходимости) для улучшения герметичности.

11. Вся система охлаждения и очистки требует периодической разборки и промывки.

Сроки промывки устанавливаются на основании опыта эксплуатации данной системы.

12. Периодически необходимо проверять монтаж установки (подтягивать или заменять крепления).

13. Рекомендуется проверять состояние предохранительного клапана бункера газогенератора.



Фиг. 135. Чистка очистителей газа установки.

14. При розжиге газогенератора, особенно в гараже, необходимо соблюдать меры противопожарной безопасности. На автомобиле необходимо иметь огнетушитель.

В связи с тем, что некоторые агрегаты или детали газогенераторной установки могут выходить из строя, необходимо иметь запасные части, особенно топливник, так как простой машины при ремонте резко снижают эксплуатационные показатели.

При большом парке газогенераторных машин необходимо готовить не только водителей машин, но и слесарей по ремонту газогенераторных установок.

ГЛАВА VII

НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТРАНСПОРТНЫМ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫМ УСТАНОВКАМ

Совершенствование конструкций агрегатов транспортных газогенераторных установок безусловно должно опираться на изучение эксплуатационных материалов, однако только такой путь являлся бы односторонним и не способствовал бы решению многих вопросов этой области автомобильной техники. Необходимо параллельно, но в связи с эксплуатацией транспортных газогенераторных установок, вести повседневную и глубокую научно-исследовательскую работу не только по агрегатам установки, но и по отдельным узким вопросам, как-то: газификации, очистки, охлаждения и приготовления рабочей смеси. Обзор конструкций и их расчетов, методы проверки работы газогенераторных установок на основании существующих материалов дают право заявить следующее: научно-исследовательская работа находится пока что в зачаточном состоянии и не охватывает даже в тематике ряд вопросов, разрешение которых значительно бы двинуло вперед развитие и совершенствование газогенераторных установок. Ряд существующих конструкций чаще всего проектировался интуитивно с использованием только эксплуатационных материалов предшествующих им образцов, а иногда механически заимствовался из опыта стационарных газогенераторных установок или из техники транспорта, работающего на жидком топливе.

Нельзя отрицать целесообразность заимствования и модернизации агрегатов на основании эксплуатационных наблюдений, но весьма важно теоретически обосновать выбор тех или иных систем в каждом отдельном случае. В данном вопросе может прийти на помощь только научно-исследовательская работа, так как ее результаты иногда опровергают кажущийся эффект при использовании только эксплуатационных наблюдений или ссылок на аналогию работы агрегата на сходной по типу или принципу установке. Одновременно научно-исследовательская работа дает материал, позволяющий смелее и обоснованнее конструировать отдельные элементы.

Несмотря на кажущуюся простоту принципов работы транспортной газогенераторной установки в целом и особенно ее отдельных агрегатов, необходимо предупредить, что такое мнение будет глубоко ошибочным, так как в газогенераторе происходит сложный термохимический процесс.

В СССР центром научно-исследовательской работы в области транспортных газогенераторных установок в настоящее время является Научный автотракторный институт — НАТИ Глававтопрома НКМ. Проводит научно-исследовательскую работу и ряд других исследовательских институтов — Наркомзема, Наркомлеса и учебных институтов (лабораторий) в ряде наркоматов СССР, в том числе и Московский автомобильно-дорожный институт им. тов. Молотова — МАДИ НКВД.

Ниже приводятся некоторые материалы по научно-исследовательской работе как в СССР, так и за границей.

Научный автотракторный институт — НАТИ — в последние годы проводит научно-исследовательскую работу по отдельным темам из области транспортных газогенераторных установок. Например, НАТИ провел испытание очистителей по разработанной им методике, заключающейся в следующем.

Неочищенный генераторный газ пропускается под разрежением через фильтровальную бумагу (обычно один лист). Перед опытом взвешивается чистая бумага. После пропускания через нее определенного количества газа бумага взвешивается вторично, и разность в весах делится на количество литров пропущенного газа. Затем фильтровальная чистая бумага ставится за испытываемым очистителем и производятся соответствующие замеры. Сравнением весовых отношений, полученных до и после опыта, определяют к. п. д. очистителя. Испытания показали преимущество очистки газа кольцами Рашига в сравнении с другими типами очистителей. Получены данные при испытании таким методом очистителя „Кромаг“ (Австрия) и очистителя с отверстиями, расположенными в шахматном порядке в системе пластин, а также очистителей типа Циклон „Фаун-Дейтц“ и Декаленкова. Для „Фаун-Дейтц“ к. п. д. очистителя достигает 67,5% (при парном и последовательном порядке), во втором типе (Декаленкова) к. п. д. равен ~ 24%. Испытывались и объемные очистители типа НАТИ Г-13 при разных потоках газа — снизу вверх и сверху вниз. Вышеуказанные материалы выявили наиболее рациональные способы очистки газа.

ЦНИИМЭ провел опыты с двигателем ЗИС, работающим на генераторном газе при различных степенях сжатия:

Как видно из таблицы, с увеличением значения степени сжатия уменьшается падение мощности двигателя.

В МАДИ НКВД проводятся работы по исследованию влияния на процесс газификации равномерного подвода воздуха по всему сечению столба топлива. Предшествующие опыты с топливником, имеющим фурмы по периферии и с центральным соплом, дали некоторые интересные наблюдения, которые проверяются на указанной установке и после окончания будут особо опубликованы.

Опыты в Германии с брикетами из бурого угля показали рациональность их использования как топлива, так как газ имел хороший состав и отсутствовало шлакообразование. По сравнению с древесным углем работа на брикетах дала некоторое увеличение мощности двигателя.

В Германии проведены сравнения экономичности расходования древесного угля в зависимости от его сорта и размера. Древесный уголь размером в грецкий орех давал наименьший расход. При размере кусков 50×80 мм увеличивался расход на 5%. Хороший костровый древесный уголь оказался выгоднее ретортного, так как дал лучшие показатели по качеству и воспламеняемости газа. Работа на таком газе соответствовала лучшей приемистости двигателя. При сравнении километража пробега на кучном угле и ретортном для первого случая был пройден путь на 13% больший при одинаковых расходах топлива.

Степень сжатия	Потеря мощности двигателем в %
6	47
7	40
8	28
9	13
10	2

В Германии проведены опыты по влиянию дополнительного подогрева топлива (каменный уголь) на процесс газификации. Дополнительный подогрев не дал хороших результатов, так как незначительный процент влаги в топливе не обеспечивает паровоздушной газификации.

Подогрев дров дает положительные результаты, но рациональная степень их подогрева пока еще мало исследована.

Одной из интересных работ НАТИ следует признать присадку к генераторному газу жидкого топлива, а именно — бензина, керосина и спирта, что обогащает состав рабочей смеси, а следовательно, увеличивает мощность двигателя.

Опыты показали, что присадка жидких горючих в генераторный газ дает возможность восстановить мощность двигателя почти полностью.

Присадки 8 кг/час бензина, 8 кг/час керосина или 12 кг/час спирта (ректификата) практически одинаковы по результатам.

Для снятия проектной мощности двигателя по бензину необходимо иметь присадку бензина 12,5 кг/час или спирта 15,7 кг/час. Присадка керосина в большом количестве невозможна ввиду явления детонации топлива при высокой степени сжатия ($\epsilon = 7,3$). Поэтому керосин для этих целей представляет меньший интерес.

В настоящее время ведутся работы по присадке спирта к газогенераторному автомобилю ЯГ-4—5 т с целью довести мощность двигателя до проектной нормы. Предварительные результаты во время испытаний показали полную возможность осуществления этой задачи. Присадка жидкого топлива производится по принципу экономайзера карбюратора.

Влияние степени сжатия на мощность газового двигателя было проверено в НАТИ при испытании двигателей:

ЗИС-5 со степенями сжатия $\epsilon = 4,8; 7,3$ и $8,1$,

ГАЗ-А со степенями сжатия $\epsilon = 4,2; 6,3$ и $7,4$.

Увеличение среднего эффективного давления на каждую единицу увеличения степени сжатия составило около $0,28 \text{ кг/см}^2$, что дает, примерно, 7% от значения $P_{эф}$ при стандартной степени сжатия.

Исследования, проведенные в НАТИ, влияния на мощность двигателя подогрева бункера дровяного газогенератора, а также подводимого воздуха, дали следующие результаты:

Полный обогрев бункера приводит к увеличению мощности на 13% (без подогрева бункера максимальная мощность двигателя ГАЗ — 27 л. с., с подогревом бункера — 30,8 л. с.).

Подогрев бункера и подогрев подводимого в газогенератор воздуха дают увеличение мощности на 15%, или увеличивают мощность двигателя мотора ГАЗ до 31,3 л. с.

Отдача тепла для подогрева бункера снижает температуру газа до 200° , что позволяет уменьшить размеры охлаждающей установки.

Испытания различных конструкций смесителей не дали практически ощутимых результатов в связи с тем, что они производились не на специальной установке. Даже лучшие газогенераторы дают колебания в качестве газа, а потому нельзя дать пока что надлежащей оценки той или иной конструкции смесителя. Имеются недоказанные испытаниями суждения некоторых научных работников о том, что смесители должны иметь простую конструкцию, так как газ и воздух вполне достаточно смешиваются во всасывающей трубе двигателя.

Ленинградский индустриальный институт провел работу по изучению процессов газификации топлива в зависимости от положения центральной воздушной фурмы (экспериментальная газогенераторная установка питала двигатель ГАЗ-А).

При расстояниях фурмы от начала верхнего конуса топливника, равных приведенным ниже, снимались различные мощности:

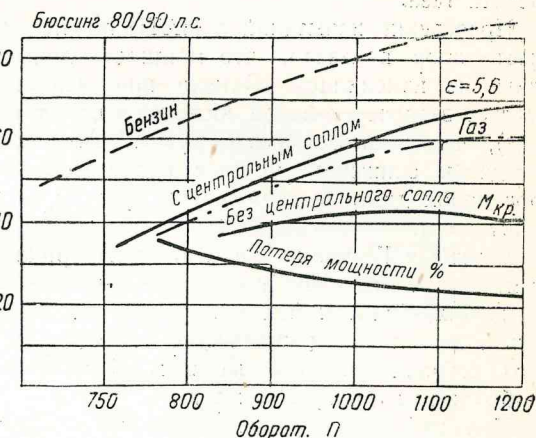
при расстоянии	снималась мощность
40 мм	30,0 л. с.
50 "	28,4 "
60 "	28,2 "
80 "	28,2 "
100 "	27,0 "

В Германии испытывался газогенератор „Имберт“ при различном числе и положении воздушных фурм, а также при комбинации фурм, расположенных по периферии топливника и центрального сопла, причем получены следующие результаты.

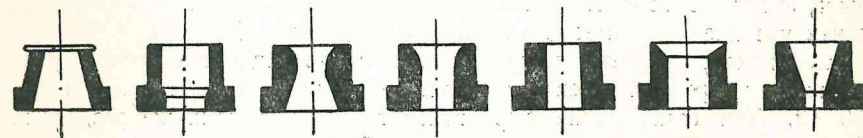
При трех фурмах по периферии топливника состав газа имел смолы, при увеличении их до семи смолы в газе обнаружены не были.

При комбинированном подводе воздуха через фурмы по периферии и центральному через сопло (отверстия центрального сопла выше на 10 мм, чем по периферии топливника) мощность двигателя Бюссинг увеличилась на 16,7% по сравнению с мощностью при работе без сопла (фиг. 137).

В НАТИ инж. С. И. Мезин проводит работу по исследованию фурм различных отверстий и форм (фиг. 138). Эта работа представляет большой интерес, так как исследования показали, что количество и рас-



Фиг. 137. Внешние характеристики двигателя Бюссинг при работе с разными способами подвода воздуха в газогенератор.



Фиг. 138. Различные калибры фурм.

положение фурм влияют на качество газификации топлива. Фурмы типа насадков Вентури по многим наблюдениям и сравнениям оказались наиболее рациональными.

Заслуживает также внимания научно-исследовательская работа, проводимая в НАТИ инж. Мезиным, по отсосу паров конденсата из верхней зоны бункера газогенератора при помощи эжекции воздуха, проходящего через фурмы топливника. Ожидается, что в результате этого, помимо улучшения борьбы с конденсатом, будет иметь место и улучшение состава газа.

В ближайшее время в НАТИ должна быть проведена работа по исследованию качества газа в зависимости от высоты его отбора из бункера, представляющая большой интерес для конструкторов.

В Германии проведены исследования по влиянию различных топлив на качество газа и его очистку, а также произведено сравнение температур в топливнике при газификации различных топлив в опрокинутом процессе. Опыты показали, что критерием качества газа, помимо элементарного химического анализа, являются его устойчивое яркое пламя и скорость воспламенения. По наличию искр в пламени определялась чистота газа.

Проведение испытаний в НАТИ по использованию древесной щепы вместо дров показало, что мощность двигателя и весовой расход топлива не изменились. Однако при использовании щепы значительно быстрее засоряется золы нижняя часть топливника (восстановительная зона), что вызывает резкое увеличение сопротивлений прохождению газа и ведет к снижению мощности двигателя. Объем золы газогенератора необходимо в этом случае увеличивать и чаще производить шуровку золы.

Опыты в Германии при работе на брикетах из молотого древесного угля, связанного древесным дегтем, не дали положительных результатов. Во-первых, брикеты медленно нагревались, во-вторых, в дальнейшем деготь в значительном количестве откладывался в очистителях ввиду плохого сгорания. Работа на этих брикетах не обеспечивала двигатель необходимым количеством газа.

При работе на каменноугольном топливе отрицательным фактором является выделение на стенках очистителей, охладителей, труб и цилиндра двигателя хлористых и сернистых соединений. Последние благодаря присутствию в газе водяного пара вызывают коррозию металла. Газ из каменного угля получается хорошего качества и калорийности, но приготовление рабочей смеси при изменении режима двигателя требует особенно точной регулировки воздуха.

При сравнении различных пород древесного топлива в смысле состава и выхода газа лучшие показатели получены для букового дерева. Размеры чурок для всех сортов дерева должны быть не больше $30 \times 50 \times 80$ мм, так как увеличение размеров ухудшает процесс газификации.

Наилучшие результаты получены при газификации древесного угля величиной с грецкий орех (температура в зоне горения составляла 1250°C). При газификации бурого кокса с теми же размерами наблюдалось зашлаковывание колосниковой решетки и футеровки топливника. Температура в зоне горения достигла 1400°C . В связи с зашлаковыванием колосниковой решетки увеличилось сопротивление при отсосу газа, что снижало мощность и создавало неустойчивый режим двигателя.

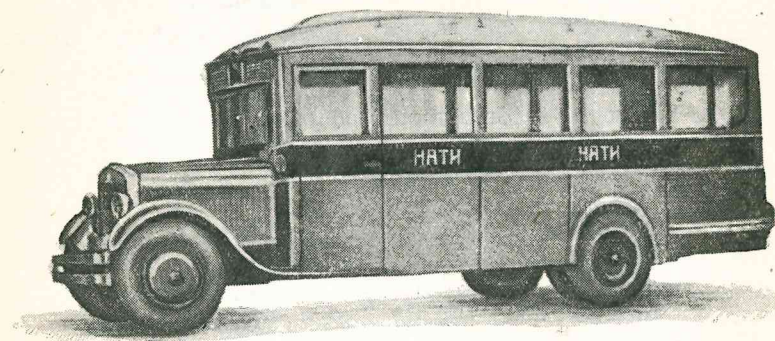
Опыты, проведенные в Германии по исследованию влияния газа, полученного из антрацита, на детали газогенераторной установки, показали

невозможность удаления из газа сернистой и кремневой кислот как матерчатými, так и влажными и мокрыми очистителями. Одним из реальных способов очистки от этих примесей газа является прибавление свежей гашеной извести в виде теста в количестве от 2 до 3% от веса загруженного антрацита.

Перечень проведенных и проводимых научно-исследовательских работ, конечно, этим не исчерпывается, так как при их обзоре преследовалась цель познакомить читателя с наиболее характерными из них и некоторыми результатами, чтобы подчеркнуть важность научно-исследовательской работы для дальнейшего усовершенствования транспортных газогенераторных установок.

ГЛАВА VIII ГАЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ

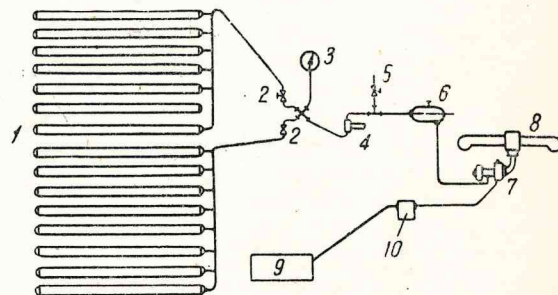
В настоящее время ведутся работы по внедрению в эксплуатацию газовых автомобилей. Газовые автомобили (фиг. 139) в основном



Фиг. 139. Общий вид газового автобуса с баллонами (НАТИ).

отличаются от газогенераторных тем, что не имеют установки, газифицирующей твердое топливо непосредственно на автомобиле, а снаб-

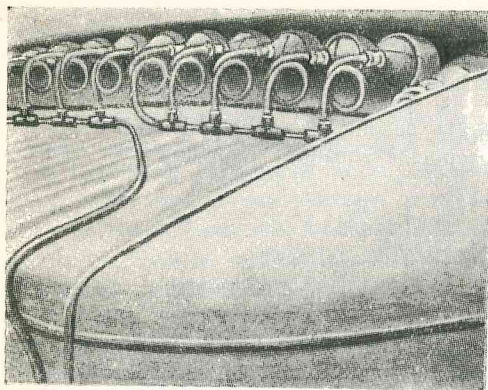
жаются газом от стационарной установки. Топливо — природный, горючий или светильный газ — нагнетается в баллоны под давлением до 200 атм с целью получить в небольшом объеме большие запасы горючего. Обычно таких баллонов устанавливают на машине несколько для удобства замены и повышения запаса прочности ввиду больших давлений.



Фиг. 140. Схема газовой установки на автобусе ЗИС-8:

1 — баллоны; 2 — краны; 3 — манометр; 4 — фильтр; 5 — дополнительный кран; 6 — редуктор; 7 — смеситель с карбюратором; 8 — всасывающая труба; 9 — бензиновый бак; 10 — вакуумный бачок.

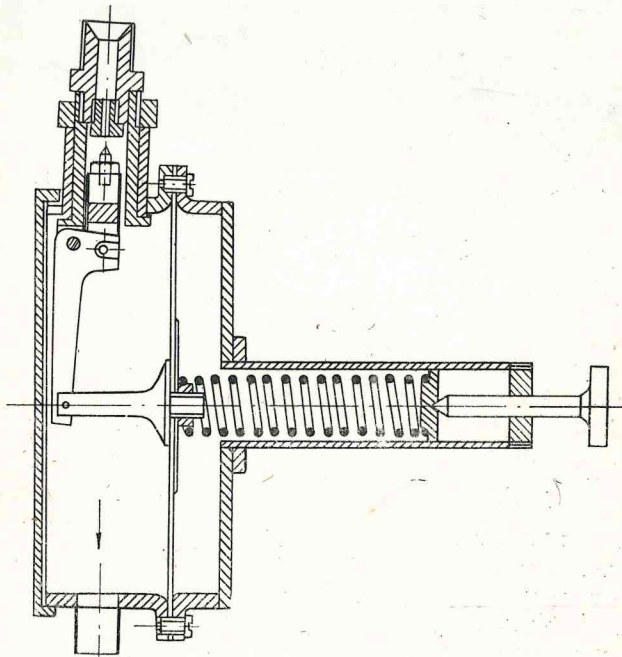
Как видно из фиг. 140 и 141, 15 баллонов, смонтированных в специальных гнездах на крыше автобуса, питают газом двигатель. Газ под давлением входит через фильтр, представляющий патрон, наполненный



Фиг. 141. Расположение баллонов на крыше автобуса.

частой медной сеткой и набором шайб из фетра. Назначение фильтра состоит в том, чтобы очистить газ от остатков золы и смолы. Из фильтра газ поступает в редуктор, в котором понижается давление от 200 атм почти до атмосферного давления. При этом редуктор диафрагменного типа (фиг. 142) регулируется так, что создается небольшое разрежение (20—40 мм водяного столба) во избежание утечки газа при остановке двигателя.

Смеситель газа и воздуха имеет много общего со смесителем генераторного автомобиля, но отличается добавочным устройством, а именно — регулятором оборотов вакуумного типа, прикрывающим дроссельную заслонку при возрастании оборотов двигателя.

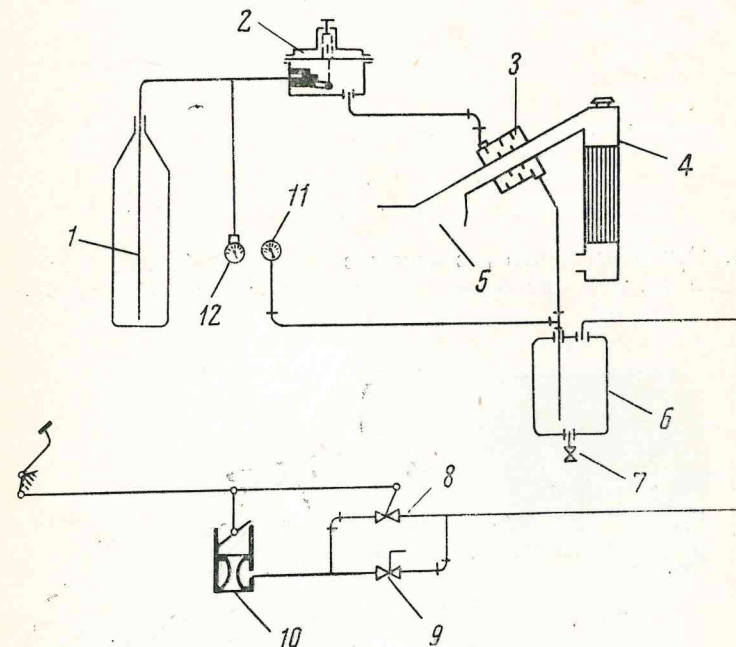


Фиг. 142. Редуктор диафрагменного типа.

Газовые колонки нашли большое распространение за границей (Франция, Германия), где газовые автомобили широко используются, особенно для автобусов.

Принципиальная схема, разработанная бригадой в РИИТ, газового автомобиля, работающего на природном газе, изображена на фиг. 143.

Следует оговорить, что физические свойства природного газа позволяют иметь давление в баллонах 15 атм, вместо 200 атм при светиль-



Фиг. 143. Схема питания газом грузовика АМО-3:

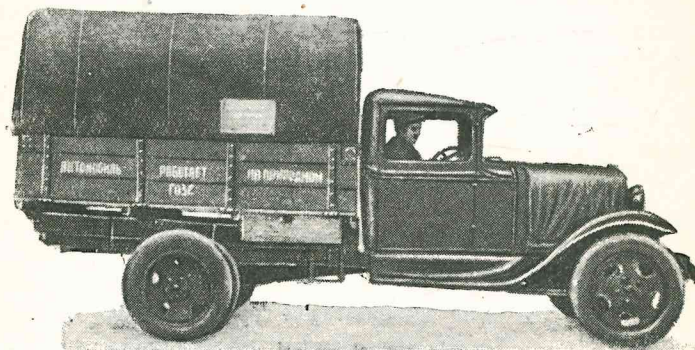
1 — баллоны с газом; 2 — регулятор давления; 3 — подогреватель; 4 — радиатор мотора; 5 — мотор; 6 — ресивер; 7 — спускной кран; 8 — главный регулировочный газовый кран; 9 — кран для регулировки канала холодного хода; 10 — смеситель, приспособленный для работы на газе и бензине; 11 и 12 — манометры.

ном или городском газе, так как под давлением свыше 15 атм природный газ в нормальных условиях сжижается. Последнее дает возможность иметь вместо батареи баллонов только 1—2 баллона большей емкости (табл. 34).

Такая конструкция, осуществленная в 1933 г. в Ростовском-на-Дону институте инженеров транспорта и проверенная в экспериментальном автопробеге Ростов—Москва—Ленинград (осень 1933 г.) на двух газовых автомобилях ГАЗ-АА (фиг. 144), дала положительные результаты. Расход газа был не более расхода бензина и составил 17—18 кг на 100 км пробега машины ГАЗ-АА с полной нагрузкой. Мощность двигателей не уступала таковой при работе на бензине, а нагара и разжижения смазки было меньше.

Топливо	Давление в баллоне в атм	Низшая теплотворная способность в кал/кг	Вес	
			баллона в кг	баллон + топливо в кг
Водород	150	28 000	185	186,3
Коксовый газ	150	8 600	185	192,5
Метан	150	11 200	185	192,5
Пропан	15	11 300	58	99,5
Бутан	7	11 200	58	110,0
Бензин	0	10 400	17	92,0

Совершенно ясно, что развитие газовых автомобилей в СССР является важной задачей, особенно для городского транспорта (автобусы, легковые машины).



Фиг. 144.

Вопрос применения этих машин тесно связан с производительностью газовых заводов, а также с организацией широкой сети газораздаточных колонок на территориях городов.

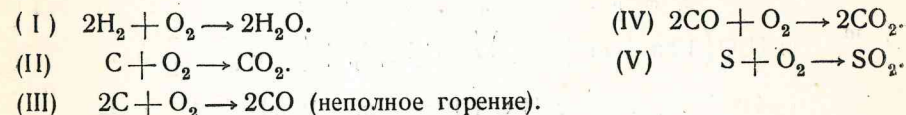
Горение

Горением называется протекающая с достаточной быстротой экзотермическая реакция между кислородом и горючими элементами топлива.

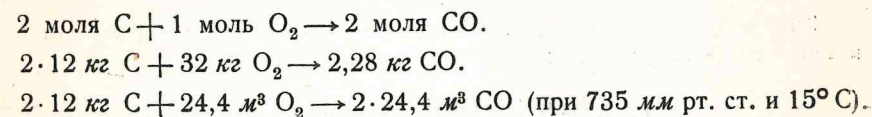
Процесс горения зависит, кроме прочих факторов, от соотношения вступающих в химическую реакцию элементов. Количественное несоответствие взятых веществ нарушает ход реакции, а следовательно, изменяет и процесс горения.

При расчетах принимается, что углерод топлива полностью соединяется с кислородом воздуха, а относительно водорода имеются две теории: одна (Дюлонга) считает горючим только тот водород, который остался от соединения части его со всем заключенным кислородом в топливе и может быть определен как $(H - \frac{O}{8})$, где H — общее содержание водорода, а $\frac{O}{8}$ — водород, связанный с кислородом в воду; вторая теория считает весь имеющийся в топливе водород горючим. Сера в топливе принимается полностью горючей, хотя она и находится в виде соединений.

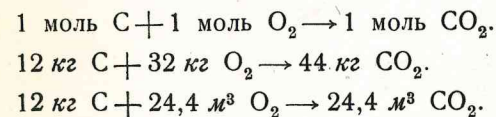
В основном процесс горения сводится к следующим реакциям:



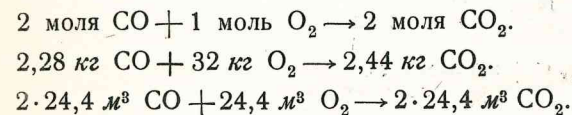
Горение углерода в окись углерода:



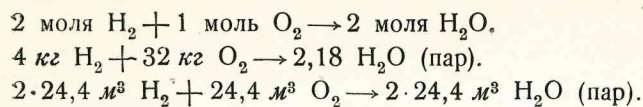
Горение углерода в углекислоту:



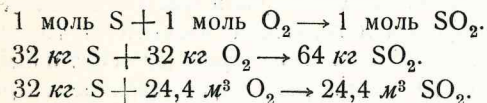
Горение окиси углерода в углекислоту:



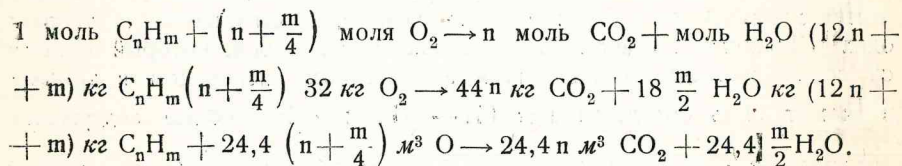
Горение водорода в воду:



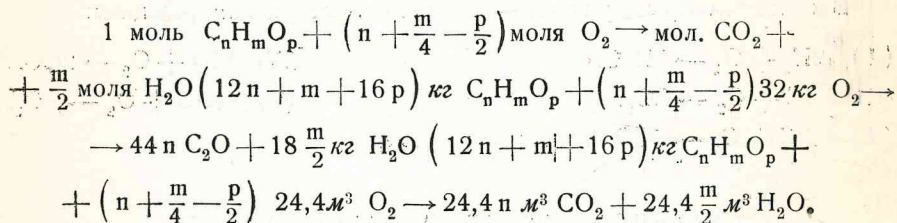
Горение серы в сернистый ангидрид:



Для соединения вида C_nH_m



Для соединения вида $C_nH_mO_p$



Количество кислорода, необходимое для сжигания 1 кг топлива, в теоретических условиях:

$$O = \frac{8/3 C + 8H + S - O}{100} \text{ кг/кг.}$$

Количество азота, введенного с кислородом при горении 1 кг топлива, в теоретических условиях:

$$N_2 = \frac{8/3 C + 8H + S - O}{100} \cdot \frac{77}{23} \text{ кг/кг.}$$

Количество воздуха, теоретически необходимое для сжигания 1 кг топлива:

$$L_0 = O_2 + N_2 = \frac{8/3 C + 8H + S - O}{23,2} \text{ кг/кг.}$$

или

$$\frac{8/3 C + 8H + S - O}{30} \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Примечание. Во всех приведенных формулах состав топлива берется в процентах и при $0^\circ C$ и $760 \text{ мм } H_g$; при условиях $15^\circ C$ и $735 \text{ мм } H_g$

$$L_v = 15^\circ/735 = 3,63 (2,67C + 8H + S - O) \text{ м}^3/\text{кг.}$$

По Менделееву. Количество воздуха:

$$L_0 = 0,0014 Q_H \text{ кг/кг или } L_v = 0,0011 Q_H.$$

Средние значения теоретического количества воздуха, необходимого для сгорания некоторых топлив

1 кг горючего	Количество воздуха		1 м ³ горючего	Воздух в м ³ при 15° и 735 мм
	кг	м ³ 15° 735 мм		
Нефть	13,8	11,6	Генераторный газ из дров	1,1
Бензин	15,0	12,7	То же	
Керосин	14,6	12,4	из торфа	0,8
Бензол	13,2	11,2	из каменного угля	1,0
Спирт 95%	8,3	7,0	из кокса	0,7
Дрова	4,0	3,4	Светильный газ	5,4
Торф	4,9	4,1	Водород	2,5
Каменный уголь	10,0	8,0	Окись углерода	2,5
Кокс	9,9	8,9	Метан	7,3

При подсчете необходимого количества воздуха с учетом избытка или недостатка его в каждой формуле прибавляется множитель a .

$$a = \frac{L \text{ действительное}}{L \text{ теоретическое}} = \text{коэффициент избытка воздуха.}$$

Значение a при сгорании в двигателях внутреннего сгорания

Род топлива	a	Род топлива	a
Генераторный газ	0,9 — 1,1	Нефть	1,4 — 1,8
Светильный газ	1,2 — 1,5	Керосин	0,9 — 1,2
Спирт 90%	1,0 — 1,3	Бензин	0,9 — 1,15

Удельные веса сухого, влажного воздуха и пара

Температура в °C	Вес 1 м ³ в г		
	сухой воздух	насыщенный воздух	пар насыщенный
0	1293,1	1290,2	4,9
10	1247,3	1241,7	9,4
20	1201,6	1194,3	17,1
30	1164,8	1146,8	30,0
40	1127,6	1097,2	50,7

Теплотворная способность топлива

Теплотворной способностью или теплопроизводительностью топлива называется количество тепла (в больших калориях), выделяемое при сжигании весовой или объемной единицы горючего.

Теплотворная способность топлива Q имеет в технике в зависимости от условий различные значения, например:

Q_v — высшая теплотворная способность,

Q_n — низшая, или рабочая, теплотворная способность,

Q_c — теплотворная способность абсолютно сухого топлива,

Q_z — теплотворная способность горючей части топлива,

$$Q_v = Q_n + 600 (W + 9 H),$$

где:

W — гигроскопическая влага топлива,

$9 H$ — вода, образовавшаяся при горении водорода,

600 кал/кг — скрытая теплота испарения воды.

Формулы для определения теплотворной способности, основанные на элементарном анализе топлива

Формулы Менделеева:

$$Q_v = 81 C + 300 H - 26 (O - S),$$

$$Q_n = 81 C + 246 H - 26 (O - S) - 6 W.$$

Формула Общества германских инженеров:

$$Q_n = 81 C + 290 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 25 S - 6 W.$$

Формула Коновалова для нефтяных топлив и каменного угля, древесного угля, кокса:

$$Q_v = 3050 \cdot k.$$

Его же — для торфа:

$$Q_v = 3150 \cdot k$$

Его же — для дров, соломы:

$$Q_v = 3250 \cdot k,$$

где:

$$k = \frac{2,67 C + 8 H + S - O}{100} \text{ кг},$$

а C , H , S и O — в процентах по весу.

Теплотворная способность торфа и дров может быть также определена по формулам:

$$Q_n = 4888 - 54,9 W - \text{для торфа,}$$

$$Q_n = 4370 - 49,7 W - \text{для дров (сухих),}$$

$$Q_n = 3870 - 44,5 W - \text{для дров сплавных;}$$

W — процентное содержание влаги в топливе.

Средние значения теплотворных способностей для некоторых топлив

Топливо	Теплотворная способность 1 кг	Топливо	Теплотворная способность 1 кг
Дрова	2400—3700	Бензин	10500
Торф	2000—4200	Керосин	10200
Кокс	5500—7200	Нефть	10000
Антрацит	6400—7400	Генераторный газ из каменного угля	1100
Светильный газ	5000	Генераторный газ из кокса	900
Спирт	5800	Генераторный газ из дров	1200
		Генераторный газ из торфа	900

Формулы средних молекулярных теплоемкостей для:

$$H_2, N_2, CO \dots MC_0^t = 6,685 + 0,45 \cdot 10^{-3} t.$$

$$O_2 \dots MC_0^t = 6,885 + 0,45 \cdot 10^{-3} t.$$

$$H_2O \dots MC_0^t = 8,050 + 0,50 \cdot 10^{-3} t + 0,20^t \cdot 10^{-9} t^3.$$

$$CO_2, SO_2 \dots MC_0^t = 8,758 + 3,3 \cdot 10^{-3} t - 0,95 \cdot 10^{-6} t^2 + 0,1 \cdot 10^{-9} t^3,$$

$$CH_4 \dots MC_0^t = 9,780 + 6,0 \cdot 10^{-3} t.$$

$$\text{воздуха} \dots MC_0^t = 6,727 + 0,45 \cdot 10^{-3} t.$$

Температура горения

Температуру горения различают теоретическую при идеальных условиях горения (без избытка воздуха, потерь тепла, при полном окислении всех элементов, участвующих в горении топлива) и температуру действительную, получаемую на практике. В помещенной ниже таблице приведены теоретические температуры горения топлив.

Теоретическая температура горения некоторых видов топлива

Название горючего	Температура в °C	Название горючего	Температура в °C
Углерод, горение в CO_2	2000	Окись углерода	2030
Углерод, горение в CO	1325	Водород	1970
Дерево воздушно-сухое	1720	Метан	1830
Торф воздушно-сухой	1750	Водяной газ	1850
Каменноугольная смола	1985	Сероводород	1620
Коксовый газ	1835	Ацетилен	2270
Кокс газовый	1990	Бензин	1865
Каменный уголь (тощий)	2010	Керосин	1925
Светильный газ каменноугольный	1870	Нефть	2300
Естественный газ	1830	Бензол 90% ₀	2000

Расчет процессов горения

Вещество	C	C	H ₂	S	O ₂	CO	CO ₂	N ₂	SO ₂	H ₂ O	CH ₄	Воздух
Молекулярный вес	12	12	2	32	32	28	44	28	64	18	16	—
Продукты сгорания	2CO	CO ₂	2H ₂ O	O ₂	—	2CO ₂	—	—	—	—	CO ₂ +2H ₂ O	—
Теплота сгорания в кал 1 кг	2374	8140	34 220	2230	—	2453	—	—	—	—	13 419	—
1 м ³	—	—	3 060	—	—	3069	—	—	—	—	9 596	—
Вес 1 м ³ газообразн. тел (0° С, 760 мм)	—	—	0,895	—	1,429	1,250	1,977	1,054	2,927	0,804	0,715	1,293

Физические величины некоторых газов

Г а з ы	Вещество	Число атомов в молекуле	Молекуляр- ный вес	Уд. вес при 0° С и 760 мм	Уд. объем м ³ /кг при 0° и 760 мм	Удельная теплота				Газовая по- верность		
						1		2			C _p	C _v
						C _p	C _v	C _p	C _v			
Водород	H ₂	2	2,016	0,0809	11,2	3,41	2,42	0,307	0,218	420,0		
Кислород	O ₂	2	32	1,429	0,700	0,217	0,155	—	—	26,5		
Азот	N ₂	2	28,08	1,254	0,799	0,247	0,176	—	—	30,25		
Оксиг углерода	CO	2	28	1,250	0,800	0,242	0,172	—	—	19,25		
Углекислота	CO ₂	3	44	1,965	0,506	0,21	0,16	—	—	29,27		
Воздух	—	—	(28,35)	1,293	0,773	0,238	0,70	0,393	0,304	47,1		
Водяной пар	H ₂ O	3	18,016	0,804	1,246	0,48	0,37	0,307	0,318	52,9		
Метан	CH ₄	5	16	0,717	1,395	0,59	0,46	0,386	0,297	30,25		
Этилен	C ₂ H ₄	6	28	1,252	0,800	0,40	0,30	0,424	0,334	10,87		
Бензол	C ₆ H ₆	12	78	0,340	2,94	0,33	0,305	0,430	0,350	—		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Краткие сведения о топливе для транспортных газогенера- торов	
Дрова	9
Древесный уголь	13
Торф	15
Солома-брикет	16
Каменный уголь	17
Глава II. Основы теории и расчета газогенераторной установки	
Схема газогенераторного процесса	21
Общие термохимические обоснования получения генераторного газа из углерода	23
Газификация топлива. Схемы реакций, протекающих в активной зоне	25
Термохимический к. п. д. газогенераторного процесса с учетом метана	29
Скорости химических реакций и их значение. Высота активной зоны	30
Термохимический расчет газогенераторного процесса	35
Термохимический расчет газогенераторного процесса методом баланса	40
Основные способы получения генераторного газа в транспортных конструкциях газогенераторов	42
Определение основных размеров газогенераторной установки по двигателю	45
Общие сведения об основных деталях газогенераторов	51
Глава III. Обзор советских и иностранных конструкций транспортных газогенераторных установок	
A. Советские экспериментальные газогенераторные установки	
Газогенераторная установка У-5 для автомобиля ГАЗ-АА	60
Газогенераторные установки „Пионер“ Д-8 и Д-6-а для автомобилей ЗИС-5 и ГАЗ-АА	62
Газогенераторная установка для автомобиля ГАЗ-АА	64
Газогенераторная установка Я-5 для автомобиля Я-5	64
Газогенераторная установка В-4 для автомобиля ЗИС-5	66
Б. Газогенераторные установки на автомобилях, принятые к массовому производству в СССР	
Газогенераторный автомобиль ЗИС-13	67
Газогенераторный автомобиль НАТИ Г-14	72
В. Советские экспериментальные газогенераторные установки	
Газогенератор НАТИ-11 для автомобиля ГАЗ-АА	74
Газогенераторная древесно-угольная установка ВМВ для автомо- биля ГАЗ-АА	75

Газогенераторная установка ГА-40 для автомобиля ГАЗ-АА	76
Газогенераторная установка ЛТА для автомобиля ГАЗ-АА	76
Универсальные газогенераторные установки	78
Антрацитовая газогенераторная установка для автомобиля ГАЗ-АА .	79
Газогенераторная установка для легкового автомобиля ГАЗ-А (НАТИ)	81
Газогенераторная установка на тракторах	82
Газогенераторная дровяная установка НАТИ Г-13 на тракторе ЧТЗ	82
Газогенераторная установка на речном транспорте — катер МСВ-30 .	85
Газогенераторные установки на железнодорожном транспорте	88

Г. Иностранные газогенераторные установки

Берлие	89
Имберт	90
Панар-Левассор	91
Газогенератор Рено	91
Газогенератор Кромаг-Сагам	91
Газогенератор Гоен-Пулен	92
Газогенератор Беллай	93
Газогенератор Фойгт	94
Газогенераторная установка Гумбольд-Дейтц	95
Газогенератор Макдональд	95
Газогенераторная установка Виско-Автогаз	96

Глава IV. Элементы газогенераторных установок

А. Охлаждители-очистители газа

Поверхностный очиститель с кольцами Рашига	97
Комбинированный очиститель	101
Радиаторный охладитель газа	102
Жидкостный очиститель	104
Жидкостный очиститель-охладитель МСВ-84	104
Циклонный очиститель (центробежный)	107

Б. Смесители газа с воздухом

Глава V. Особенности работы газогенераторных двигателей в сравнении с бензиновыми

Причины падения мощности	113
Меры для компенсации падения мощности	115

Глава VI. Эксплуатация автотракторных газогенераторных установок

Материалы по эксплуатации	118
Динамика газогенераторного автомобиля	124
Экономика газогенераторного автомобиля	129
Уход и обслуживание газогенераторной установки на автомобиле .	132

Глава VII. Научно-экспериментальная работа по транспортным газогенераторным установкам

136

Глава VIII. Газовые автомобили

141

Приложение

Горение	145
Теплотворная способность топлива	148
Температура горения	150